GOBIERNO DE
EL SALVADOR



Ciencia y Tecnología

Guía metodológica
Tomo I

GOBIERNO DE
EL SALVADOR



Ciencia y Tecnología

Guía metodológica
Tomo I

Karla Edith Trigueros
Mayor y Doctora
Ministra de Educación, Ciencia y Tecnología

Edgar Eliseo Alvarenga F.
Viceministro de Educación y de Ciencia y Tecnología

Edgard Ernesto Ábrego Cruz
Director General de Educación

Wilfredo Alexander Granados Paz
Director de Currículo y Materiales Educativos

Gilberto Alexander Motto García
Director de Educación Secundaria

Tonatiuh Eddie M. Orantes Ramos
Jefe del Departamento de Ciencia y Tecnología

Edición
Carolina Ruíz de Escobar
Martha Alicia Artiga Hernández

Autoría
Edwin Adverdi Pérez Ventura
Oscar Mauricio Olmedo Martínez
Nathalie Carmelina Galicia Shul

Corrección de textos
Osvaldo Hernández Alas

Jefe del Departamento de Materiales Educativos
Julio Adolfo Castellanos

Diseño editorial y diagramación
Judith Samanta Romero de Ciudad Real
Elmer Rodolfo Urquía

Imágenes
Shutterstock

Primera edición, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, San Salvador, El Salvador, 2026.

Derechos reservados. Prohibida su venta y su reproducción con fines comerciales por cualquier medio, sin previa autorización del MINEDUCYT.

ISBN en trámite

Estimado docente:

Iniciamos un nuevo año escolar, una oportunidad valiosa para consolidar lo alcanzado y elevar la formación integral de nuestros estudiantes, en la que la asignatura de Ciencia y Tecnología tiene un papel fundamental.

Este recurso educativo ha sido diseñado para convertirse en su mejor aliado. Representa nuestro firme compromiso con la transformación educativa impulsada a través de la reforma educativa Mi Nueva Escuela, y asegura que cada estudiante reciba aprendizajes de calidad en espacios seguros, integrales y motivadores.

En este material usted encontrará herramientas que permiten guiar a sus estudiantes en el desarrollo del pensamiento científico creativo y su vínculo con la tecnología e innovación. Se abordan de forma práctica los temas fundamentales como termodinámica, química orgánica o biología celular, pero también nuevos contenidos multidisciplinares y aplicados como la oceanografía, las biotecnologías y la física moderna. Cada unidad está concebida para fomentar el aprendizaje práctico y colaborativo, articulando el saber, el hacer y el ser.

Estos materiales son instrumentos de reflexión que fortalecen su mediación pedagógica y transmiten valores fundamentales como el respeto, la colaboración, la responsabilidad y la disciplina.
Sabemos que la labor docente implica retos, pero también grandes satisfacciones y aprendizajes. Le invitamos a recorrer este camino con entusiasmo, profesionalismo y compromiso para contribuir a la formación de sus estudiantes y a la construcción del nuevo El Salvador que juntos merecemos.
Estamos convencidos de que su dedicación y liderazgo marcarán una diferencia profunda en la vida de sus estudiantes cada día.

Atentamente:

Karla Edith Trigueros
Mayor y Doctora
Ministra de Educación, Ciencia y Tecnología

Contenido

I. Estrategia de aprendizaje de Ciencia Educativa		**5**
II. Fundamento metodológico		**6**
A.	Las experiencias científicas y el modelo ICC+I	6
B.	La secuencia de aprendizaje ICC	9
C.	Tratamiento del contenido	11
D.	Orientaciones generales para implementar la secuencia ICC	11
III. Estructura y componentes del Libro de Texto		**13**
A.	Entradas de unidad	13
B.	Secuencia de la semana	14
C.	Secciones especiales	15
D.	Recursos tecnológicos	15
E.	Cierre de unidad	16
F.	Personajes	17
IV. El Cuaderno de Trabajo		**18**
A.	Componentes del Cuaderno de Trabajo	19
B.	Integración de recursos	19
V. Estructura y componentes de la Guía Metodológica		**20**
A.	Portada de la unidad de aprendizaje	20
B.	Presentación de la unidad de aprendizaje	20
C.	Introducción a la semana de estudio	20
D.	Orientaciones específicas de la semana	21
E.	Respuestas	21
F.	Fundamento teórico	22
G.	Cierre de unidad	22
H.	Actividades avanzadas	22

Unidad 1. Mecánica de fluidos		**23**
Presentación		24
Semana 1:	Principio de Arquímedes	25
Semana 2:	Principio de Pascal	35
Semana 3:	Teorema de Torricelli	45
Semana 4:	Ley de Stokes	55
Fundamento teórico		66
Cierre de unidad		69
Actividad avanzada		76
Unidad 2. Calor y temperatura		**77**
Presentación		78
Semana 5:	Cambio de temperatura y de fase	79
Semana 6:	Procesos termodinámicos	89
Semana 7:	Leyes de la termodinámica. Parte 1	99
Semana 8:	Leyes de la termodinámica. Parte 1	111
Fundamento teórico		123
Cierre de unidad		126
Actividad avanzada		130
Unidad 3. Equilibrio químico		**131**
Presentación		132
Semana 9:	Introducción al equilibrio químico	133
Semana 10:	¿Se puede afectar el equilibrio químico?	143
Semana 11:	Constante de equilibrio y su interpretación	153
Semana 12:	Sustancias ácidas y amargas	164
Semana 13:	Potencial de hidrógeno	174
Semana 14:	Fuerza de los ácidos y bases	184
Semana 15:	Soluciones amortiguadoras	195
Semana 16:	Reacciones de ácidos y bases	205
Fundamento teórico		216
Cierre de unidad		219
Actividad avanzada		224

I. Estrategia de aprendizaje de Ciencia Educativa

El proyecto Ciencia Educativa forma parte integral de la transformación curricular que impulsa el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MINED, 2021). Como principal detonante de cambio se propone un replanteamiento del para qué y del cómo se promueven los aprendizajes relacionados con las ciencias naturales, lo que ha sido expresado en el nuevo currículo científico y en los programas de estudio de Ciencia y Tecnología (MINED, 2023), de donde derivan los recursos educativos más concretos, como el que ahora tiene en sus manos.

La construcción de los nuevos fundamentos curriculares implica, además, el planteamiento de una aproximación educativa propia, cambios en la forma de articular y dar tratamiento al contenido, y una secuencia de aprendizaje particular, lo que se conjunta en la asignatura de Ciencia y Tecnología. Para concretar efectivamente los programas de estudio, y tomando como referencia las anteriores experiencias exitosas del MINED, la estrategia Ciencia Educativa también contempla el desarrollo y la distribución de una batería de recursos educativos armonizados y de calidad, así como el acompañamiento docente (Fig. 1).

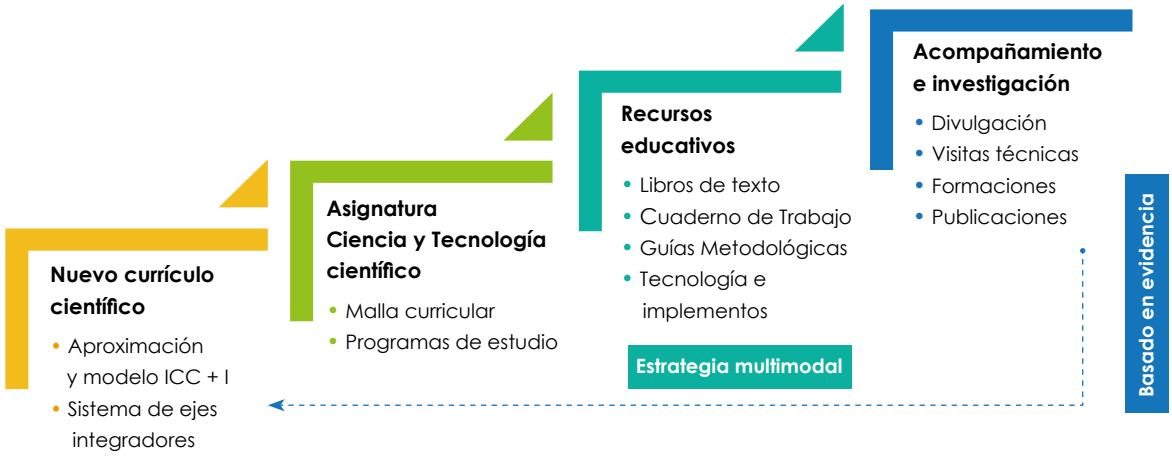


Figura 1. Principales productos y componentes de la estrategia Ciencia Educativa.

Recursos y planificación: la estrategia multimodal

La asignatura de Ciencia y Tecnología se encuentra completamente acoplada a la estrategia multimodal, por lo que, además de los Libros de Texto, los Cuadernos de Trabajo y las Guías Metodológicas, existe toda una gama de recursos acompañantes y una planificación anual conjunta basada en 32 semanas efectivas, más 8 semanas de planificación y evaluación, como se especifica en los programas de estudio.

De esta forma, ya no es necesario que efectúe una priorización curricular específica para aquellos estudiantes que sigan una modalidad remota o semipresencial. Las diversas plataformas del MINED garantizan que cada semana usted disponga de una base de recursos específicos y sincrónicos para ejecutar los programas de estudio de Ciencia y Tecnología, como se muestra en la *Figura 2*. Adicionalmente, se cuenta con recursos asincrónicos, como la aplicación y los kits de Ciencia Educativa, que diversifican la oferta virtual y física de recursos.



Figura 2. Gama de recursos de Ciencia y Tecnología disponibles por semana de clases como parte del sistema multimodal.

II. Fundamento metodológico

A. Las experiencias científicas y el modelo ICC+I

La propuesta curricular de la asignatura de Ciencia y Tecnología se fundamenta en la aproximación y el modelo educativo de Indagación, Creatividad y Comunicación (ICC) que, al estar directamente vinculada con las demás áreas curriculares, permite potenciar la Integralidad (ICC+I) (MINED, 2023).

El modelo educativo de ICC+I se enmarca en el enfoque y la didáctica constructivista. Puede definirse como una variante del aprendizaje experiencial (EXL) (Kolb, 1984), que no se restringe al involucramiento práctico (*hands-on*), sino que pretende potenciar el pensamiento divergente (*divergent thinking*), la toma de decisiones consensuadas en equipo (*cooperative learning*) y la reflexión sobre lo desarrollado en conjunto (MINED, 2023). Como sucede en todo modelo con componentes de indagación, el eje de aprendizaje es la experiencia científica (Worth *et al*., 2009).

Desarrollar una experiencia científica en el aula implica emular las formas en que la ciencia produce y evalúa el conocimiento, incluyendo la formulación de preguntas e hipótesis, la experimentación, el cometimiento de errores, la aplicación de diversas tecnologías, el debate de ideas y la exposición de hallazgos; en términos sencillos, se trata de «aprender ciencia, practicando ciencia» (MINED, 2023). Adicionalmente, usted debe tener muy claro que sus estudiantes no están produciendo conocimiento nuevo, sino descubriendo principios y hechos científicos consolidados, por lo que es necesaria una contrastación final de los resultados con fuentes confiables (Worth *et al*., 2009).Desde la perspectiva metodológica, el modelo ICC+I es altamente plástico: propone la adopción de distintas técnicas didácticas que impulsen al estudiantado a usar su imaginación y el trabajo colaborativo, para formular y evaluar ideas que le permitan afrontar desafíos y transformar situaciones relacionadas prioritariamente con su ámbito cotidiano. El carácter indagatorio propio de las ciencias naturales, el involucramiento estudiantil directo y el desarrollo de experiencias científicas basadas en situaciones cotidianas vuelven al modelo ICC+I ampliamente compatible con distintas formas y metodologías de aprendizaje activo, con las cuales puede y debe enriquecerse la práctica educativa (MINED, 2021).

Las características del modelo educativo suponen, en síntesis:

- Aprendizaje basado en el fortalecimiento de las cualidades de cada estudiante, no en el desarrollo del contenido.
- Integración de la práctica científica como experiencia central de aprendizaje: «aprender ciencia, practicando ciencia».
- Construcción de conocimiento colaborativo y recursivo, con uso de interrogantes, ideas e hipótesis como puntos de partida.
- Involucramiento del contexto cotidiano para dotar de cercanía y significado a la práctica científica con el estudiantado.
- Integración de la tecnología (en sentido amplio) en la experiencia de aprendizaje.
- Proposición y contrastación continua de ideas, fuentes y resultados.
- Plasticidad metodológica.
- Prioridad de la evaluación formativa basada en evidencia.

Entre las metodologías y estrategias didácticas compatibles con el modelo de ICC+I, que usted puede utilizar para conducir una experiencia científica, se destacan:

Aprendizaje colaborativo. Entendido como un conjunto de estrategias basadas en la formación de equipos heterogéneos para resolver una situación o tarea, su característica principal es la estructuración de actividades donde cada estudiante asume una responsabilidad y contribuye a completar una asignación. Al trabajar con otros, sus estudiantes están expuestos a diferentes puntos de vista y estrategias para alcanzar un objetivo común. El aprendizaje colaborativo es muy valioso para desarrollar la mayoría de las habilidades y actitudes contempladas en la asignatura, especialmente en los ámbitos de comunicación e integralidad.

Comprobación/Demostración. Implica la ejecución modelada de una técnica o marcha experimental por parte de un docente. La estrategia es recomendable cuando la actividad de aprendizaje tenga riesgos no asumibles o sea demasiado compleja para que sus estudiantes la desarrollen por sí mismos en un momento dado. No obstante, también es útil para fortalecer el aprendizaje por imitación y cuando se cuenta con recursos limitados para replicar las actividades. Dentro del modelo ICC+I, usted puede emplear esta técnica para atraer la atención de sus estudiantes y estimular el proceso de indagación.

Exploración de campo. Se considera así a toda actividad realizada fuera de las instalaciones escolares o en sus áreas verdes, con el propósito de efectuar una observación científica de aspectos particulares del entorno natural o socionatural. Proporciona una oportunidad de explorar, descubrir y experimentar las técnicas científicas de recolección de información y manipulación de dispositivos en ambientes no controlados, que pueden ser desde ecosistemas particulares hasta el mismo entorno cotidiano.

Exhibición educativa. Con un enfoque similar a la exploración de campo, se trata de la organización de visitas guiadas a sitios de interés por su alto valor educativo, en donde se fomenta la interacción entre el estudiantado y el personal encargado del lugar. Generalmente, se organizan en torno a museos, fábricas, granjas o centros de investigación y desarrollo. Esta estrategia le será útil para que sus estudiantes vivencien la aplicación e impacto de las ciencias naturales y el desarrollo tecnológico en la sociedad; también es ideal para estimular la orientación vocacional.

Gamificación. En sentido estricto, se refiere a la aplicación de mecánicas extraídas de videojuegos a distintos contextos. Es una herramienta moderna surgida en la última década del siglo pasado, con un exitoso despunte en economía y mercadeo (Huotari y Hamari, 2012) y notables aplicaciones en educación cuyos alcances son aún desconocidos (De Sousa *et al*., 2014), pero que además ha resultado aplicable para la investigación científica de alto nivel (Cooper *et al*., 2010). En el contexto escolar, los juegos pueden atraer grandemente a sus estudiantes y sumergirlos en simulaciones que los ayuden a aprender conceptos o desarrollar habilidades diversas, especialmente aquellas relacionadas con la Educación 4.0.

Investigación. Ocasionalmente, el desarrollo del método científico en el aula se conoce como investigación; sin embargo, dada la naturaleza de la asignatura, en el presente documento se abordan de forma breve y separada distintas metodologías orientadas a conducir las experiencias científicas. En general, dentro del modelo ICC+I se contempla el desarrollo de las etapas clásicas del método científico, enfatizando en su plasticidad, lo que es altamente compatible con los enfoques de aprendizaje de las ciencias basados en la indagación, así como en el desarrollo de proyectos y en la resolución de problemas.

Estudio de caso. Diseñado originalmente para la producción de conocimiento en las ciencias aplicadas, el estudio de caso es un tipo de metodología de investigación donde el estudiantado analiza una situación real y ampliamente documentada que adquiere particular interés debido a su contexto o a los contenidos que permite desarrollar. Efectuar un estudio de caso puede requerir de la selección, recopilación, contrastado y presentación de datos procedentes de distintas fuentes (Stott y Ramil, 2014). Usted deberá decidir la cantidad de información que estará disponible para sus estudiantes, de acuerdo con el nivel. Los estudios de casos son herramientas muy útiles para brindar contexto.

Resolución de problemas. Con este método se motiva al estudiantado a encontrar la solución a problemas diversos, que pueden ser ejercicios, casos o procedimientos que le generen un desafío mental; pero, sobre todo, se promueve la aplicación del pensamiento científico (hipotético-deductivo) para encontrar la respuesta, lo que supone una variante metodológica a la empleada en otros campos académicos. Al perseguir un objetivo claro, la resolución de problemas puede serle muy útil para medir tanto los presaberes como los alcances del aprendizaje.

Proyectos educativos. Son situaciones de aprendizaje que requieren la conformación de equipos para investigar, en un corto período de tiempo, acerca de objetos, eventos, fenómenos o teorías que pueden ser muy complejas. Esta metodología puede llegar a ser muy abierta, permitiendo al estudiantado decidir incluso el objeto de estudio, los alcances de la investigación, el método y el planteamiento experimental, si es necesario; por lo tanto, puede requerir de cierta experticia en el uso de técnicas y dispositivos. Por otro lado, es indispensable la presentación de resultados al finalizar la experiencia, siendo ideal para fomentar habilidades prácticas y comunicativas. Una ventaja palpable del desarrollo de proyectos educativos es su potencial para abordar contenidos multidisciplinares.

Aprendizaje basado en tecnologías. Se trata de un conjunto de enfoques que facilitan la introducción de herramientas tecnológicas en la práctica docente, o suponen su inserción como medio directo para desarrollar la clase. En los enfoques más inmersivos, la atención se centra en el propio aprendizaje de la herramienta como catalizador para desarrollar habilidades o fijar conceptos. Un uso frecuente y básico de la tecnología consiste en suplir o complementar una clase. Este enfoque le resultará útil cuando tenga limitaciones para conducir experiencias que incluyan experimentos o viajes de campo.

Enseñanza de las Ciencias Basado en la Indagación (ECBI). Se trata de un enfoque experiencial donde se toman como base los presaberes del estudiantado para construir un ambiente de interacción docente-estudiante basada en constantes cuestionamientos del trabajo realizado con el objetivo de emular el método científico dentro del aula.

B. La secuencia de aprendizaje ICC

Cualquiera que sea la metodología o estrategias que seleccione para conducir una experiencia científica, o parte de ella, es indispensable que organice el ciclo de aprendizaje de tal forma que las actividades a desarrollar incluyan momentos específicos para fomentar las habilidades, procesos y actitudes que integran las competencias particulares de la asignatura, lo cual puede resultar muy complejo ante la variedad de disciplinas científicas incluidas en los programas de estudio (MINED, 2023), y ante la posibilidad de emplear distintas estrategias para conducir una misma experiencia científica. Para facilitar la articulación metodológica, se propone la secuencia de aprendizaje ICC.

La secuencia ICC pretende concatenar el tratamiento metodológico principal de una semana de estudios, sustentándose en la capacidad articuladora de los ámbitos de habilidad, principalmente de su componente indagatorio. De esta manera, la experiencia científica se conduce a través de un microciclo de aprendizaje semanal, dentro del cual se generan momentos específicos para potenciar las habilidades, los procesos y las actitudes propios de la asignatura. Para ello, se han definido tres etapas puntuales:

Indagación	Creatividad	Comunicación
Pretende que el estudiantado aprenda a explorar su alrededor desde una perspectiva científica, valiéndose de la curiosidad y el contexto cotidiano, de tal manera que los principales instrumentos para construir aprendizaje son los presaberes, las preguntas y los desafíos.. Las habilidades y procesos prioritarios a potenciar incluyen: observación, cuestionamiento, reconocimiento de problemas, comparación, búsqueda y tamizaje de información, abstracción, y aprendizaje autónomo. Asimismo, se fomentan las actitudes de curiosidad, asunción de errores, ética y rigor.	Tiene por objetivo estimular el uso de distintas técnicas propias del quehacer científico y la manipulación de dispositivos, como herramientas para desarrollar capacidades de inventiva al afrontar situaciones problema. Durante una semana pueden efectuarse una o más actividades que fomenten la creatividad o el desarrollo procedimental. Las habilidades y procesos prioritarios a potenciar incluyen: generación de ideas, visualización, construcción, formulación de hipótesis, diseño experimental y experticia tecnológica; así también, se fomentan actitudes como la automejora, la iniciativa, la perseverancia y el enfrentamiento de desafíos.	Busca generar un espacio para compartir entre pares los resultados, dificultades y conclusiones de la semana, contrastándolos con conocimiento científico más consolidado, por lo que es necesario manejar un lenguaje científico. La etapa de comunicación es también el momento para que usted pueda resumir y brindar conclusiones y acuerdos generales sobre los contenidos y procedimientos abordados. Las habilidades y procesos prioritarios a potenciar incluyen: organización, registro y representación de datos e ideas; argumentación, simplificación y síntesis. Igualmente, se fomentan actitudes asociadas a la objetividad, el respeto, la empatía y la apertura mental.

Adicionalmente, al presentar la oportunidad de concluir, la etapa de comunicación es un buen momento para estimular las habilidades, procesos y actitudes del ámbito de la integralidad, tales como: pensamiento holístico, pensamiento crítico, perspectiva global, autogestión, respeto ambiental y cuidado personal.

Como podrá notar, para desarrollar todas las etapas de un microciclo de indagación será necesario que divida la semana de estudios en al menos tres sesiones de clase, lo que le ayuda además a preparar los implementos necesarios para tener una experiencia científica auténtica. La *Figura 3* muestra la estructura de un microciclo de indagación, incluyendo sus características, las principales acciones a desarrollar y su segmentación en etapas y sesiones de clase.

Ciclo de indagación

- Se jornaliza en microciclos de 3 a 4 clases.
- Cada ciclo de estudio se complejiza.
- Usa contenido para potenciar habilidades.
- El docente guía.
- Es colaborativo, investigativo y práctico.

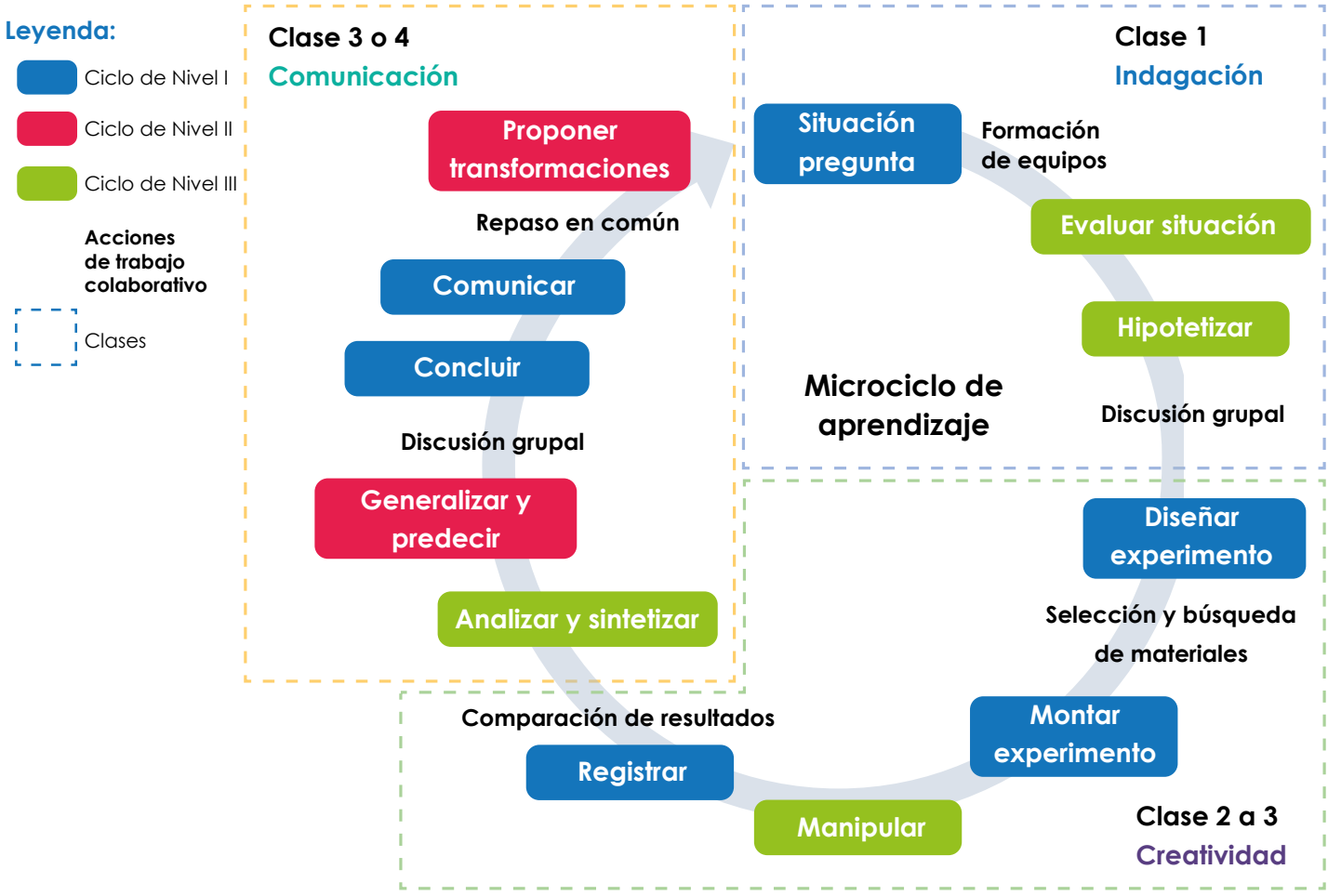


Figura 3. Resumen de la estructura de los microciclos de indagación a ser conducidos con la secuencia ICC.

C. Tratamiento del contenido

Es indispensable comprender que instaurar un ciclo de indagación requiere un cambio de paradigma en cuanto al abordaje de los contenidos, que consiste en difuminar la separación y subvertir el orden de los momentos dedicados a la teoría y la práctica. Mientras en un enfoque tradicional se suele conducir una clase de ciencias segmentada en una etapa teórica que antecede a una etapa práctica, siendo ambas bien definidas, en un enfoque de indagación se intenta construir conocimiento teórico al exponer al estudiantado a la práctica o aplicación lo más pronto posible, mientras se generan espacios de reflexión y puesta en común.

El cambio de paradigma permite distinguir dos ventajas: mejorar el tiempo efectivo de clase al disminuir la repetición de información cuando se pasa de la teoría a la práctica, y la ejercitación directa de habilidades y procesos por parte del estudiantado. Como podrá haber notado, lo anterior es altamente compatible con el modelo ICC+I; de esta manera, para conducir apropiadamente los microciclos de indagación se ha establecido un orden de prioridad en el tratamiento del contenido, como se muestra en la *Figura 4*.

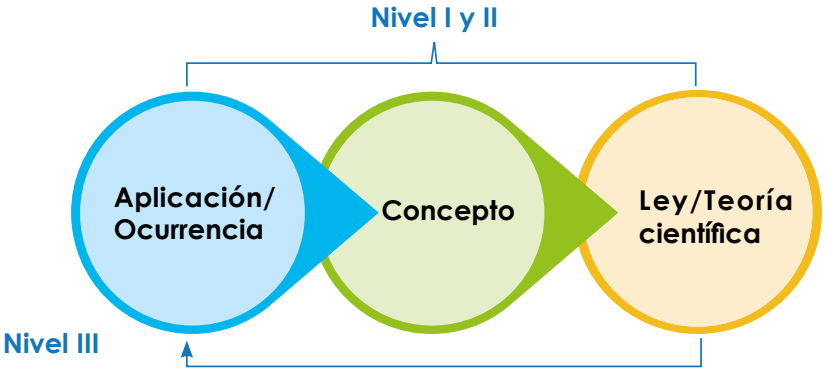


Figura 4. Orden del tratamiento del contenido de acuerdo con la secuencia ICC. Durante los ciclos de nivel III, es posible cerrar el ciclo de tratamiento del contenido hacia una nueva aplicación.

D. Orientaciones generales para implementar la secuencia ICC

Para conducir adecuadamente las experiencias científicas a través de la secuencia ICC es necesario considerar diversos aspectos específicos por cada etapa, sus preparaciones previas y los cierres de unidad. A continuación se muestran orientaciones generales para favorecer el desarrollo exitoso de una secuencia y facilitar la planificación semanal.

Preparaciones. Antes de iniciar cada unidad, pero particularmente con cada microciclo, es importante consultar previamente todos los recursos que la estrategia multimodal pone a su disposición para la semana específica. A partir de esta consulta, se recomienda seleccionar aquellos recursos acompañantes que le son susceptibles de utilizar en su contexto particular y de acuerdo con el desempeño mostrado por sus estudiantes.

Ya que la mayoría de las experiencias científicas incluyen una actividad práctica manipulativa, conviene que lea la sección *Preparaciones* de su Guía Metodológica, para verificar los implementos y las acciones que requieren una atención anticipada que le garantice mejor control en el desarrollo de los microciclos.

Etapa de indagación. Para el adecuado desarrollo de la indagación, es indispensable que usted permita que sus estudiantes asuman el protagonismo de la clase, que exploren por sí mismos, opinen y puedan equivocarse; por tal motivo, únicamente brinde una breve introducción a las actividades, tomando como punto de partida una situación cotidiana o aplicación científica que se relacione con los contenidos de la semana y genere curiosidad.

El objetivo final de esta etapa no es una respuesta correcta, si no una idea o pregunta que idealmente pueda ser abordada de forma práctica por medio de las diversas actividades que desarrollará durante la semana. Para la consecución del objetivo es importante guiar la exploración.

Usted debe orientar el tipo de pregunta o planteamiento de sus estudiantes, pero no ofrecer las respuestas. Una buena manera de hacerlo es el uso de preguntas que apunten a evidenciar las posibles falencias o desviaciones en los planteamientos de sus estudiantes. Otra estrategia es colocar los grupos de ideas principales de sus estudiantes en la pizarra y pedir opinión al pleno sobre su validez o viabilidad para demostrarlas.
En coherencia con el tratamiento del contenido que prioriza la exposición directa a la aplicación u ocurrencia de los fenómenos no encontrará un fundamento teórico extenso en los Libros de Texto durante la etapa de *Indagación*. No se recomienda, en ninguna circunstancia, dictar información al estudiantado.

Etapa de creatividad. Es el corazón del trabajo de la semana, pues en ella se desarrolla la práctica o prácticas con las cuales sus estudiantes intentarán abordar las ideas o preguntas que se plantearon durante la etapa de Indagación. Normalmente, las prácticas incluyen experimentos, exploraciones de campo o resolución de problemas, entre otras.

Al dar prioridad al trabajo autónomo, a la manipulación de implementos y a la autogestión por grupos de trabajo, es indispensable que, al menos durante las primeras sesiones de práctica, usted pueda establecer, en conjunto con sus estudiantes, las normas de comportamiento tanto dentro como fuera del aula. Esto incluye la organización de las mesas de trabajo, la disposición y el tratamiento de los implementos comunes, grupales o individuales; la disposición de los residuos que se generan durante las prácticas, y las formas para asignar roles dentro de un grupo.

Es muy importante también que, antes de iniciar una sesión de trabajo, usted pueda dejar en claro a sus estudiantes las indicaciones específicas para cada actividad, tanto en lo referente a la manipulación de los implementos como en el registro de datos y cualquier otra recomendación de seguridad. La única forma de tener esta claridad es que usted sepa con anticipación los escenarios posibles para los experimentos, exploraciones de campo, resoluciones de problemas, etc. Esto quiere decir que usted necesita efectuar dichas actividades antes que sus estudiantes y considerar las variantes que se presentan dentro de la Guía Metodológica.

Para potenciar las habilidades del ámbito de la comunicación y facilitar la transición a la etapa con el mismo nombre, usted debe promover que sus estudiantes lleven adecuadamente el registro de resultados de sus actividades. Lo más importante no es que la respuesta sea la indicada en esta guía, sino que el registro refleje lo efectuado durante la clase.

Etapa de comunicación. Está diseñada para que los estudiantes puedan compartir experiencias generadas por ellos mismos. En esta etapa, los conceptos, leyes y teorías científicas trabajados durante toda la semana deben quedar claros. Por tal razón, es indispensable que incentive a sus estudiantes a contrastar inicialmente sus hallazgos y conclusiones con el conocimiento científico más consolidado, es decir, diversas fuentes bibliográficas, lo que garantizará su fiabilidad y dará consistencia a los planteamientos.

Para evidenciar las habilidades y procesos del ámbito de la comunicación, procure que, al menos de forma ocasional, cada estudiante pueda expresarse individualmente. Es muy importante abrir espacios para que los planteamientos, resultados y conclusiones expuestas por cada

estudiante o grupo de trabajo sean sometidos a la crítica por parte del pleno. Esta crítica, al igual que usted haría al evaluar, debería centrarse en la claridad de los conceptos y las teorías, la forma de presentar los resultados, el uso de nomenclatura y lenguaje científico, y las explicaciones de por qué se llegó a las conclusiones.

Si considera que la discusión no está llevando a que sus estudiantes tengan claros los contenidos, puede usted variar la estrategia de exposición o discusión; de ser necesario, puede orientar directamente las conclusiones, interpretar los resultados o hacer breves disertaciones sobre los contenidos para garantizar un contenido de calidad y común acuerdo para la clase.

Finalmente, como se recomendó en la etapa de *Creatividad*, es indispensable que convenga anticipadamente con sus estudiantes las normas generales de comportamiento y las normas específicas de acuerdo con el tipo de actividad desarrollada.

III. Estructura y componentes del Libro de Texto

En los Libros de Texto, sus estudiantes encontrarán experimentos, recorridos de campo, instrucciones para la construcción de objetos, curiosidades, juegos y una variedad de actividades que potenciarán sus habilidades científicas y tecnológicas. A continuación se muestra la estructura del libro.

A. Entradas de unidad

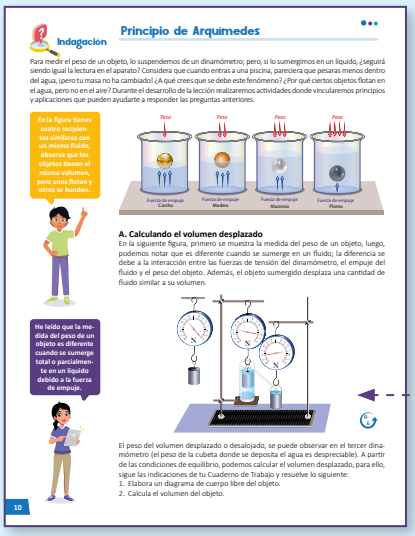
Están simplificadas para la lectura estudiantil, presentando la siguiente información:

- Nombre y número de la unidad.
- Perspectiva desde la cual se aborda el contenido, o eje integrador.
- Aprendizajes esperados para sus estudiantes.
- Tiempo estimado efectivo que se dedicará a la unidad.



B. Secuencia de la semana

Cada unidad se divide en semanas y, en cada una, se orienta la aplicación de la secuencia de aprendizaje ICC.


Indagación

Principio de Arquímedes

Para medir el peso de un objeto, lo suspendemos de un dinamómetro; pero, si lo sumergimos en un líquido, ¿seguirá siendo igual la lectura en el aparato? Considera que cuando entras a una piscina, pareciera que pesaras menos dentro del agua, ¡pero tu masa no ha cambiado! ¿A qué crees que se debe este fenómeno? ¿Por qué ciertos objetos flotan en el agua, pero no en el aire? Durante el desarrollo de la lección realizaremos actividades donde vincularemos principios y aplicaciones que pueden ayudarte a responder las preguntas anteriores.

En la figura tienes cuatro recipientes similares con un mismo fluido; observa que los objetos tienen el mismo volumen, pero unos flotan y otros se hunden.

Peso
Fuerza de empuje
Corcho
Madera
Aluminio
Plomo

A. Calculando el volumen desplazado

En la siguiente figura, primero se muestra la medida del peso de un objeto, luego, podemos notar que es diferente cuando se sumerge en un fluido; la diferencia se debe a la interacción entre las fuerzas de tensión del dinamómetro, el empuje del fluido y el peso del objeto. Además, el objeto sumergido desplaza una cantidad de fluido similar a su volumen.

He leído que la medida del peso de un objeto es diferente cuando se sumerge total o parcialmente en un líquido debido a la fuerza de empuje.

El peso del volumen desplazado o desalojado, se puede observar en el tercer dinamómetro (el peso de la cubeta donde se deposita el agua es despreciable). A partir de las condiciones de equilibrio, podemos calcular el volumen desplazado, para ello, sigue las indicaciones de tu Cuaderno de Trabajo y resuelve lo siguiente:

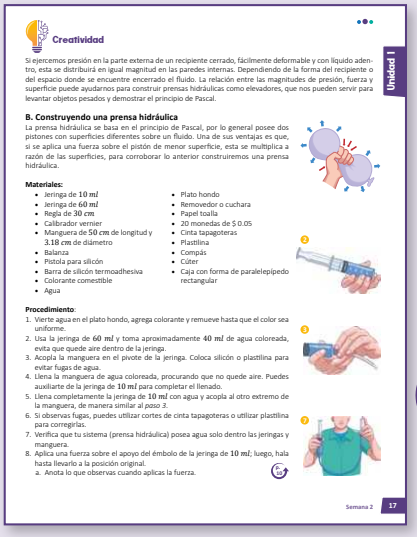
1. Elabora un diagrama de cuerpo libre del objeto.
2. Calcula el volumen del objeto.

10

1. Indagación

Está centrada en la exploración del entorno desde una perspectiva científica. La etapa se distingue por la coloración azul y un esquema abierto, donde las preguntas no necesariamente tienen una respuesta correcta o única.

Las flechas circulares indican los momentos donde se requiere el uso del Cuaderno de Trabajo, especificando la página precisa.


Creatividad

Unidad 1

Si ejercemos presión en la parte externa de un recipiente cerrado, fácilmente deformable y con líquido adentro, esta se distribuirá en igual magnitud en las paredes internas. Dependiendo de la forma del recipiente o del espacio donde se encuentre encerrado el fluido. La relación entre las magnitudes de presión, fuerza y superficie puede ayudarnos para construir prensas hidráulicas como elevadores, que nos pueden servir para levantar objetos pesados y demostrar el principio de Pascal.

B. Construyendo una prensa hidráulica

La prensa hidráulica se basa en el principio de Pascal, por lo general posee dos pistones con superficies diferentes sobre un fluido. Una de sus ventajas es que, si se aplica una fuerza sobre el pistón de menor superficie, esta se multiplica a razón de las superficies, para corroborar lo anterior construiremos una prensa hidráulica.

Materiales:

- Jeringa de 10 ml
- Jeringa de 60 ml
- Regla de 30 cm
- Calibrador vernier
- Manguera de 50 cm de longitud y 3.18 cm de diámetro
- Balanza
- Pistola para silicón
- Barra de silicón termoadhesiva
- Colorante comestible
- Agua
- Plato hondo
- Removedor o cuchara
- Papel toalla
- 20 monedas de $ 0.05
- Cinta tapagoteras
- Plastilina
- Compás
- Cúter
- Caja con forma de paralelepípedo rectangular

Procedimiento:

1. Vierte agua en el plato hondo, agrega colorante y remueve hasta que el color sea uniforme.
2. Usa la jeringa de 60 ml y toma aproximadamente 40 ml de agua coloreada, evita que quede aire dentro de la jeringa.
3. Acopla la manguera en el pivote de la jeringa. Coloca silicón o plastilina para evitar fugas de agua.
4. Llena la manguera de agua coloreada, procurando que no quede aire. Puedes auxiliarte de la jeringa de 10 ml para completar el llenado.
5. Llena completamente la jeringa de 10 ml con agua y acopla al otro extremo de la manguera, de manera similar al *paso 3*.
6. Si observas fugas, puedes utilizar cortes de cinta tapagoteras o utilizar plastilina para corregirlas.
7. Verifica que tu sistema (prensa hidráulica) posea agua solo dentro las jeringas y manguera.
8. Aplica una fuerza sobre el apoyo del émbolo de la jeringa de 10 ml; luego, hala hasta llevarlo a la posición original.
   a. Anota lo que observas cuando aplicas la fuerza.

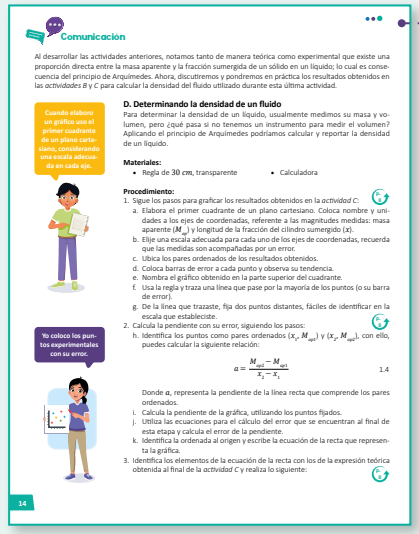
Semana 2 17

p. 6

2. Creatividad

Pretende fomentar el uso de distintas técnicas propias del quehacer científico y la manipulación de dispositivos. La etapa se distingue gráficamente por el color violeta y la estructura secuencial y jerárquica de las actividades.

Se encuentra estrechamente entrelazada con el Cuaderno de Trabajo, por lo que a menudo se indican las páginas que deben emplearse.


Comunicación

Al desarrollar las actividades anteriores, notamos tanto de manera teórica como experimental que existe una proporción directa entre la masa aparente y la fracción sumergida de un sólido en un líquido; lo cual es consecuencia del principio de Arquímedes. Ahora, discutiremos y pondremos en práctica los resultados obtenidos en las *actividades B* y *C* para calcular la densidad del fluido utilizado durante esta última actividad.

Cuando elaboro un gráfico uso el primer cuadrante de un plano cartesiano, considerando una escala adecuada en cada eje.

D. Determinando la densidad de un fluido

Para determinar la densidad de un líquido, usualmente medimos su masa y volumen, pero ¿qué pasa si no tenemos un instrumento para medir el volumen? Aplicando el principio de Arquímedes podríamos calcular y reportar la densidad de un líquido.

Materiales:

- Regla de 30 cm, transparente
- Calculadora

Procedimiento:

1. Sigue los pasos para graficar los resultados obtenidos en la *actividad C*:
   a. Elabora el primer cuadrante de un plano cartesiano. Coloca nombre y unidades a los ejes de coordenadas, referente a las magnitudes medidas: masa aparente (M_{ap}) y longitud de la fracción del cilindro sumergido (x).
   b. Elije una escala adecuada para cada uno de los ejes de coordenadas, recuerda que las medidas son acompañadas por un error.
   c. Ubica los pares ordenados de los resultados obtenidos.
   d. Coloca barras de error a cada punto y observa su tendencia.
   e. Nombra el gráfico obtenido en la parte superior del cuadrante.
   f. Usa la regla y traza una línea que pase por la mayoría de los puntos (o su barra de error).
   g. De la línea que trazaste, fija dos puntos distantes, fáciles de identificar en la escala que estableciste.
2. Calcula la pendiente con su error, siguiendo los pasos:
   h. Identifica los puntos como pares ordenados (x_1, M_{ap1}) y (x_2, M_{ap2}), con ello, puedes calcular la siguiente relación:

$$a = \frac{M_{ap2} - M_{ap1}}{x_2 - x_1} \qquad 1.4$$

   Donde a, representa la pendiente de la línea recta que comprende los pares ordenados.
   i. Calcula la pendiente de la gráfica, utilizando los puntos fijados.
   j. Utiliza las ecuaciones para el cálculo del error que se encuentran al final de esta etapa y calcula el error de la pendiente.
   k. Identifica la ordenada al origen y escribe la ecuación de la recta que representa la gráfica.
3. Identifica los elementos de la ecuación de la recta con los de la expresión teórica obtenida al final de la *actividad C* y realiza lo siguiente:

Yo coloco los puntos experimentales con su error.

14

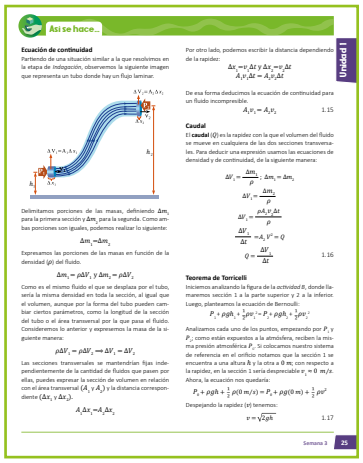
3. Comunicación

Se enfoca en compartir los resultados y las dificultades de la semana. La etapa se reconoce por el color cian y la presencia de textos explicativos, los cuales pretenden ayudar a sus estudiantes a focalizar su razonamiento y sus conclusiones.

Los puntos de colores indican a qué momento de la semana corresponde la página del Libro de Texto.

C. Secciones especiales

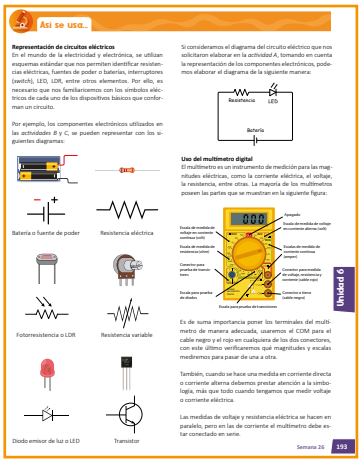
Proveen un paso a paso de cómo desarrollar por cuenta propia distintos procedimientos de naturaleza científica.


Así se hace...

Ecuación de continuidad

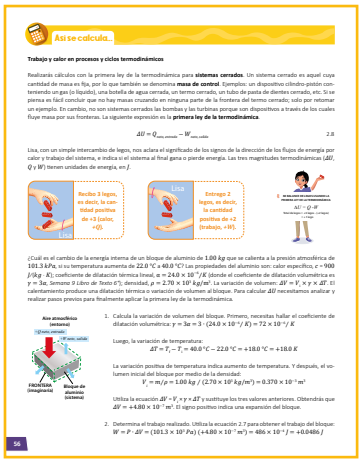
Caudal

Teorema de Torricelli


Así se usa...

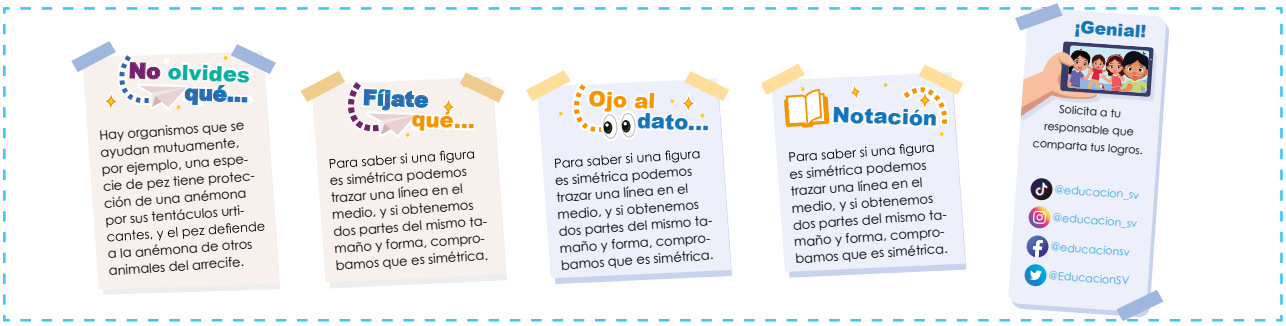
Representación de circuitos eléctricos

Uso del multímetro digital


Así se calcula...

Trabajo y calor en procesos y ciclos termodinámicos

Los llamados proporcionan información interesante sobre las características de los fenómenos naturales, la notación estándar y la forma de emplear dispositivos.



D. Recursos tecnológicos

A lo largo del libro se encuentran elementos interactivos, a través de dispositivos móviles. Estos brindan acceso a recursos adicionales, que podrían ayudar a sus estudiantes a comprender mejor las temáticas.

1. Códigos QR

Están en blanco y negro. Tienen forma rectangular y tres cuadrados en las esquinas.



Debe escanearlo con un dispositivo móvil para acceder a su información.

Puede ser audio, video, software de aplicación o sitios web.



2. Realidad Aumentada (RA)

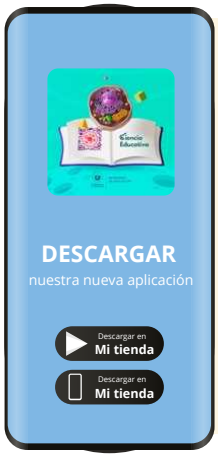
Recurso que combina elementos virtuales con el mundo físico. Permite interactuar con los fenómenos y objetos estudiados para mejorar la experiencia de aprendizaje.
Reconocerá los elementos de RA por su forma de tarjetas color violeta, las cuales contienen un ícono con un entramado de color al fondo.

a. Estructura de la tarjeta RA



- Ícono y código QR de color.
- Nombre del elemento.
- Descripción del elemento.

b. Obtenga la aplicación



Antes de comenzar a usar la RA usted necesita descargar e instalar la aplicación «Ciencia Educativa», desde la tienda de su dispositivo.

No volverá a requerir de internet al usar la aplicación.

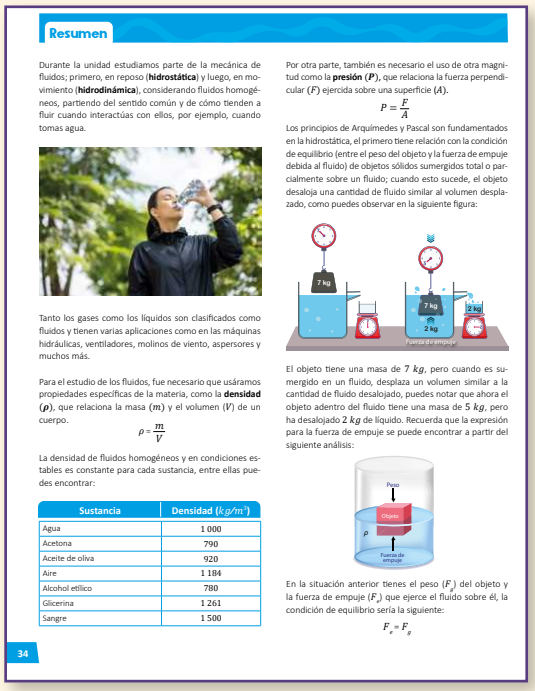
c. Utilice la aplicación

Para iniciar, acceda a la aplicación, escanee la tarjeta y espere unos segundos.

Tome en cuenta que si retira el dispositivo dejará de ver el elemento.



E. Cierre de unidad


Resumen

Durante la unidad estudiamos parte de la mecánica de fluidos; primero, en reposo (**hidrostática**) y luego, en movimiento (**hidrodinámica**), considerando fluidos homogéneos, partiendo del sentido común y de cómo tienden a fluir cuando interactúas con ellos, por ejemplo, cuando tomas agua.

Tanto los gases como los líquidos son clasificados como fluidos y tienen varias aplicaciones como en las máquinas hidráulicas, ventiladores, molinos de viento, aspersores y muchos más.

Para el estudio de los fluidos, fue necesario que usáramos propiedades específicas de la materia, como la **densidad** (ρ), que relaciona la masa (m) y el volumen (V) de un cuerpo.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La densidad de fluidos homogéneos y en condiciones estables es constante para cada sustancia, entre ellas puedes encontrar:

Sustancia	Densidad (kg/m^3)
Agua	1 000
Acetona	790
Aceite de oliva	920
Aire	1 184
Alcohol etílico	780
Glicerina	1 261
Sangre	1 500

Por otra parte, también es necesario el uso de otra magnitud como la **presión** (P), que relaciona la fuerza perpendicular (F) ejercida sobre una superficie (A).

$$P = \frac{F}{A}$$

Los principios de Arquímedes y Pascal son fundamentados en la hidrostática, el primero tiene relación con la condición de equilibrio (entre el peso del objeto y la fuerza de empuje debida al fluido) de objetos sólidos sumergidos total o parcialmente sobre un fluido; cuando esto sucede, el objeto desaloja una cantidad de fluido similar al volumen desplazado, como puedes observar en la siguiente figura:

El objeto tiene una masa de 7 kg, pero cuando es sumergido en un fluido, desplaza un volumen similar a la cantidad de fluido desalojado, puedes notar que ahora el objeto adentro del fluido tiene una masa de 5 kg, pero ha desalojado 2 kg de líquido. Recuerda que la expresión para la fuerza de empuje se puede encontrar a partir del siguiente análisis:

En la situación anterior tienes el peso (F_g) del objeto y la fuerza de empuje (F_e) que ejerce el fluido sobre él, la condición de equilibrio sería la siguiente:

$$F_e = F_g$$

34

Consolida los aprendizajes y muestra las aplicaciones del contenido científico de la unidad a través de las secciones *Resumen* y *Tecnología*. Además, se presenta a salvadoreños destacados en estos campos de estudio con la sección *Conozcamos a…* Finalmente, se incluye la sección *Quiero ser…*, donde se comparten opciones de estudios superiores para los estudiantes.

El cierre de unidad se distingue gráficamente por su color celeste, salvo la sección *Quiero ser…*, que tiene un color naranja.

F. Personajes

Como ya habrá notado, los recursos educativos de la asignatura Ciencia y Tecnología incorporan personajes que acompañan al estudiantado durante su aprendizaje.



Irene. Toma su nombre Irène Joliot-Curie. Le encanta explorar el campo y realizar experimentos de todo tipo. Además, es buena deportista. Ayudará a sus estudiantes a preparar sus actividades y les dará consejos de seguridad.



Luis. Nombrado en honor a Louis Pasteur, él acostumbra a preguntar acerca de todo lo que le parece interesante. Es muy creativo y juguetón. Ayudará a sus estudiantes a construir dispositivos y a adaptar sus experimentos.



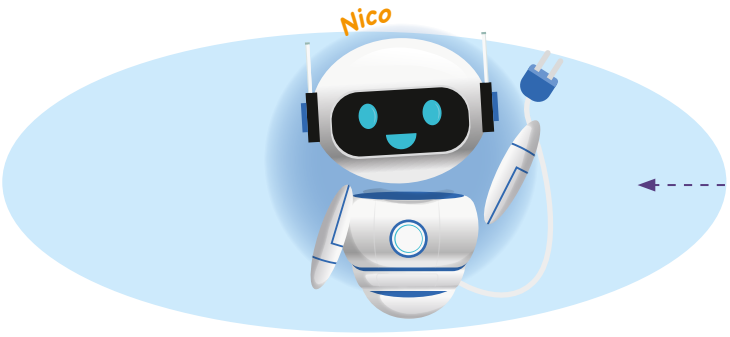
Carlos. Le gusta la lectura y las películas de ciencia ficción. Le va estupendo en informática. Ayudará a que sus estudiantes lleven registros y notaciones apropiadas, y a manejar los posibles errores. Toma su nombre de *Carolus Linnæus*.



Salti. Una araña saltadora, con increíbles habilidades. Su nombre proviene de su grupo científico: *Salticidae*. Acompañará a sus estudiantes a conocer mejor la vida silvestre y a ser amigables con el ambiente. Además, ¿no es adorable?



Lisa. Su nombre se inspira en Lise Meitner. Le fascinan los gadgets y los postres. Además, está a la vanguardia del desarrollo tecnológico. Ayudará a sus estudiantes a reconocer formas para aplicar su nuevo conocimiento.



Nico. Robot autónomo programable para distintas tareas. Tiene acceso inalámbrico a las bibliotecas y museos de todo el mundo. Ayudará a sus estudiantes con diversos datos de interés. Su modelo ha sido nombrado en honor a *Nikola Tesla*.

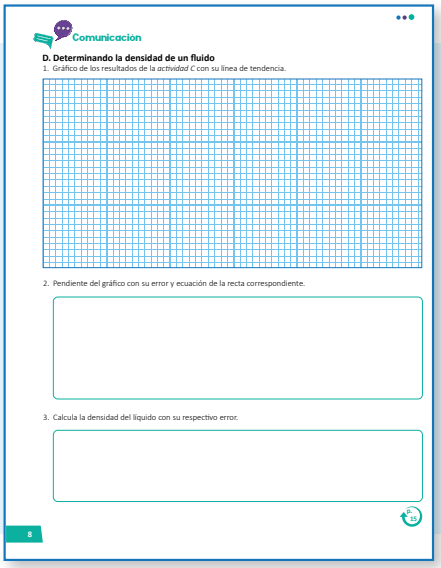
IV. El cuaderno de trabajo

«Aprender ciencia, practicando ciencia» implica que sus estudiantes, además de efectuar las prácticas manuales, discutir y consultar información, necesitan llevar un registro de su trabajo científico, el cual puede incluir textos, esquemas, gráficos, flujogramas, carteles, entre otros. El registro facilita el aprendizaje de los estudiantes en la medida en que ellos tratan de aclarar sus pensamientos para plasmarlos de manera escrita o esquemática. Les ayuda a recordar y darse cuenta de su propio progreso, a la vez que expone el desarrollo de su pensamiento (Worth *et al*., 2009).

Si bien durante el quehacer científico el registro escrito adquiere una gran variedad de formas, para facilitar su ocurrencia sistemática sin el riesgo de reducir el tiempo efectivo de clase, la asignatura Ciencia y Tecnología introduce el Cuaderno de Trabajo como principal instrumento de registro estudiantil durante las experiencias científicas. El Cuaderno de Trabajo no es, entonces, un compendio de tareas exaula, sino un recurso implícito en el desarrollo de la clase práctica y, por ende, se encuentra estrechamente vinculado con el Libro de Texto. Para la implementación adecuada del modelo ICC+I, usted deberá promover el uso de ambos recursos de manera articulada durante las experiencias científicas.

El uso del Cuaderno de Trabajo tiene las siguientes finalidades básicas.

Para estudiantes	Para docentes
Promover el registro escrito, como facilitador de los aprendizajes en ciencia y tecnología.	**Facilitar la evaluación**, al contener un historial detallado del trabajo de cada estudiante.
Fortalecer habilidades y procesos afines a la educación 4.0, tales como: organización, visualización, tratamiento de datos, construcción, registro de ideas, simplificación, comparación, síntesis y aprendizaje autónomo.	**Ajustar oportunamente el estilo de instrucción.** Observar el registro en clase permite aprender sobre las preconcepciones, el desarrollo de habilidades y la naturaleza del pensamiento, sin esperar un examen.
Focalizar la atención en la información obtenida, su tratamiento y conclusiones.	**Mejorar el tiempo efectivo de clase**, pues los espacios de registro se presentan ya organizados.


Comunicación

D. Determinando la densidad de un fluido

1. Gráfico de los resultados de la *actividad C* con su línea de tendencia.

2. Pendiente del gráfico con su error y ecuación de la recta correspondiente.

3. Calcula la densidad del líquido con su respectivo error.

8

A. Componentes del Cuaderno de Trabajo

Su formato es similar a la del Libro de Texto. Incluye espacios para respuestas, tablas de registro y cuadrículas para gráficos.

B. Integración de recursos

Los puntos de enlace permitirán a sus estudiantes saber en qué momento emplear cada recurso durante la práctica y ubicar fácilmente la página correcta.



V. Estructura y componentes de la Guía Metodológica

Su Guía Metodológica sigue un esquema definido por unidad de aprendizaje y semana de estudios. Al final de cada unidad encontrará un cierre particular, con actividades que le serán útiles para la evaluación.



A. Portada de la unidad de aprendizaje

Contiene el número y título de la unidad, además de los indicadores de logro, el eje integrador, el dominio clave y la competencia de la unidad, tal como se especifican en el programa de estudio.

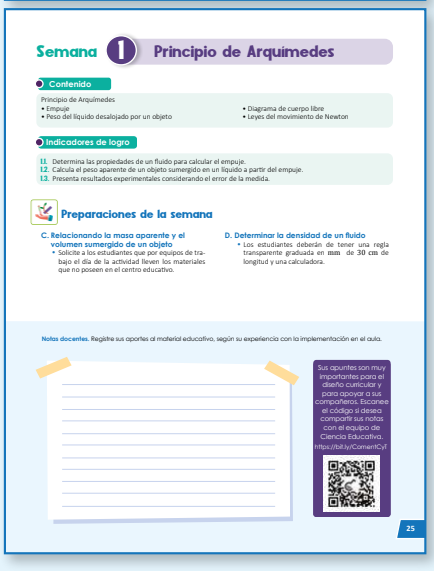


B. Presentación de la unidad de aprendizaje

Incluye una descripción del sentido de la unidad, de cómo está conjuntada, las habilidades, procesos y actitudes a las que apunta, y el arte de la portada de unidad del Libro de Texto



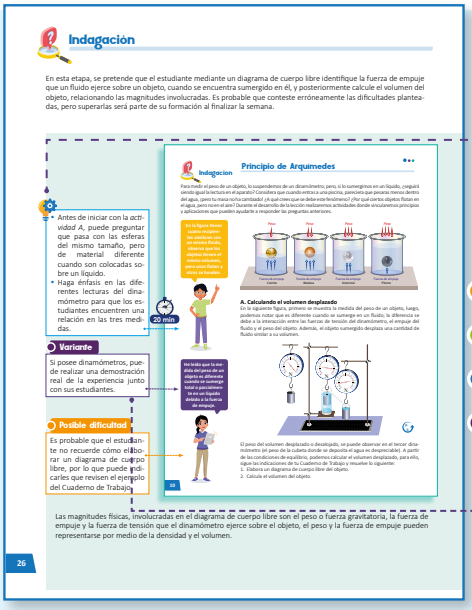
Al finalizar encontrará un resumen de las preparaciones previas para desarrollar la unidad. Es importante que atienda este resumen, pues le será de mucha ayuda en la planificación

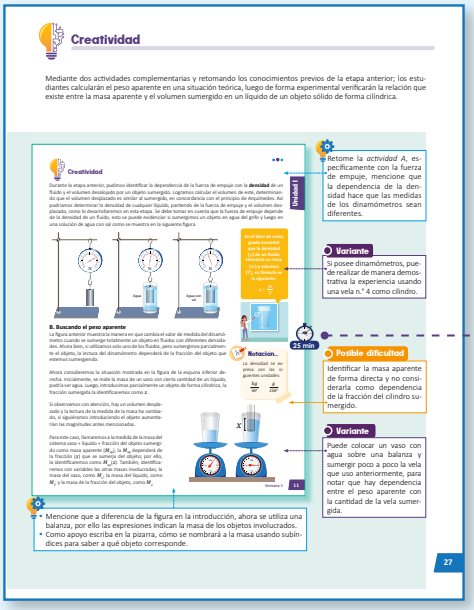


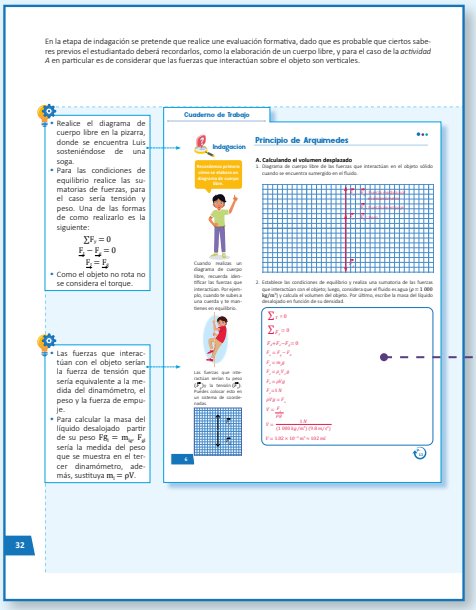
C. Introducción a la semana de estudio

Antes de iniciar cada semana, encontrará una página introductoria que contiene el nombre de la lección semanal, los contenidos a desarrollar, los indicadores de logro específicos de la semana y las preparaciones previas específicas.

También incluye un espacio para sus notas y un enlace para que pueda enviar sus apreciaciones al equipo de diseño de los recursos.







D. Orientaciones específicas de la semana

Inmediatamente después de la introducción, usted encontrará las páginas completas del Libro de Texto, acompañadas de orientaciones comentadas para garantizar el adecuado tratamiento didáctico por etapa y actividad.

Posible dificultad
Tratamiento del error
Criterio de evaluación
Variante

Además de los comentarios de orientación puntual, se presentan secciones especiales para abordar posibles dificultades, variantes, criterios sugeridos de evaluación y tratamiento del error.

25 min

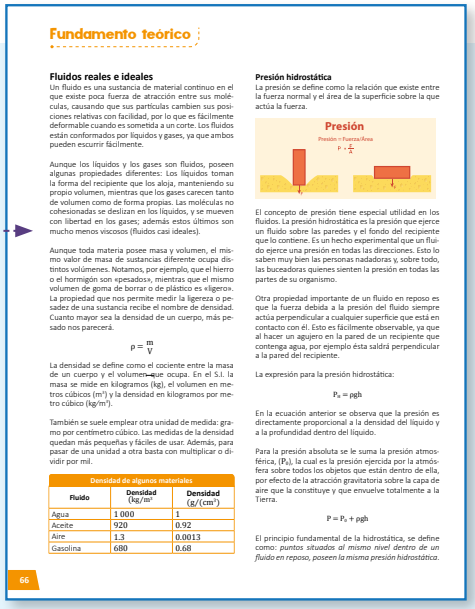
En esta sección también encontrará el tiempo estimado real (no el efectivo) para desarrollar cada actividad. Al tratarse del tiempo real, se han considerado las preparaciones que probablemente se efectúen fuera del salón de clases.

E. Respuestas

Cada vez que se presente un espacio para contestar o registrar, usted encontrará las respuestas esperadas o los datos usuales. Sin embargo, al fomentarse la indagación y las variantes experimentales, es usual que se planteen preguntas abiertas sin una respuesta correcta particular o espacios donde no se puede prever el valor que adquiere una variable. En tal caso, encontrará los espacios en blanco con comentarios de orientación a las posibles anotaciones. También se le presentan nuevas variantes y criterios sugeridos de evaluación.

F. Fundamento teórico

Al finalizar la sección de orientaciones específicas para las semanas que integran la unidad, encontrará usted el apartado de *Fundamento teórico*. Como su nombre lo indica, contiene información relevante para desarrollar el contenido de la unidad con una base científica sólida y que no haya contradicciones futuras. Note que este apartado es específico para usted como docente, no debe dictar el fundamento teórico a sus estudiantes, ni colocarlo en un examen, pues su profundidad es mayor a la requerida en los indicadores de logro.



Fundamento teórico

Fluidos reales e ideales

Un fluido es una sustancia de material continuo en el que existe poca fuerza de atracción entre sus moléculas, causando que sus partículas cambien sus posiciones relativas con facilidad, por lo que es fácilmente deformable cuando es sometida a un corte. Los fluidos están conformados por líquidos y gases, ya que ambos pueden escurrir fácilmente.

Aunque los líquidos y los gases son fluidos, poseen algunas propiedades diferentes: Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propias. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases; además estos últimos son mucho menos viscosos (fluidos casi ideales).

Aunque toda materia posee masa y volumen, el mismo valor de masa de sustancias diferente ocupa distintos volúmenes. Notamos, por ejemplo, que el hierro o el hormigón son «pesados», mientras que el mismo volumen de goma de borrar o de plástico es «ligero». La propiedad que nos permite medir la ligereza o pesadez de una sustancia recibe el nombre de densidad. Cuanto mayor sea la densidad de un cuerpo, más pesado nos parecerá.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La densidad se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. En el S.I. la masa se mide en kilogramos (kg), el volumen en metros cúbicos (m^3) y la densidad en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).

También se suele emplear otra unidad de medida: gramo por centímetro cúbico. Las medidas de la densidad quedan más pequeñas y fáciles de usar. Además, para pasar de una unidad a otra basta con multiplicar o dividir por mil.

Densidad de algunos materiales

Fluido	Densidad (kg/m^3)	Densidad (g/cm^3)
Agua	1 000	1
Aceite	920	0.92
Aire	1.3	0.0013
Gasolina	680	0.68

Presión hidrostática

La presión se define como la relación que existe entre la fuerza normal y el área de la superficie sobre la que actúa la fuerza.

Presión

Presión = Fuerza/Área

$P = \frac{F}{A}$

El concepto de presión tiene especial utilidad en los fluidos. La presión hidrostática es la presión que ejerce un fluido sobre las paredes y el fondo del recipiente que lo contiene. Es un hecho experimental que un fluido ejerce una presión en todas las direcciones. Esto lo saben muy bien las personas nadadoras y, sobre todo, las buceadoras quienes sienten la presión en todas las partes de su organismo.

Otra propiedad importante de un fluido en reposo es que la fuerza debida a la presión del fluido siempre actúa perpendicular a cualquier superficie que está en contacto con él. Esto es fácilmente observable, ya que al hacer un agujero en la pared de un recipiente que contenga agua, por ejemplo ésta saldrá perpendicular a la pared del recipiente.

La expresión para la presión hidrostática:

$$P_h = \rho g h$$

En la ecuación anterior se observa que la presión es directamente proporcional a la densidad del líquido y a la profundidad dentro del líquido.

Para la presión absoluta se le suma la presión atmosférica, (P_0), la cual es la presión ejercida por la atmósfera sobre todos los objetos que están dentro de ella, por efecto de la atracción gravitatoria sobre la capa de aire que la constituye y que envuelve totalmente a la Tierra.

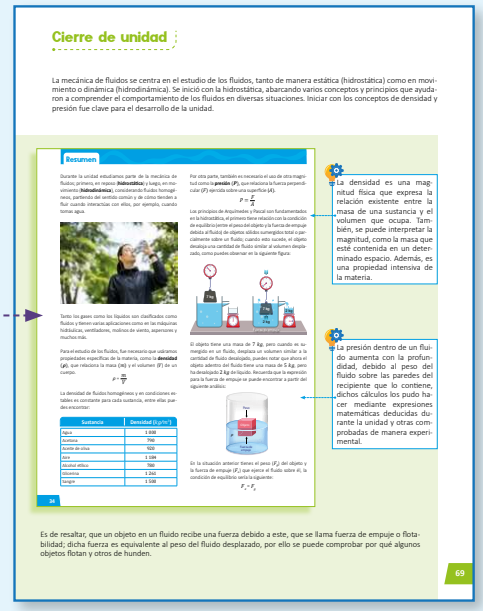
$$P = P_0 + \rho g h$$

El principio fundamental de la hidrostática, se define como: *puntos situados al mismo nivel dentro de un fluido en reposo, poseen la misma presión hidrostática.*

66

G. Cierre de unidad

Contiene las páginas del Libro de Texto referentes al cierre de unidad, incluyendo el apartado de tecnología y las respuestas a la evaluación de unidad, además de orientaciones comentadas que le ayudarán en el tratamiento didáctico de esta etapa.



Cierre de unidad

La mecánica de fluidos se centra en el estudio de los fluidos, tanto de manera estática (hidrostática) como en movimiento o dinámica (hidrodinámica). Se inició con la hidrostática, abarcando varios conceptos y principios que ayudaron a comprender el comportamiento de los fluidos en diversas situaciones. Iniciar con los conceptos de densidad y presión fue clave para el desarrollo de la unidad.

Resumen

La densidad es una magnitud física que expresa la relación existente entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa. También, se puede interpretar la magnitud, como la masa que esté contenida en un determinado espacio. Además, es una propiedad intensiva de la materia.

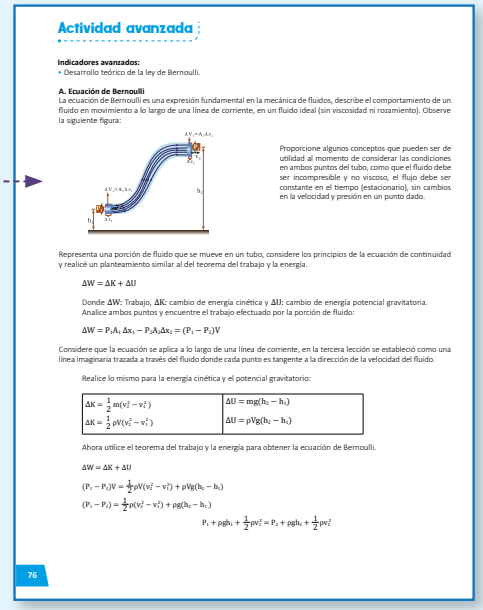
La presión dentro de un fluido aumenta con la profundidad, debido al peso del fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene, dichos cálculos los pudo hacer mediante expresiones matemáticas deducidas durante la unidad y otras comprobadas de manera experimental.

Es de resaltar, que un objeto en un fluido recibe una fuerza debido a este, que se llama fuerza de empuje o flotabilidad; dicha fuerza es equivalente al peso del fluido desplazado, por ello se puede comprobar por qué algunos objetos flotan y otros de hunden.

69

H. Actividades avanzadas

Esta sección contiene actividades adicionales a las del Libro de Texto, las cuales pretenden potenciar los aprendizajes de aquellos estudiantes que evidencien los indicadores avanzados. Usualmente incluyen vínculos a sitios de interés para incentivar el estudio. Utilice estas actividades cuando usted considere necesario y el tiempo se lo permita.



Actividad avanzada

Indicadores avanzados:

- Desarrollo teórico de la ley de Bernoulli.

A. Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una expresión fundamental en la mecánica de fluidos, describe el comportamiento de un fluido en movimiento a lo largo de una línea de corriente, en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento). Observe la siguiente figura:

Proporcione algunos conceptos que pueden ser de utilidad al momento de considerar las condiciones en ambos puntos del tubo, como que el fluido debe ser incompresible y no viscoso, el flujo debe ser constante en el tiempo (estacionario), sin cambios en la velocidad y presión en un punto dado.

Representa una porción de fluido que se mueve en un tubo, considere los principios de la ecuación de continuidad y realice un planteamiento similar al del teorema del trabajo y la energía.

$$\Delta W = \Delta K + \Delta U$$

Donde **ΔW**: Trabajo, **ΔK**: cambio de energía cinética y **ΔU**: cambio de energía potencial gravitatoria. Analice ambos puntos y encuentre el trabajo efectuado por la porción de fluido:

$$\Delta W = P_1 A_1 \Delta x_1 - P_2 A_2 \Delta x_2 = (P_1 - P_2)V$$

Considere que la ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente, en la tercera lección se estableció como una línea imaginaria trazada a través del fluido donde cada punto es tangente a la dirección de la velocidad del fluido.

Realice lo mismo para la energía cinética y el potencial gravitatorio:

$\Delta K = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)$	$\Delta U = mg(h_2 - h_1)$
$\Delta K = \frac{1}{2} \rho V(v_2^2 - v_1^2)$	$\Delta U = \rho V g(h_2 - h_1)$

Ahora utilice el teorema del trabajo y la energía para obtener la ecuación de Bernoulli.

$$\Delta W = \Delta K + \Delta U$$

$$(P_1 - P_2)V = \frac{1}{2}\rho V(v_2^2 - v_1^2) + \rho V g(h_2 - h_1)$$

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(h_2 - h_1)$$

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

76

Unidad 1
Mecánica de fluidos

Eje integrador: interacciones

Dominio clave

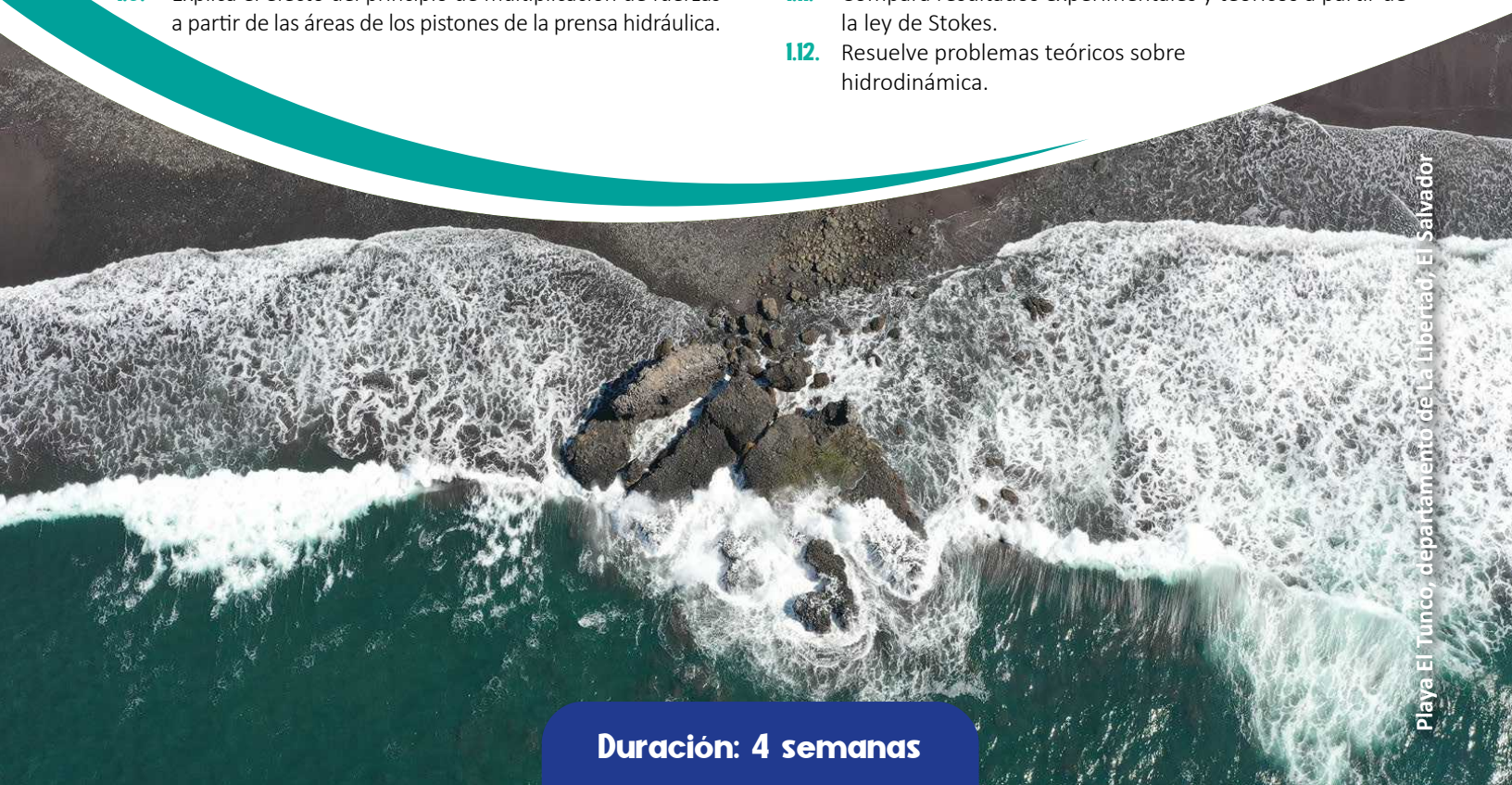
En los fluidos en reposo, la presión crece con el aumento de la profundidad; por esta razón, cualquier objeto sumergido en un líquido o gas experimenta un empuje. Sin embargo, su flotabilidad depende de los valores de densidad del fluido y del objeto. En los fluidos en movimiento, la presión disminuye con el aumento de la velocidad. Estos principios son aplicables en distintas tecnologías.

Competencia

Aplicar análisis gráficos de magnitudes físicas relacionadas con la mecánica de fluidos para efectuar cálculos de variables y explicar resultados experimentales.

Indicadores de logro

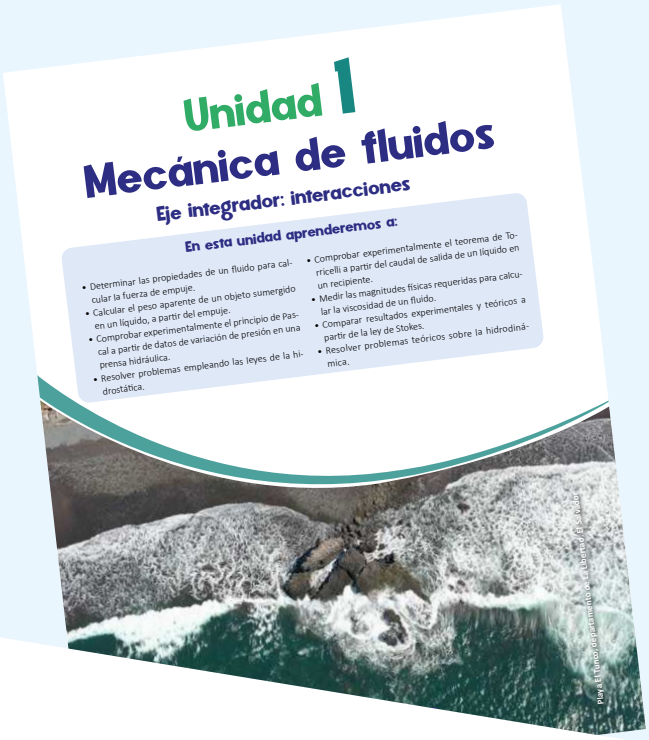
1.1. Determina las propiedades de un fluido para calcular el empuje.
1.2. Calcula el peso aparente de un objeto sumergido en un líquido a partir del empuje.
1.3. Presenta resultados experimentales considerando el error de la medida.
1.4. Comprueba experimentalmente el principio de Pascal a partir de datos de variación de presión en una prensa hidráulica.
1.5. Explica el efecto del principio de multiplicación de fuerzas a partir de las áreas de los pistones de la prensa hidráulica.
1.6. Resuelve problemas empleando las leyes de la hidrostática.
1.7. Reconoce la relación inversa entre presión y rapidez en un fluido ideal a partir de casos concretos.
1.8. Comprueba experimentalmente el teorema de Torricelli a partir del caudal de salida de un líquido en un recipiente.
1.9. Calcula la rapidez de salida de un líquido por el orificio de un recipiente a partir del teorema de Torricelli.
1.10. Mide las magnitudes físicas requeridas para calcular la viscosidad de un fluido.
1.11. Compara resultados experimentales y teóricos a partir de la ley de Stokes.
1.12. Resuelve problemas teóricos sobre hidrodinámica.



Playa El Tunco, departamento de La Libertad, El Salvador

Duración: 4 semanas

Presentación



En grados previos, los estudiantes han desarrollado experiencias utilizando algunos conceptos que involucran a la mecánica de fluidos, partiendo de sus propiedades. Ahora seguirán profundizando los conceptos para determinar propiedades de la hidrostática y la hidrodinámica, realizando experimentos, cálculos y tratamientos de datos de magnitudes físicas involucradas.

Durante cuatro semanas, será necesaria la experimentación. el cálculo y el análisis gráfico, para que los estudiantes comprueben algunos principios que rigen la mecánica de fluidos.

Por otra parte, los estudiantes podrán representar y explicar adecuadamente resultados experimentales que obtengan en cada lección.

Preparaciones de la unidad

En el desarrollo de la unidad habrá actividades donde se tendrán que realizar preparaciones previas o esperar un resultado posterior, para que el alcance de las consecuencias se logré de manera eficaz. Por otra parte, de no contar con un espacio de laboratorio, tendrá que reconocer la zona donde desarrollará las diferentes actividades.

Las actividades que debe tomar en cuenta para una previa preparación, se resumen a continuación:

Solicitud de implementos	
Semana 1	Actividades C y D
Semana 2	Actividad B
Semana 3	Actividades C y D
Semana 4	Actividades C y D

Material didáctico	
Semana 1	Actividad C
Semana 2	Actividad B
Semana 3	Actividad C
Semana 4	Actividad C

Organización de equipos de trabajo	
Semana 1	Actividad C
Semana 2	Actividad B
Semana 3	Actividades C y D
Semana 4	Actividades C y D

Recursos tecnológicos	
Semana 1	Actividad D
Semana 2	Actividad C
Semana 3	Actividad D
Semana 4	Actividades C y D

Semana 1 Principio de Arquímedes

Contenido

Principio de Arquímedes
- Empuje
- Peso del líquido desalojado por un objeto
- Diagrama de cuerpo libre
- Leyes del movimiento de Newton

Indicadores de logro

1.1. Determina las propiedades de un fluido para calcular el empuje.
1.2. Calcula el peso aparente de un objeto sumergido en un líquido a partir del empuje.
1.3. Presenta resultados experimentales considerando el error de la medida.



Preparaciones de la semana

C. Relacionando la masa aparente y el volumen sumergido de un objeto

- Solicite a los estudiantes que por equipos de trabajo el día de la actividad lleven los materiales que no poseen en el centro educativo.

D. Determinar la densidad de un fluido

- Los estudiantes deberán de tener una regla transparente graduada en mm de $30\ \text{cm}$ de longitud y una calculadora.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

En esta etapa, se pretende que el estudiante mediante un diagrama de cuerpo libre identifique la fuerza de empuje que un fluido ejerce sobre un objeto, cuando se encuentra sumergido en él, y posteriormente calcule el volumen del objeto, relacionando las magnitudes involucradas. Es probable que conteste erróneamente las dificultades planteadas, pero superarlas será parte de su formación al finalizar la semana.

- Antes de iniciar con la *actividad A*, puede preguntar que pasa con las esferas del mismo tamaño, pero de material diferente cuando son colocadas sobre un líquido.
- Haga énfasis en las diferentes lecturas del dinamómetro para que los estudiantes encuentren una relación en las tres medidas.

Variante

Si posee dinamómetros, puede realizar una demostración real de la experiencia junto con sus estudiantes.

Posible dificultad

Es probable que el estudiante no recuerde cómo elaborar un diagrama de cuerpo libre, por lo que puede indicarles que revisen el ejemplo del Cuaderno de Trabajo.

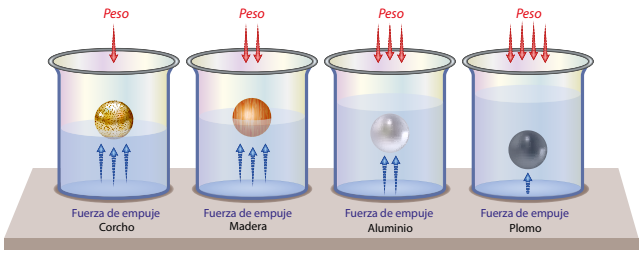
20 min

Indagación

Principio de Arquímedes

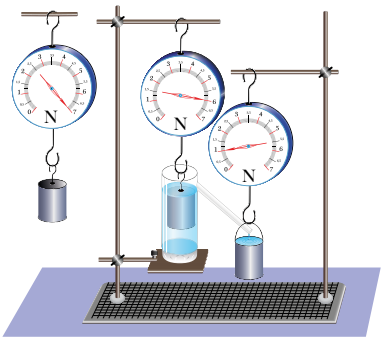
Para medir el peso de un objeto, lo suspendemos de un dinamómetro; pero, si lo sumergimos en un líquido, ¿seguirá siendo igual la lectura en el aparato? Considera que cuando entras a una piscina, pareciera que pesaras menos dentro del agua, ¡pero tu masa no ha cambiado! ¿A qué crees que se debe este fenómeno? ¿Por qué ciertos objetos flotan en el agua, pero no en el aire? Durante el desarrollo de la lección realizaremos actividades donde vincularemos principios y aplicaciones que pueden ayudarte a responder las preguntas anteriores.

En la figura tienes cuatro recipientes similares con un mismo fluido, observa que los objetos tienen el mismo volumen, pero unos flotan y otros se hunden.



A. Calculando el volumen desplazado

En la siguiente figura, primero se muestra la medida del peso de un objeto, luego, podemos notar que es diferente cuando se sumerge en un fluido; la diferencia se debe a la interacción entre las fuerzas de tensión del dinamómetro, el empuje del fluido y el peso del objeto. Además, el objeto sumergido desplaza una cantidad de fluido similar a su volumen.



P. 6

He leído que la medida del peso de un objeto es diferente cuando se sumerge total o parcialmente en un líquido debido a la fuerza de empuje.

El peso del volumen desplazado o desalojado, se puede observar en el tercer dinamómetro (el peso de la cubeta donde se deposita el agua es despreciable). A partir de las condiciones de equilibrio, podemos calcular el volumen desplazado, para ello, sigue las indicaciones de tu Cuaderno de Trabajo y resuelve lo siguiente:

1. Elabora un diagrama de cuerpo libre del objeto.
2. Calcula el volumen del objeto.

10

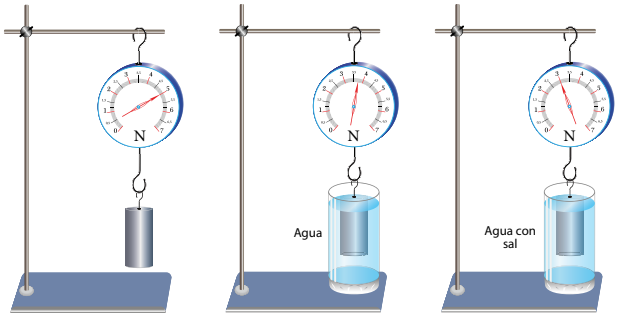
Las magnitudes físicas, involucradas en el diagrama de cuerpo libre son el peso o fuerza gravitatoria, la fuerza de empuje y la fuerza de tensión que el dinamómetro ejerce sobre el objeto, el peso y la fuerza de empuje pueden representarse por medio de la densidad y el volumen.

Creatividad

Mediante dos actividades complementarias y retomando los conocimientos previos de la etapa anterior; los estudiantes calcularán el peso aparente en una situación teórica, luego de forma experimental verificarán la relación que existe entre la masa aparente y el volumen sumergido en un líquido de un objeto sólido de forma cilíndrica.

Creatividad

Durante la etapa anterior, pudimos identificar la dependencia de la fuerza de empuje con la **densidad** de un fluido y el volumen desalojado por un objeto sumergido. Logramos calcular el volumen de este, determinando que el volumen desplazado es similar al sumergido, en concordancia con el principio de Arquímedes. Así podríamos determinar la densidad de cualquier líquido, partiendo de la fuerza de empuje y el volumen desplazado, como lo desarrollaremos en esta etapa. Se debe tomar en cuenta que la fuerza de empuje depende de la densidad de un fluido, esto se puede evidenciar si sumergimos un objeto en agua del grifo y luego en una solución de agua con sal como se muestra en la siguiente figura.



B. Buscando el peso aparente

La figura anterior muestra la manera en que cambia el valor de medida del dinamómetro cuando se sumerge totalmente un objeto en fluidos con diferentes densidades. Ahora bien, si utilizamos solo uno de los fluidos, pero sumergimos parcialmente el objeto, la lectura del dinamómetro dependerá de la fracción del objeto que estemos sumergiendo.

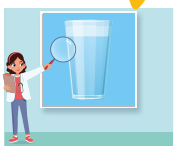
Ahora consideremos la situación mostrada en la figura de la esquina inferior derecha. Inicialmente, se mide la masa de un vaso con cierta cantidad de un líquido, podría ser agua. Luego, introducimos parcialmente un objeto de forma cilíndrica, la fracción sumergida la identificaremos como x.

Si observamos con atención, hay un volumen desplazado y la lectura de la medida de la masa ha cambiado, si siguiéramos introduciendo el objeto aumentarían las magnitudes antes mencionadas.

Para este caso, llamaremos a la medida de la masa del sistema vaso + líquido + fracción del objeto sumergido como masa aparente (M_{ap}), la M_{ap} dependerá de la fracción (x) que se sumerja del objeto; por ello, la identificaremos como $M_{ap}(x)$. También, identificaremos con variables las otras masas involucradas; la masa del vaso, como M_v; la masa del líquido, como M_l; y la masa de la fracción del objeto, como M_o.

En el libro de sexto grado encontré que la densidad (ρ) de un fluido relaciona su masa (m) y volumen (V), su fórmula es la siguiente:

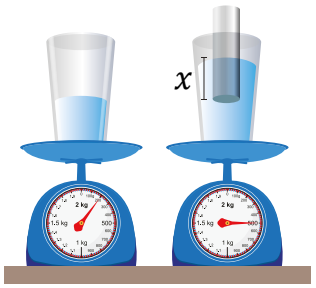
$$\rho = \frac{m}{V}$$



Notación...

La densidad se expresa con las siguientes unidades:

$\frac{kg}{m^3}$ $\frac{g}{cm^3}$



25 min

Retome la *actividad A*, específicamente con la fuerza de empuje, mencione que la dependencia de la densidad hace que las medidas de los dinamómetros sean diferentes.

Variante

Si posee dinamómetros, puede realizar de manera demostrativa la experiencia usando una vela n.° 4 como cilindro.

Posible dificultad

Identificar la masa aparente de forma directa y no considerarla como dependencia de la fracción del cilindro sumergido.

Variante

Puede colocar un vaso con agua sobre una balanza y sumergir poco a poco la vela que uso anteriormente, para notar que hay dependencia entre el peso aparente con la cantidad de la vela sumergida.

- Mencione que a diferencia de la figura en la introducción, ahora se utiliza una balanza, por ello las expresiones indican la masa de los objetos involucrados.
- Como apoyo escriba en la pizarra, cómo se nombrará a la masa usando subíndices para saber a qué objeto corresponde.

Considere que la identificación de las variables que utilizaron en la *actividad B*, serán las mismas que usarán durante la *actividad C*, por ello, es necesario que las tenga identificadas en la pizarra para facilitar el desarrollo de la experiencia. Por otra parte, haga énfasis en que la masa aparente es la que mide la balanza con todos los objetos incluidos y tiene dependencia de la cantidad del cilindro que se sumerge, por ello se expresa como $\mathrm{M_{ap}}\,(\mathrm{x})$. Se sugiere que la experiencia la desarrollen en equipos de cuatro estudiantes.

- Guíe a los estudiantes de cómo pueden obtener la expresión, realizando la dinámica de preguntar por los objetos que están sobre la balanza. La suma de la masa de los diferentes objetos es la medida que se debe obtener
- Haga énfasis que a medida que la fracción sumergida del cilindro es diferente, cambiará la masa aparente.

Recuerdo que el volumen de un cilindro es el producto de la constante pi (π) por el radio elevado al cuadrado (r^2) por la altura (h).



135 min

- Realice previamente la actividad para que se facilite el desarrollo de esta durante la jornada.
- Tome en cuenta que puede utilizar cualquiera de los líquidos sugeridos.
- Recuerde, que como es un experimento donde medirán y calcularán magnitudes, es necesario ir determinando el error de cada medida directa y cada cálculo que se realice. Para realizar cálculos con errores, al final de la etapa de *Comunicación* encontrará expresiones que le serán de utilidad.







Tomando en cuenta lo anterior, resuelve lo siguiente:

a. Escribe una expresión (ecuación) utilizando variables que relacionen la masa aparente con las del líquido, el vaso y el objeto.
b. Considera la expresión obtenida en el literal a y sustituye la masa del vaso con la del líquido como una sola variable ($M = M_l + M_o$). Luego, coloca la masa del objeto en función de la densidad (ρ) y el volumen de la fracción (x) del cilindro sumergido. Para terminar, escribe M_{ap} como una dependencia de la fracción sumergida del objeto [$M_{ap}(x)$].
c. ¿Por qué cambia el nivel del líquido a medida que se sumerge el cilindro?

Hasta este momento, hemos demostrado la relación que existe entre la masa aparente y el volumen sumergido de un cilindro sólido en un líquido. Ahora podemos desarrollar un experimento para deducir de manera experimental como se relaciona la masa aparente con el volumen sumergido de un objeto sólido en forma cilíndrica. Para lograrlo, realicemos la siguiente actividad.

C. Relacionando la masa aparente y el volumen sumergido de un objeto

En la actividad anterior, demostramos de manera analítica cómo se relacionan la masa aparente y el volumen del fluido desplazado. Ahora, verificaremos esto experimentalmente.

Materiales:

- Vaso transparente
- Vela n.° 4
- Argolla cerrada de $8\,mm \times 28\,mm$
- Hilo para costura
- Cinta adhesiva
- Cuchillo plástico
- Tijeras
- Marcador permanente
- Soporte universal
- Varilla metálica
- Nuez doble
- Balanza
- Regla de $30\,cm$
- Cinta métrica de $150\,cm$
- Calibrador vernier
- Líquido (agua, agua con sal, aceite o refresco)

Procedimiento:

1. Realiza un corte transversal con el cuchillo a la parte superior de la vela, procurando formar un cilindro (sólido de revolución).
2. Identifica como cara superior del cilindro a la parte cortada e inserta la argolla al centro de ella.
3. Fija la cinta métrica o regla de manera longitudinal sobre el cilindro, marca diferentes escalas desde la base hasta la parte superior, utiliza una separación aproximada de $0.50\,cm$.
4. Utiliza el calibrador vernier para medir el diámetro del cilindro. Luego, vuelve a medir el diámetro utilizando la regla o la cinta métrica.
   a. Anota las medidas obtenidas del diámetro con su error.
5. Toma alrededor de $1\,m$ de hilo y enrolla una parte cerca de un extremo de la varilla metálica. Procura que aproximadamente $10\,cm$ de hilo queden libres, acopla la varilla con la nuez doble al soporte universal.

12

Variantes

- Si no tienen una vela n°. 4, cualquier objeto en forma cilíndrica les servirá, siempre y cuando se sumerja en el líquido que utilizarán.
- Si no tiene calibrador vernier, puede calcular el diámetro mediante la longitud de arco, enrollando en forma circular un trozo de hilo en la vela.

Haga énfasis en el desarrollo de la *actividad C*, dado que los resultados que obtengan los utilizará en la siguiente etapa. Si fuese necesario usted podría realizar una demostración del montaje experimental y de la toma de medidas.

6. Sujeta la argolla del cilindro al hilo que quedó libre en la varilla; luego, afloja un poco la nuez doble para enrollar y desenrollar el hilo girando la varilla para que el cilindro pueda subir y bajar.
7. Coloca la balanza y el vaso sobre la base del soporte universal, procura que la base del cilindro se ubique alrededor de $2\ cm$ sobre el centro de la parte superior del vaso.
8. Vierte líquido al vaso, procura no llenarlo ni derramar sobre la balanza, completa hasta alcanzar aproximadamente 3/4 de su capacidad.
   b. Mide la masa del sistema y anota su valor con su respectivo error. p. 7
9. Introduce el cilindro desenrollando el hilo, haciendo que coincida la primera marca ($0.50\ cm$) en la interfaz líquido-aire, toma la medida de M_{ap}. Repite el proceso para las otras marcas. Evita que el cilindro interaccione con el fondo del vaso y sus paredes.





   c. Anota los valores de M_{ap} y profundidad (x).
   d. Cuando termines de medir, observa el sistema y encuentra una expresión para la fuerza de empuje que el líquido realiza sobre el cilindro. Usa la expresión del radio en función del diámetro (D).

Por lo general, cuando realizamos un experimento, debemos optimizar la manipulación entre magnitudes para minimizar la propagación del error en las diferentes operaciones efectuadas, por ejemplo, si tomamos la relación $M_{ap}(x)$ que encontramos en el desarrollo de la *actividad B*:

$$M_{ap}(x) = M + \pi r^2 \rho x \qquad 1.1$$

Si observamos las variables en la ecuación 1.1, durante la *actividad C* medimos de manera directa la masa aparente $[M_{ap}(x)]$ en función de la fracción del cilindro sumergido, la masa inicial (M) del vaso con el líquido, la longitud (x) de la fracción del cilindro sumergido y el diámetro (D) del cilindro, sin embargo, para el análisis experimental es conveniente sustituir D por el radio (r) del cilindro, recordando la siguiente relación:

$$D = 2r \qquad 1.2$$

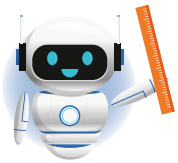
Si sustituimos la expresión del radio en la ecuación 1.1 obtendremos:

$$M_{ap}(x) = M + \tfrac{1}{4}\pi D^2 \rho x \qquad 1.3$$

La ecuación 1.3 nos servirá en el desarrollo de la siguiente etapa.




El error en una medida directa, cuando se usa un instrumento de medida analógico, es la mitad de la menor división del instrumento.



Semana 1 13

Variantes

- Puede sustituir la argolla por clips, tachuelas o alfileres, solo debe tener precaución para que el cilindro quede bien sujeto al momento de colgar en el hilo.
- Siéntase libre, si está en sus posibilidades, de colocar colorante al agua, para facilitar el contraste al momento de que los estudiantes tomen las medidas.

- Haga énfasis en que tome las medidas por cada marca $(0.50\ \text{cm})$ y de manera simultánea completen la tabla que aparece en la página 7 del Cuaderno de Trabajo.
- Deduzca, a partir de la expresión obtenida en la *actividad B*, otra expresión que considere el diámetro del cilindro en sustitución del radio.

La expresión 1.3, es la que utilizarán los estudiantes en la etapa de *Comunicación*, colóquela en la pizarra para que los estudiantes la tengan de referencia. De ser posible señale las magnitudes que han estado midiendo durante el desarrollo de la *actividad C*.

Comunicación

En esta etapa, considerando los resultados que los estudiantes obtuvieron durante las *actividades B* y *C*, presentarán sus resultados experimentales considerando el error en las medidas realizadas, además, calcularán la densidad del líquido que utilizaron durante el desarrollo de la *actividad C.*

- Verifique que los estudiantes utilicen el Cuaderno de Trabajo a medida avanzan las indicaciones.
- Haga énfasis en que utilizarán los datos (pares ordenados) de la tabla que completaron en la *actividad C.*

Posible dificultad

Si tienen confusión sobre la elección del tipo de variable (independiente o dependiente), mencione que la independiente sería la profundidad (x) y la masa aparente (M_{ap}) la dependiente.

Tratamiento del error

Al colocar los puntos hay que considerar, además del punto, el error de la medida o cálculo, por ello se le pondrán barras (en forma de cruz) a cada punto, cuya longitud deberá de ser similar al del error. Puede colocar un punto en la pizarra para explicar cómo tendrán que colocar dichas barras

45 min

Cuando elaboro un gráfico uso el primer cuadrante de un plano cartesiano, considerando una escala adecuada en cada eje.



Yo coloco los puntos experimentales con su error.



Comunicación

Al desarrollar las actividades anteriores, notamos tanto de manera teórica como experimental que existe una proporción directa entre la masa aparente y la fracción sumergida de un sólido en un líquido; lo cual es consecuencia del principio de Arquímedes. Ahora, discutiremos y pondremos en práctica los resultados obtenidos en las *actividades B* y *C* para calcular la densidad del fluido utilizado durante esta última actividad.

D. Determinando la densidad de un fluido

Para determinar la densidad de un líquido, usualmente medimos su masa y volumen, pero ¿qué pasa si no tenemos un instrumento para medir el volumen? Aplicando el principio de Arquímedes podríamos calcular y reportar la densidad de un líquido.

Materiales:

- Regla de 30 cm, transparente
- Calculadora

Procedimiento:

1. Sigue los pasos para graficar los resultados obtenidos en la *actividad C*:
   a. Elabora el primer cuadrante de un plano cartesiano. Coloca nombre y unidades a los ejes de coordenadas, referente a las magnitudes medidas: masa aparente (M_{ap}) y longitud de la fracción del cilindro sumergido (x).
   b. Elije una escala adecuada para cada uno de los ejes de coordenadas, recuerda que las medidas son acompañadas por un error.
   c. Ubica los pares ordenados de los resultados obtenidos.
   d. Coloca barras de error a cada punto y observa su tendencia.
   e. Nombra el gráfico obtenido en la parte superior del cuadrante.
   f. Usa la regla y traza una línea que pase por la mayoría de los puntos (o su barra de error).
   g. De la línea que trazaste, fija dos puntos distantes, fáciles de identificar en la escala que estableciste.
2. Calcula la pendiente con su error, siguiendo los pasos:
   h. Identifica los puntos como pares ordenados (x_1, M_{ap1}) y (x_2, M_{ap2}), con ello, puedes calcular la siguiente relación:

$$a = \frac{M_{ap2} - M_{ap1}}{x_2 - x_1} \qquad 1.4$$

   Donde a, representa la pendiente de la línea recta que comprende los pares ordenados.
   i. Calcula la pendiente de la gráfica, utilizando los puntos fijados.
   j. Utiliza las ecuaciones para el cálculo del error que se encuentran al final de esta etapa y calcula el error de la pendiente.
   k. Identifica la ordenada al origen y escribe la ecuación de la recta que representa la gráfica.
3. Identifica los elementos de la ecuación de la recta con los de la expresión teórica obtenida al final de la *actividad C* y realiza lo siguiente:

14

Variante

Puede solicitar a los estudiantes que elaboren la gráfica en una hoja de cálculo o utilizando un lenguaje de programación como *Python*, así se aprovecha las competencias adquiridas en otras asignaturas.

Durante el desarrollo de la lección, los estudiantes realizaron varios cálculos referentes al cálculo del error, por ello al finalizar se coloca un resumen sobre expresiones matemáticas que le permitan calcular el error de diferentes operaciones, la mayoría de las cuales realizaron a lo largo de la lección.

l. Iguala la pendiente (a) obtenida con la expresión teórica correspondiente:

$$a = \frac{1}{4}\pi D^2 \rho \qquad 1.5$$

m. Calcula la densidad del líquido con su respectivo error.

4. Compara tus resultados con los de tus compañeros.
5. Discute con tus compañeros lo siguiente: si la pendiente de la gráfica fuese mayor, ¿qué pasaría con la densidad?
6. Tu docente te indicará que expliques a tus compañeros cómo obtendrías el diámetro del cilindro si el fluido en estudio fuese agua con una densidad de $1\,000\ kg/m^3$, y la pendiente fuese similar a la obtenida en tus resultados.

El cálculo de la densidad se realiza a partir del análisis gráfico, esto se puede implementar fácilmente para otros líquidos. Notemos que utilizamos el principio de Arquímedes, y aprovechando la relación de las magnitudes involucradas fue posible implementar un método para el cálculo de la densidad en un fluido.

Ecuaciones para el cálculo del error

Cuando realizamos una medida con un instrumento analógico, consideramos el error o la incertidumbre como la mitad de la menor medida que podemos tomar, por ejemplo, cuando medimos la masa con una báscula de baño como la imagen de la derecha, observamos que la medida se encuentra entre $58\ kg$ y $59\ kg$, observando el instrumento notamos que la medida menor que podemos medir es $1\ kg$; por lo tanto, la forma correcta de reportar la masa sería:

$$(58.5 \pm 0.5)\ kg$$

El error se propaga a medida que realizamos diferentes operaciones, por ejemplo, si a la medida de la masa anterior queremos calcularle el peso, se debe multiplicar por el valor de la aceleración de la gravedad, para ello, tomamos el valor constante $g = 9.8\ m/s^2$ y el peso sería:

$$(573.3 \pm 49.0)\ N$$

Como observamos, la constante de la aceleración de la gravedad multiplica tanto a la medida como al error, en general, una medida con su error se representa como:

$$a \pm \Delta a \qquad 1.6$$

Donde a representa la medida y Δa el error, si multiplicamos la medida con su error por una constante c, obtendríamos:

$$ca \pm c\Delta a \qquad 1.7$$

En ocasiones, es necesario sumar, restar, multiplicar o dividir dos magnitudes que se miden de manera directa, representamos una de ellas como $a \pm \Delta a$ y otra como $b \pm \Delta b$, el valor del error dependiendo de la operación, se obtendría de la siguiente manera:

Tipo de operación	Cálculo de la magnitud	Cálculo del error
Suma	$a + b$	$\Delta a + \Delta b$
Resta	$a - b$	$\Delta a + \Delta b$
Multiplicación	ab	$a\Delta b + b\Delta a$
División	$\frac{a}{b}$	$\frac{a\Delta b + b\Delta a}{b^2}$



Los submarinos tienen depósitos que se llenan de agua o aire, variando la fuerza resultante entre peso y empuje, para flotar, sumergir o emerger.



- Luego de calcular la pendiente, puede hacer la analogía de la ecuación 1.3 a una función lineal.
- En la ecuación 1.5, deberán de despejar la variable ρ, puede hacerlo en la pizarra o solicitar a un voluntario para que lo realice.

Posible dificultad

Para el cálculo del error haga énfasis en que las magnitudes se operan como normalmente se ha realizado en niveles anteriores, con el error es de seguir lo indicado en la tercera columna de la tabla que se encuentra al final del Libro de Texto.

Variante

Puede elaborar una hoja de cálculo o un *script* en *Python* que le permita calcular el error de las magnitudes de interés.

Cuando los estudiantes socialicen y comparen sus resultados con otros, haga énfasis que el cálculo de la densidad pueden hacerlo utilizando el principio de Arquímedes y algunos desarrollos matemáticos que se encuentran al nivel de los estudiantes. Sin embargo, la interpretación de los resultados agregando el cálculo del error, es de suma importancia para el desarrollo académico al momento de presentar resultados experimentales.

En la etapa de indagación se pretende que realice une evaluación formativa, dado que es probable que ciertos saberes previos el estudiantado deberá recordarlos, como la elaboración de un cuerpo libre, y para el caso de la *actividad A* en particular es de considerar que las fuerzas que interactúan sobre el objeto son verticales.

- Realice el diagrama de cuerpo libre en la pizarra, donde se encuentra Luis sosteniéndose de una soga.
- Para las condiciones de equilibrio realice las sumatorias de fuerzas, para el caso sería tensión y peso. Una de las formas de como realizarlo es la siguiente:

$$\sum F_y = 0$$
$$\underrightarrow{F_t} - \underrightarrow{F_g} = 0$$
$$\underrightarrow{F_t} = \underrightarrow{F_g}$$

- Como el objeto no rota no se considera el torque.

- Las fuerzas que interactúan con el objeto serían la fuerza de tensión que sería equivalente a la medida del dinamómetro, el peso y la fuerza de empuje.
- Para calcular la masa del líquido desalojado partir de su peso $F_{gl} = m_l g$, F_{gl} sería la medida del peso que se muestra en el tercer dinamómetro, además, sustituya $m_l = \rho V$.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

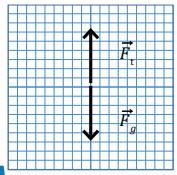
Recordemos primero cómo se elabora un diagrama de cuerpo libre.



Cuando realizas un diagrama de cuerpo libre, recuerda identificar las fuerzas que interactúan. Por ejemplo, cuando te subes a una cuerda y te mantienes en equilibrio.



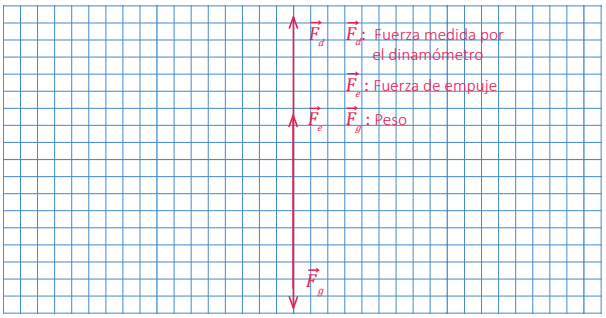
Las fuerzas que interactúan serían tu peso ($\vec{F}_g$) y la tensión ($\vec{F}_t$). Puedes colocar esto en un sistema de coordenadas.



Principio de Arquímedes

A. Calculando el volumen desplazado

1. Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que interactúan en el objeto sólido cuando se encuentra sumergido en el fluido.



2. Establece las condiciones de equilibrio y realiza una sumatoria de las fuerzas que interactúan con el objeto; luego, considera que el fluido es agua ($\rho = 1\,000\ kg/m^3$) y calcula el volumen del objeto. Por último, escribe la masa del líquido desalojado en función de su densidad.

$$\sum \tau = 0$$
$$\sum F_y = 0$$
$$F_d + F_e - F_g = 0$$
$$F_e = F_g - F_d$$
$$F_e = m_e g$$
$$F_e = \rho_e V_e g$$
$$F_e = \rho V g$$
$$F_e = 1\ N$$
$$\rho V g = F_e$$
$$V = \frac{F_e}{\rho g}$$
$$V = \frac{1\ N}{(1\,000\ kg/m^3)\,(9.8\ m/s^2)}$$
$$V = 1.02 \times 10^{-4}\ m^3 \approx 102\ ml$$

p. 11

Recuerde que las *actividades B* y *C*, se trabajarán con variables similares, nombrarlas e identificarlas en la pizarra será beneficioso para aclarar las dudas que vayan surgiendo. Por otra parte, para el cálculo del volumen de un cilindro copie en la pizarra la fórmula que se utilizará.

Cuaderno de Trabajo

Creatividad



Unidad 1

B. Buscando el peso aparente

a. Expresión que relaciona la M_{ap}.

$$M_{ap} = M_v + M_l + M_o$$

b. Deduce y escribe la expresión $M_{ap}(x)$.

$$M_{ap} = M + M_o$$
$$M_{ap} = M + \rho V$$
$$M_{ap}(x) = M + \pi r^2 x \rho$$

c. ¿Por qué cambia el nivel de agua a medida que se sumerge el cilindro?

Porque el volumen que ocupa el cilindro es el desalojado por el agua.

p. 12

C. Relacionando la masa aparente y el volumen sumergido de un objeto

a. Medidas del diámetro (D) del cilindro con su error.

b. Medidas de la M_{ap} del sistema (vaso-líquido) con su error.

c. Completa la tabla con las medidas de profundidad (x) del cilindro y de la M_{ap}. Considera la medida de profundidad 0.00 cm corresponde al valor de la M_{ap} registrado en b.

$x(cm)$											
$M_{ap}(g)$											
(x, M_{ap})											

d. Encuentra una expresión para la fuerza de empuje que el líquido realiza sobre el cilindro. Usa la expresión del radio en función del diámetro (D).

E: Fuerza de empuje

$$E = \rho V g$$

$$E = \frac{1}{4}\pi D^2 x \rho g$$

p. 13

7

Criterios de evaluación

- Plantea la masa que mide la balanza (masa aparente) como la suma de las masas del vaso, el líquido y la fracción del cilindro sumergido.
- Deduce la expresión de la masa aparente en función de la fracción del cilindro sumergido.

Criterios de evaluación

- Toma medidas con instrumentos analógicos considerando el error.
- Registra las magnitudes considerando las unidades de medida apropiadas.
- Encuentra una expresión para la fuerza de empuje que dependa de la profundidad (x) del cilindro.

Si observa dudas al momento de tomar adecuadamente las medidas, realice una tabla donde indique las magnitudes y complete la primera medida, procure enfatizar en las unidades de medida que se utilizarán durante la toma, así como la obtención del error cuando se usa instrumentos de medida analógicos.

Para finalizar la lección, se usarán los resultados obtenidos en las *actividades B* y *C*, con ello, los estudiantes podrán calcular la densidad del líquido que han utilizado por medio de un análisis gráfico, así como también el error asociado al cálculo que realizarán.

Criterios de evaluación

- Selecciona una escala adecuada para colocar los pares ordenados obtenidos en la tabla de la *actividad C*.
- Coloca los pares ordenados junto a su barra de error.
- Traza una línea de tendencia que pase por todos los puntos o barras de error.
- Selecciona dos pares ordenados para calcular la pendiente.
- Presenta el valor de la pendiente junto a su error
- Realiza el cálculo de la densidad del líquido junto a su respectivo error.

Cuaderno de Trabajo

Comunicación

D. Determinando la densidad de un fluido

1. Gráfico de los resultados de la *actividad C* con su línea de tendencia.

2. Pendiente del gráfico con su error y ecuación de la recta correspondiente.

3. Calcula la densidad del líquido con su respectivo error.

p. 15

8

Promueva que socialicen los resultados finales de la lección si el resultado de la densidad es demasiado diferente entre equipos de trabajo que generen una discusión al respecto. Posteriormente, pueden centrarse en los resultados del error calculado.

Semana 2 Principio de Pascal

Contenido

Principio de Pascal
- Aplicaciones de la prensa hidráulica
- Principio de multiplicación de fuerzas en la prensa hidráulica

Teorema fundamental de la hidrostática
- Líquido en equilibrio, profundidad y densidad de un líquido

Indicadores de logro

1.4. Comprueba experimentalmente el principio de Pascal a partir de datos de variación de presión en una prensa hidráulica.
1.5. Explica el efecto del principio de multiplicación de fuerzas a partir de las áreas de los pistones de la prensa hidráulica.
1.6. Resuelve problemas empleando las leyes de la hidrostática.



Preparaciones de la semana

B. Construyendo una prensa hidráulica

- Verifique los materiales que posee en el centro educativo, en el caso de aquellos que no tenga en existencia solicite a los estudiantes que los lleven por equipo de trabajo.

C. Resolviendo problemas de hidrostática

- Los estudiantes deberán de tener a disposición una calculadora.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

En esta semana, se pretende que se verifique el principio de Pascal, mediante la medición de cambios de presión en una prensa hidráulica y cómo la superficie de los pistones influye en la amplificación de fuerzas. Para finalizar, se resolverán ejercicios prácticos utilizando las ecuaciones de la hidrostática.

- Inicie con la lectura de la etapa de *Indagación*, sobre cómo levantar objetos pesados sin que esto implique mayor esfuerzo.
- Luego mencione que el elevador hidráulico sirve para elevar carros sin mayor esfuerzo, basándose en el principio de Pascal.

- Observe la figura, donde se aplica presión a un extremo, es el comportamiento básico de un elevador hidráulico.
- Explique que el principio de Pascal se basa en que la presión aplicada a un fluido encerrado será similar en todo el recipiente que lo contiene, Plantee los puntos de interés donde se aplica la presión y colocar en cada uno la expresión que menciona Nico.

25 min

Indagación

Principio de Pascal

Al levantar un objeto, aplicamos una fuerza mayor que su peso, pero si el peso es mucho mayor a la fuerza aplicada, se nos complicará mucho levantarlo directamente. Si nos encontramos en una situación como la anterior, podemos utilizar ciertos dispositivos que nos permitan aplicar una fuerza que, aun siendo menor al peso, es capaz de levantar los objetos, entre dichos dispositivos encontramos al elevador hidráulico, el cual, se basa en la relación de presiones que establece el principio de Pascal. Empleando este principio, conseguimos multiplicar la fuerza que aplicamos en un elevador hidráulico.

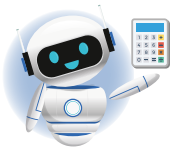
¿Cómo puedo calcular la presión que una fuerza ejerce sobre una superficie?





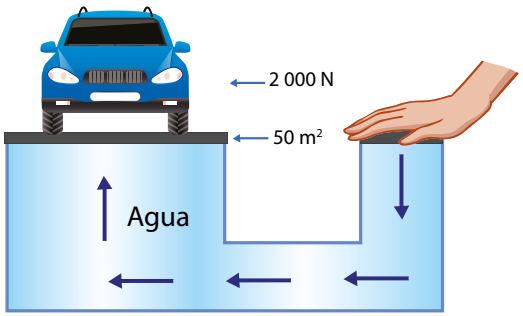
La presión (P) para una fuerza (F) que actúa de manera perpendicular a una superficie (A), se calcula dividiendo la magnitud de la fuerza por la superficie o área.

$$P = \frac{F}{A}$$



A. Calculando la fuerza aplicada a un elevador

Si empleamos el principio de Pascal, podemos encontrar la fuerza que debemos aplicar para levantar un objeto con un peso mayor, usando un elevador hidráulico. Para determinar la fuerza aplicada podemos auxiliarnos de un esquema de elevador hidráulico como el siguiente:



Considera que la plataforma del elevador donde aplicas la fuerza es circular y posee un diámetro de $10\ cm$, con los datos proporcionados calcula lo siguiente:

1. El área donde se aplicará la fuerza que elevará el carro.
2. La presión que el carro ejerce sobre la plataforma.
3. La fuerza que se aplica para elevar el carro.

p. 9

16

Variante

Puede auxiliarse de un video o un simulador al momento de mencionar el principio de Pascal, incluso de utensilios de uso diario como una pasta de dientes o un recipiente con varios agujeros.

Creatividad

Tome de referencia la *actividad A*, si bien, los estudiantes asumieron que las presiones en las plataformas serían las mismas, ahora lo demostraran de manera experimental, elaborando y poniendo a prueba una prensa hidráulica. El trabajo en equipo será fundamental para el desarrollo de la *actividad B*.

Creatividad

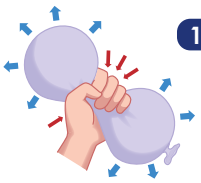
Si ejercemos presión en la parte externa de un recipiente cerrado, fácilmente deformable y con líquido adentro, esta se distribuirá en igual magnitud en las paredes internas. Dependiendo de la forma del recipiente o del espacio donde se encuentre encerrado el fluido. La relación entre las magnitudes de presión, fuerza y superficie puede ayudarnos para construir prensas hidráulicas como elevadores, que nos pueden servir para levantar objetos pesados y demostrar el principio de Pascal.

Unidad 1

110 min

B. Construyendo una prensa hidráulica

La prensa hidráulica se basa en el principio de Pascal, por lo general posee dos pistones con superficies diferentes sobre un fluido. Una de sus ventajas es que, si se aplica una fuerza sobre el pistón de menor superficie, esta se multiplica a razón de las superficies, para corroborar lo anterior construiremos una prensa hidráulica.



Materiales:

- Jeringa de $10\ ml$
- Jeringa de $60\ ml$
- Regla de $30\ cm$
- Calibrador vernier
- Manguera de $50\ cm$ de longitud y $3.18\ cm$ de diámetro
- Balanza
- Pistola para silicón
- Barra de silicón termoadhesiva
- Colorante comestible
- Agua
- Plato hondo
- Removedor o cuchara
- Papel toalla
- 20 monedas de $ 0.05
- Cinta tapagoteras
- Plastilina
- Compás
- Cúter
- Caja con forma de paralelepípedo rectangular



Procedimiento:

1. Vierte agua en el plato hondo, agrega colorante y remueve hasta que el color sea uniforme.
2. Usa la jeringa de $60\ ml$ y toma aproximadamente $40\ ml$ de agua coloreada, evita que quede aire dentro de la jeringa.
3. Acopla la manguera en el pivote de la jeringa. Coloca silicón o plastilina para evitar fugas de agua.
4. Llena la manguera de agua coloreada, procurando que no quede aire. Puedes auxiliarte de la jeringa de $10\ ml$ para completar el llenado.
5. Llena completamente la jeringa de $10\ ml$ con agua y acopla al otro extremo de la manguera, de manera similar al *paso 3*.
6. Si observas fugas, puedes utilizar cortes de cinta tapagoteras o utilizar plastilina para corregirlas.
7. Verifica que tu sistema (prensa hidráulica) posea agua solo dentro las jeringas y manguera.
8. Aplica una fuerza sobre el apoyo del émbolo de la jeringa de $10\ ml$; luego, hala hasta llevarlo a la posición original.
   a. Anota lo que observas cuando aplicas la fuerza.

p. 10





- Inicie con la comparación de la solución de la *actividad A*, ahora comprobarán el modelo de la prensa hidráulica elaborando su propio prototipo.
- Motive a los estudiantes a comprobar lo que está escrito al inicio de la etapa. Además, de comprobar el principio de Pascal que mencionó durante el desarrollo de la *actividad A*.

- Procure que los equipos de trabajo colaboren continuamente, dado que manipularán muchos materiales y deberán estar atentos en todo el desarrollo de la actividad.
- Cuando verifiquen la prensa hidráulica, corrobore que no presenta ninguna fuga de líquido, de tenerla comunique a los estudiantes que coloquen plastilina para evitarla.
- Vuelva a verificar si encuentra fuga cuando se aplica la fuerza sobre uno de los émbolos.

Variante

La actividad puede desarrollarse con otro tipo de jeringa, solo procure que sean de diferente capacidad las que utilizarán los estudiantes.

Para finalizar con la actividad, después de verificar que la prensa hidráulica no tenga fugas de líquido, se dejará fija, para manipularla con masas conocidas y corroborar que se cumple el principio de Pascal, realizando varias pruebas que permitan obtener una relación directa entre las masas colocadas en los émbolos. El principio de Pascal lo podrá encontrar textualmente en la intervención de Lisa.

- Indique a los estudiantes que es necesario medir el diámetro externo del tubo de las jeringas, posteriormente elaborarán agujeros en la caja de cartón con diámetros internos más pequeños para logar que las jeringas queden ajustadas.
- Mida las masas de las monedas, tanto de forma individual como por grupos (2, 3, 4, …,20).

Variante

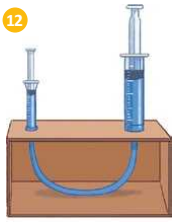
Puede utilizar otras masas, pero, en ese caso procure que queden reposadas sobre los émbolos y que le permitan medir combinaciones de masas.

- Haga énfasis en seguir de manera ordenada los pasos 14 y 15.
- Mencione que los registros de las diferentes masas, los tienen que colocar en la tabla que aparece en el Cuaderno de Trabajo.

9. Mide el diámetro externo del tubo de cada jeringa.
10. Retira una de las caras de mayor superficie de la caja.
11. Sobre una de las caras de superficie intermedia de la caja haz dos agujeros, separados por $20\ cm$. Ten en cuenta que los agujeros deben tener diámetros similares a los de los tubos.
12. Acopla las jeringas a los agujeros. Usa cinta tapagoteras para que quede ajustado y evitar que se muevan. Verifica que los apoyos de los émbolos puedan moverse libremente.
13. Mide la masa de cada moneda y verifica que sean similares.









El principio de Pascal establece que, si tienes un recipiente cerrado totalmente y lleno de un fluido, y ejerces una presión sobre él, esta se transmite similar a todas las partes del fluido y paredes del recipiente.



14. Realiza pruebas para equilibrar fuerzas en la prensa hidráulica, colocando diferentes cantidades de monedas en cada apoyo de los émbolos.
15. Hala el apoyo del émbolo de la jeringa de $10\ ml$ hasta que el pistón marque $10\ ml$; luego, coloca diferentes monedas sobre los apoyos de los émbolos y realiza lo siguiente:
    b. Registra en una tabla la masa que colocas en cada uno de los émbolos para mantener la prensa hidráulica en equilibrio. Procura tener por lo menos 10 puntos.
    c. Grafica los datos obtenidos en el *literal b*, considera la variable independiente (m_1) a las masas colocadas sobre el apoyo del émbolo de la jeringa de $10\ ml$.
    d. Traza una línea recta que coincida con la mayoría de los puntos o su barra de error.
    e. Calcula la pendiente de la línea recta que trazaste anteriormente y apunta el resultado a la derecha de la gráfica.
    f. ¿Qué representa la pendiente que calculaste?
16. Calcula el área de los apoyos de los émbolos; luego, divide el área que obtuviste del émbolo menor por el mayor.
17. Compara el resultado obtenido en la división realizada en el *paso 16* con la pendiente que calculaste en el *literal e*.
18. Cambia las masas en ambos apoyos de los émbolos para que el pistón de la jeringa de $60\ ml$ se mueva, y verifica si la energía se conserva en el sistema.

p. 10

Hemos elaborado una prensa hidráulica, donde comprobamos cómo se puede multiplicar una fuerza aplicada. Como pudiste observar, el cálculo de presiones se realizó con objetos sólidos, sin embargo, también se puede calcular la presión en fluidos. Revisemos cómo se hace.

18

Posible dificultad

Es probable que los estudiantes se confundan cuando tracen el gráfico, por ello apóyelos a definir las variables, similar a lo realizado en la *actividad D* de la semana anterior. También, puede efectuar una tendencia de la gráfica en la pizarra.

En las *actividades A* y *B*, la presión se calculó cuando un objeto sólido incidía sobre una superficie. Si embargo, los fluidos ejercen presión sobre la superficie o las paredes de los recipientes que los contienen. Por ello, es de suma importancia desarrollar un modelo teórico para corroborar el comportamiento de la presión hidrostática y absoluta, el cual se especifica en la sección *Así se hace...*

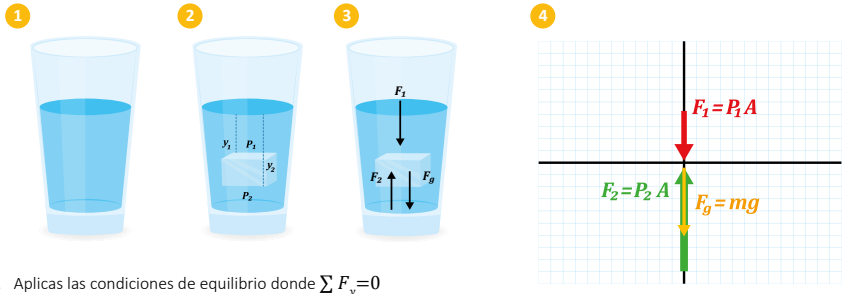
Así se hace...

Presión hidrostática y absoluta

Si colocamos agua en un vaso hasta un cuarto de su capacidad, esta ejerce cierta presión en todas las paredes del vaso, pero si nos centramos en el fondo y agregamos más agua hasta la mitad de la capacidad total, la presión en el fondo del vaso será diferente. De forma similar, si introducimos un objeto que quede a la mitad del agua y luego lo colocamos al fondo, la presión que perciba el objeto debido al agua sería diferente.

La presión que ejerce un líquido sobre un objeto se denomina **presión hidrostática** y cambia dependiendo de la profundidad a la que se encuentre el objeto dentro del líquido. La relación entre la presión de un líquido a cierta profundidad se puede demostrar de la siguiente manera:

1. Imagina un recipiente que contenga un líquido.
2. Dibuja un paralelepípedo rectangular aproximadamente al centro del recipiente, señalando las profundidades de las caras superior (y_1) e inferior (y_2), con sus respectivas presiones P_1 y P_2.
3. Sobre las caras superior e inferior del paralelepípedo, coloca las fuerzas que interaccionan sobre él, que serían el peso (F_g) y la presión superior (F_1) e inferior (F_2).
4. Elabora un diagrama de cuerpo libre, incluyendo solo las fuerzas verticales. Considera que las caras señaladas del paralelepípedo poseen una superficie (A) y las fuerzas interaccionan en un punto de origen.



5. Aplicas las condiciones de equilibrio donde $\sum F_y = 0$

$$P_2A - P_1A - mg = 0 \qquad 1.8$$

Si representas la masa en función de la densidad del paralelepípedo, tendrías la siguiente expresión:

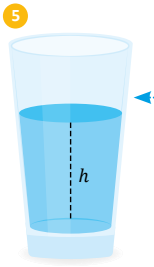
$$P_2A - P_1A - \rho Vg = 0 \qquad 1.9$$

Sustituimos el volumen por el área (A) multiplicada por la altura del paralelepípedo, que sería la diferencia de las profundidades ($y_2 - y_1$).

$$P_2A - P_1A - \rho A\,(y_2 - y_1)g = 0 \qquad 1.10$$

Simplificamos A y despejamos P_2.

$$P_2 = P_1 + \rho g(y_2 - y_1) \qquad 1.11$$



Ahora bien, si reducimos la profundidad y_1 hasta el inicio del nivel de agua y y_2 como una sola profundidad h, la presión que actúa en el inicio del nivel de agua sería la atmosférica representada como P_0, la presión hidrostática sería ρgh y P la presión absoluta.

$$P = P_0 + \rho gh \qquad 1.12$$

- Use la pizarra o elabore una presentación donde estén las guías esquemáticas o lleve un recipiente transparente para que le sirva de apoyo.
- Señale el bloque, en forma de paralelepípedo, dentro del fluido que se analizará.
- Coloque las fuerzas involucradas en el paralelepípedo y elabore el diagrama de cuerpo libre.

Posible dificultad

Si los estudiantes tienen inconvenientes al realizar el diagrama de cuerpo libre, mencione que en en la cara inferior y en las superiores el bloque recibe fuerzas debido a la presión del fluido, por ello se sustituirá por el producto de la presión y la superficie.

Haga énfasis en que la sumatoria de las fuerzas serían solo las componentes verticales, dado que las horizontales se anulan.

- Como se trabaja con un fluido, es conveniente trabajar con la densidad, sustituyendo la masa en función de ella.
- Finalice con la obtención de la expresión 1.12, tomando las consideraciones escritas en el paso 5.

Comunicación

En la sección *Así se hace…* pudo corroborar cómo obtener la expresión para la presión hidrostática y absoluta, dicha deducción es de suma utilidad para resolver problemas de hidrostática de forma teórica, podrá aplicarlo en el desarrollo de la *actividad C.*

- Haga un breve resumen de la *actividad B*, de ser posible escriba en la pizarra las expresiones que mostró Lisa en su intervención.
- Explique la similitud entre las *actividades A* y *B*, previo a iniciar con los ejemplos de la *actividad C.*

90 min

- Solicite a un voluntario que lea el ejemplo 1, indique que haga pausas, a medida que menciona las masas y dimensiones.
- Elabore un esquema como el del carro con el elevador, también una tabla donde identifique la parte izquierda con 1 y la derecha con 2.
- Desarrolle las operaciones que aparecen en la tabla, mencione que ocupará subíndices para identificar el lado del elevador al que se está refiriendo.
- Plantee la expresión del principio de Pascal, que sería igual para los dos puntos que se están analizando.

Comunicación

En la etapa anterior, la elaboración de una prensa hidráulica nos permitió comprobar el principio de Pascal, donde experimentamos que la cantidad de agua no cambió, por lo que se puede considerar como un fluido incompresible. Por otra parte, aprendimos que la presión hidrostática o manométrica cambia respecto a la profundidad y que, si incluimos la presión atmosférica, obtenemos la presión absoluta. A continuación, aprenderemos a resolver problemas teóricos usando el principio de Pascal y la presión hidrostática.

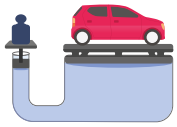
La presión atmosférica (P_0) es la que recibimos por la atmósfera, esta cambia según la altura respecto al nivel del mar. Toma un valor promedio de $101\ 325\ Pa$.

C. Resolviendo problemas de hidrostática

La resolución de problemas en hidrostática es necesaria porque en ocasiones complementa a los experimentos, dado que podría simplificar algunos procedimientos. Cabe mencionar que, para el caso de la hidrostática, es primordial el uso de las magnitudes de densidad y presión. A continuación, aprenderemos a resolver algunos problemas.

Ejemplo 1. Se desea levantar un automóvil de $1\ 430.0\ \text{kg}$ para verificar una fuga de aceite; para ello, se coloca en un elevador con base rectangular de $4.50\ \text{m}$ de largo y $2.00\ \text{m}$ de ancho. El elevador se encuentra comunicado a una superficie de forma rectangular de $34.50\ \text{cm}$ de largo y $22.50\ \text{cm}$ de ancho, además, se dispone de 5 bloques de $3.0\ \text{kg}$ cada uno y de 7 bloques de $100.0\ \text{g}$ cada uno, que se pueden colocar en la segunda superficie. ¿Cuántos bloques de $3.0\ \text{kg}$ y $100.0\ \text{g}$ se necesitarán para comenzar a elevar el automóvil?





Notación…

La presión se expresa con las unidades N/m^2 que equivale a pascal (Pa).

Solución:

Iniciamos identificando los elementos de cada extremo del elevador, podemos realizar un dibujo como el de la figura de la izquierda. Para simplificar, colocaremos a la izquierda el punto donde se pondrán los bloques y a la derecha la superficie donde se encuentra el vehículo; identificando con los subíndices 1 y 2, respectivamente cada elemento. Con lo anterior, podemos colocar en una tabla los datos que brinda el problema.

Izquierda (1)	Derecha (2)
$A_1 = 0.2250\ m \times 0.3450\ m = 0.0776\ m^2$	$A_2 = 4.50\ m \times 2.00\ \text{m} = 9.00\ m^2$
5 bloques de $3.0\ \text{kg}$ cada uno	$m_2 = 1\ 430.0\ \text{kg}$
7 bloques de $100.0\ \text{g}$ cada uno	

Por tratarse de una prensa hidráulica, se cumple el principio de Pascal.

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

La fuerza en cada caso, serían los pesos de los bloques a necesitar y del vehículo.

$$\frac{m_1 g}{A_1} = \frac{m_2 g}{A_2}$$

Simplificamos la aceleración gravitatoria (g) dado que es igual en cada extremo.

$$\frac{m_1}{A_1} = \frac{m_2}{A_2}$$

Despejamos m_1 y sustituimos las otras variables.

$$m_1 = \frac{A_1}{A_2} m_2$$

$$m_1 = \frac{0.0776\ m^2}{9.00\ m^2} (1\ 430.0\ kg) = 12.3\ kg$$

20

Haga énfasis en que las fuerzas que interactúan en los extremos del elevador son los pesos del automóvil y de los bloques, puede mencionar que al hacer un breve análisis de fuerzas en las plataformas pueden verificar que en efecto son los pesos.

Como habrá notado en el ejemplo 1, se deben utilizar las expresiones de las *actividades A* y *B*. Sin embargo, cuando se trata de presión de los fluidos; en el ejemplo 2 se necesita usar las expresiones 1.11 y 1.12 deducidas en el *Así se hace…* dado que se calculará la presión de un gas en un manómetro de tubo abierto en forma de U.

Ahora, verificamos cuantos bloques suman una masa inmediatamente superior a $12.3\ kg$; para ello, puedes utilizar una tabla como la siguiente:

Bloques de $3.0\ kg$				Bloques de $100.0\ g$ ($0.1000\ kg$)			
$3.0\ kg$	$3.0\ kg$	$3.0\ kg$	$3.0\ kg$	$0.1\ kg$	$0.1\ kg$	$0.1\ kg$	$0.1\ kg$

Si sumamos las masas de la segunda fila, obtenemos un valor de $12.4\ kg$, por lo tanto, necesitaríamos como mínimo 4 bloques de $3.0\ kg$ y 4 bloques de $100.0\ g$ para iniciar el ascenso del automóvil.

Ejemplo 2. Para calcular la presión podemos utilizar instrumentos fáciles de construir, uno de ellos es el manómetro de tubo abierto, por lo general en forma de U, similar al de la figura de la derecha, el cual contiene un líquido con una densidad conocida. En uno de los extremos del tubo en U se acopla el recipiente que contiene el fluido del que se desea conocer la presión y el otro se mantiene abierto o expuesto a la atmósfera.

Ahora bien, se necesita calcular la presión de un gas desconocido que se encuentra en un recipiente que es calentado en un balón fondo redondo, similar al de la figura de la derecha; para ello, se acopla a un manómetro que contiene agua potable ($\rho = 1\,000\ kg/m^3$), se fijan dos profundidades, iniciando desde la interfaz de agua hasta el fondo, y se obtienen como resultados $y_1 = 30.0\ cm$ para el lado izquierdo y $y_2 = 45.0\ cm$ para el derecho. Con los datos proporcionados, calculemos la presión que ejerce el gas.

Solución:
Usamos las profundidades señaladas en el tubo en U y expresamos la presión para ambos lados de la siguiente manera:

$$P_1 = P_{gas} + \rho g y_1$$
$$P_2 = P_0 + \rho g y_2$$

Como la profundidad donde se pretenden calcular las presiones 1 y 2, es similar en el tubo, por lo tanto:

$$P_1 = P_2$$

Igualamos ambas ecuaciones, así:

$$P_{gas} + \rho g y_1 = P_0 + \rho g y_2$$

Resolvemos P_{gas}:

$$P_{gas} = P_0 + \rho g y_2 - \rho g y_1$$
$$P_{gas} = P_0 + \rho g (y_2 - y_1)$$
$$P_{gas} = P_0 + \rho g h$$

Identificamos la información que nos proporciona el ejemplo:

$$P_0 = 101\,325\ Pa$$
$$\rho = 1\,000\ kg/m^3$$
$$g = 9.80\ m/s^2$$
$$h = 0.450\ cm - 0.300\ cm = 0.150\ m$$

Sustituimos para calcular la presión del gas.

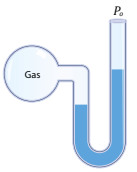
$$P_{gas} = P_0 + (1\,000\ kg/m^3)(9.80\ m/s^2)(0.15\ m)$$
$$P_{gas} = 101\,325\ Pa + 1\,470\ Pa$$
$$P_{gas} = 102\,795\ Pa$$
$$P_{gas} \approx 1.03 \times 10^5\ Pa$$

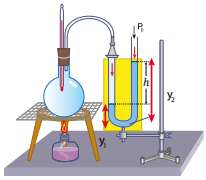
Para obtener el resultado de la presión que ejerce el gas, solo fueron necesarios elementos basados en el fluido de densidad conocida (agua); por ello, es importante utilizar el manómetro de tubo abierto, cuando se necesita saber la presión de un fluido desconocido.

Resuelve los problemas propuestos en tu Cuaderno de Trabajo. P. 11



Al ejercer presión sobre el pedal, el fluido contenido en las mangueras, la transmite en todas partes, activando los frenos en un vehículo.





Tome en cuenta que con el resultado obtenido en el ejemplo 1, calculó la masa que deberá de colocar para mantener el sistema en equilibrio, por lo tanto, deberá aumentar la cantidad de bloques para que el automóvil inicie su ascenso, para ello es necesario realizar una tabla con la cantidad de bloques para lograrlo.

- Inicie planteando la presión en ambos lados del tubo en forma de U, Mencione que a la izquierda involucra la presión del gas más la presión hidrostática del agua que posee el tubo. A la derecha como se encuentra abierto, se encuentra expuesto a la presión atmosférica, (P_0), a y la presión hidrostática de la columna de agua.
- Iguale las dos presiones, e indique que las presiones son calculadas a las mismas alturas por ende se puede considerar que serían similares.
- Realice el despeje de la presión del gas.

Revise el enunciado del ejemplo y escriba en la pizarra los datos que le proporciona, haga énfasis que la altura (h) corresponde a la distancia hasta donde el gas ejerce presión en el tubo en U, para calcularlo se hace la diferencia entre las alturas indicadas en el esquema de la derecha.

Similar a la lección anterior, en esta etapa se pretende que realice une evaluación diagnóstica, para verificar que el estudiantado recuerde ciertos saberes previos, como el cálculo del área de un círculo, y para el caso de la *actividad A* en particular se debe tener en cuenta que las presiones son iguales en los puntos de interés.

Para calcular el área, mencione a los estudiantes que la forma geométrica donde se aplica la fuerza es circular, por lo que, deberán calcular el área de ese círculo, si bien se les proporciona el diámetro,deben dividirlo entre 2 para obtener el radio, luego pasar de cm a m. Posteriormente, realizar el cálculo con la expresión que menciona Nico.

La presión en la plataforma basta con dividir el peso del vehículo azul entre el área de la siguiente manera:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{2\,000\ N}{50\ m^2} = 40\ Pa$$

Realiza el mismo planteamiento para el otro extremo donde la presión y el área serían las mismas que ya se calcularon y se despeja la fuerza.

$$F = PA$$

Cuaderno de Trabajo

Indagación

Principio de Pascal

A. Calculando la fuerza aplicada a un elevador

1. Cálculo del área donde se aplicará la fuerza que elevará el carro.

$A = \pi r^2$

Se tomará como segunda plataforma donde se aplicará la fuerza.

$A_2 = \pi r_2^2$; $d = 2r$, relación entre el diámetro y el radio.

$A_2 = \pi \left(\frac{d_2}{2}\right)^2$

$A_2 = \pi \frac{1}{4} \pi d_2^2$

$A_2 = \frac{1}{4} \pi\ (0.10\ m)^2$

$A_2 = 7.9 \times 10^{-3}\ m^2$

2. Cálculo de la presión que el carro ejerce sobre la plataforma.

$P = \frac{F}{A}$

$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$; para la superficie donde se encuentra el carro.

$P_1 = \frac{2\,000\ N}{50\ m^2}$

$P_1 = \frac{2\,000\ N}{50\ m^2}$

$P_1 = 40\ Pa$

3. Calcula la fuerza que se aplica para elevar el carro.

Aplicando el principio de Pascal se tiene:

$P_1 = P_2$

$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

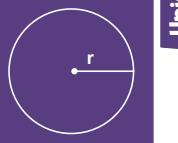
$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$

$F_2 = \frac{7.9 \times 10^{-3}\ m^2}{50\ m^2} (2\,000\ N)$

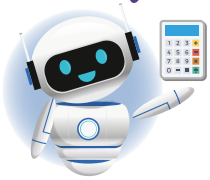
$F_2 = \frac{7.9 \times 10^{-3}\ m^2}{50\ m^2} (2\,000\ N)$

$F_2 = 0.3\ N$

Recuerda cómo se calcula el área.



A = π r²
A = área
r = radio





p. 17

Unidad 1

Mientras los estudiantes completan su Cuaderno de Trabajo, puede observar los resultados preliminares, proporcione indicaciones por equipo para que completen la actividad de manera satisfactoria. Puede utilizar los resultados y la discusión de éstos como una posible evaluación formativa.

Cuaderno de Trabajo

Creatividad

B. Construyendo una prensa hidráulica

a. ¿Qué observaste cuando aplicaste la fuerza y halaste el apoyo del émbolo de la jeringa de 10 ml?
Cuando apliqué la fuerza, el pistón de la jeringa de 60 ml se movió marcando una capacidad similar a la que se desplazó el de 10 ml. Al halar el apoyo del émbolo, ambos pistones volvieron a estar en una posición similar a la inicial.

b. Registra los valores de la masa, identifica m_1 para la masa colocada en el apoyo del émbolo de la jeringa de 10 ml y m_2 para la otra. Luego, grafica los datos obtenidos y calcula su pendiente.

$m_1(g)$											
$m_2(g)$											
(m_1, m_2)											

e. Cálculo de la pendiente.

f. ¿Qué representa la pendiente que calculaste?
Representa el factor de multiplicación de la fuerza que corresponde a la razón de la superficie del apoyo del émbolo de la jeringa de 10 ml por la de 60 ml.

p. 18

10

Criterio de evaluación

- Corrobora que el émbolo donde no aplica ninguna fuerza se mueve en dirección opuesta.
- Registra los valores de masa utilizadas en cada una de las jeringas para que se mantenga el sistema en equilibrio.
- Elabora un gráfico, incluida las barras de error, de los pares ordenados obtenidos a partir de las masas en cada émbolo.
- Calcula la pendiente del gráfico junto a su error.
- Concluye sobre los resultados obtenidos a partir del gráfico y lo asocia al principio de Pascal.

Verifique los resultados de cada equipo de trabajo, posteriormente, mencione que hasta ahora han desarrollado la presión que ejerce una fuerza, sin embargo, ¿qué pasará con los fluidos? Para dar respuesta a la pregunta invite a discutir la sección *Así se hace…*

Cuando los estudiantes se encuentren discutiendo y resolviendo los problemas planteados, puede ir verificando para realizar una evaluación sumativa, haga énfasis en las actividades y ejemplos resueltos como apoyo a la resolución de los planteamientos. Puede pedir a voluntarios que resuelvan uno de los dos problemas en la pizarra y generar una discusión sobre las posibles soluciones.

Criterios de evaluación

- Pone en práctica el principio de Pascal a partir de lo resuelto en las a*ctividades A* y *B*.
- Presenta resultados con las unidades adecuadas para cada magnitud calculada.
- Usa adecuadamente el análisis de la presión hidrostática para resolver problemas que involucren tubos en forma de U.
- Calcula la densidad de un fluido desconocido contenido en un tubo en forma de U.
- Diferencia entre presión absoluta e hidrostática.

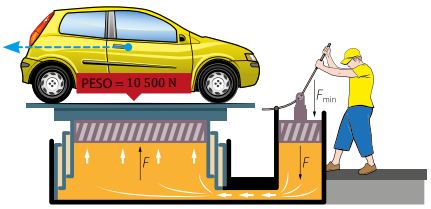
Cuaderno de Trabajo

Comunicación

Unidad I

C. Resolviendo problemas de hidrostática

Se te pide construir un elevador hidráulico que sea capaz de levantar vehículos hasta de $10\ 500.0$ N de peso, además de permanecer en equilibrio con una fuerza mínima de 7.50 N que sea aplicada sobre una superficie circular de 12.0 cm de diámetro. Si la superficie donde se colocará el vehículo tiene forma circular, ¿cuál sería su diámetro?



Donde se aplicará la fuerza mínima se identificará con subíndice 1 y donde se colocará el vehículo con 2.

Datos
$F_1 = 7.50$ N
$d_1 = 1.2$ m
$F_2 = 10\ 500.0$ N
$d_2 = ¿?$

Solución
$P_1 = P_2$

$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

$A_2 = \frac{F_2}{F_1} A_1$

$\pi r_2^2 = \frac{F_2}{F_1} \pi r_1^2$

$\frac{d_2^2}{4} = \frac{F_2}{F_1} \frac{d_1^2}{4}$

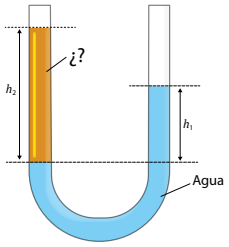
$d_2^2 = \frac{F_2}{F_1} d_1^2$

$d_2 = \sqrt{\frac{10\ 500.0\ N}{7.50\ N}} (12.0\ cm)$

$d_2 = 449.0$ cm

Uno de los usos de los tubos en U, es para calcular la presión de un fluido, sin embargo, el proceso involucra a las densidades de los fluidos que interaccionan con el tubo, debido a esto, en ocasiones también se pueden utilizar para calcular la densidad de un líquido desconocido o para comprobar su valor.

Ahora bien, considera que tienes un tubo abierto en forma de U donde hay dos fluidos inmiscibles uno de ellos es agua ($\rho_{agua} = 1\ 000$ kg/m^3) y el otro, un líquido desconocido, las columnas de líquidos en ambos extremos, como se señalan en la figura, tienen una medida de 40 cm para el agua y 70 cm para el fluido desconocido. Con la información proporcionada, calcula la densidad del fluido desconocido.



Datos
$h_1 = 40$ cm
$h_2 = 70$ cm
$\rho_{agua} = 1\ 000$ kg/m^3
$\rho_{¿?} = ¿?$

Solución
$P_1 = P_0 + \rho_{agua} g h_1$
$P_2 = P_0 + \rho_{¿?} g h_2$
$P_1 = P_2$
$P_0 + \rho_{agua} g h_1 = P_0 + \rho_{¿?} g h_2$
$\rho_{agua} h_1 = \rho_{¿?} h_2$

$\rho_{¿?} = \rho_{agua} \frac{h_1}{h_2}$

$\rho_{¿?} = (1\ 000\ kg/m^3) \frac{40\ cm}{70\ cm}$

$\rho_{¿?} = 571$ kg/m^3

p. 22

Cuando finalice la resolución de problemas, recapitule sobre cómo la comprobación de manera experimental del principio de Pascal es de suma importancia para comprender el desarrollo teórico. También, partiendo del principio de Pascal, se obtiene de manera teórica la expresión para calcular presiones hidrostáticas.

Semana 3 Teorema de Torricelli

Contenido

Principio de Bernoulli
- Fluido ideal

Teorema de Torricelli
- Presión atmosférica
- Caudal
- Rapidez promedio de flujo
- Área de sección transversal

Indicadores de logro

1.7. Reconoce la relación inversa entre presión y rapidez en un fluido ideal a partir de casos concretos.
1.8. Comprueba experimentalmente el teorema de Torricelli a partir del caudal de salida de un líquido en un recipiente.
1.9. Calcula la rapidez de salida de un líquido por el orificio de un recipiente a partir del teorema de Torricelli.



Preparaciones de la semana

C. Experimentando con la evacuación de un fluido

- Verifique los materiales con los que cuenta el centro educativo, los restantes solicite a los estudiantes que lleven por equipo de trabajo.

D. Analizando el movimiento de un fluido por un orificio

- Para el desarrollo de la actividad será necesario un calibrador vernier, puede utilizarse uno por todo el salón de clases. También, será necesario una calculadora y el recipiente que usaron en la *actividad C.*

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

Basados en los principios de Arquímedes y de Pascal desde el inicio de la unidad, se han desarrollado actividades que involucran fluidos en reposo, lo que ha permitido familiarizarse con magnitudes como la densidad y la presión. Ahora iniciaremos con el comportamiento de fluidos en movimiento o hidrodinámica.

- Exprese que hasta ahora han estudiado el comportamiento de fluidos en reposo y que están por realizar actividades con fluidos en movimiento.
- Indique que las magnitudes de densidad y presión seguirán siendo fundamentales en el estudio de la hidrodinámica.

- Realice el dibujo o proyecte la figura del tubo para señalar las dos secciones que se encuentran a diferentes alturas.
- Mencione que el fluido parte de la altura menor.
- Puede hacer las siguientes preguntas sobre el movimiento de la sección del fluido: ¿qué tipo de energía posee la cantidad de fluido que pasa desde la altura menor? ¿Qué cantidad de fluido asciende desde la altura menor hasta la mayor?

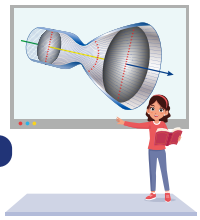
20 min

Indagación

Teorema de Torricelli

Hasta ahora, hemos desarrollado actividades sobre fluidos en reposo, pero cuando estos se encuentran en movimiento, cada gota cumple con las leyes del movimiento de Newton, si hiciéramos el análisis del movimiento para cada gota nos resultaría extremadamente complejo, sin embargo, podemos plantear situaciones donde los fluidos en movimiento cumplen ciertas condiciones para hacerlo práctico, para ello, nos basaremos en los principios de conservación de la masa y de la energía; partiendo de magnitudes que permiten estudiar fluidos como la densidad y presión.

El trayecto que describe cada partícula en un fluido en movimiento se conoce como línea de flujo. Si se mantienen las líneas durante cierto tiempo, es considerado como flujo estable.

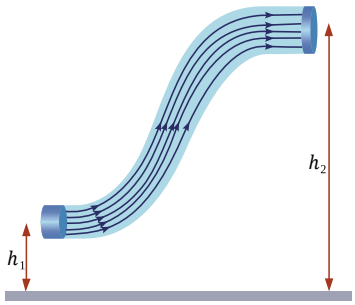




A. Analizando un fluido en movimiento

Consideremos un fluido incompresible que se mueve por un tubo que tiene diferentes secciones transversales, como el de la figura de la parte inferior izquierda. La cantidad de fluido no cambia cuando se mueve de una sección a otra en un determinado tiempo, sin embargo, la rapidez con la que pasa en las diferentes secciones es diferente; originando una dependencia de la presión con respecto a la rapidez.

Por otra parte, si fijamos dos secciones a diferentes alturas, se efectúa trabajo sobre la sección que se encuentra a menor altura para llegar a la altura mayor, dado que en el trabajo se involucran diferentes fuerzas, también estaría asociado con la energía mecánica total.



Dada la descripción del fluido incompresible en movimiento, intenta deducir lo siguiente: P. 12

1. La relación que existe en cada altura, entre la rapidez y la sección transversal por donde pasa el fluido.
2. A partir de la expresión anterior, deduce la rapidez con que el volumen se mueve en cualquiera de las dos secciones transversales.
3. Aplica el teorema del trabajo y energía al fluido, y encuentra la relación que existe con la presión.

22

Posible dificultad

Es probable que los estudiantes realicen discusiones y no un planteamiento teórico, verifique que dichas discusiones estén en lo correcto con respecto a un análisis mecánico.

Creatividad

Las actividades por desarrollar en esta etapa, es una teórica, similar a la *actividad A*, y una experimental, como las desarrolladas en lecciones anteriores, considere colocar en ambas actividades las expresiones 1.13 y 1.14, los estudiantes tendrán ciertas nociones en base a lo desarrollado en la etapa de indagación.

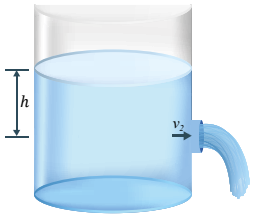
Creatividad

Unidad 1

Todos los días observamos fluidos en movimiento, por ejemplo, al llenar un vaso con agua de un grifo. Cuando tomamos el vaso con agua de un recipiente dispensador, podemos asumir que el recipiente tiene una cantidad de agua equivalente a un vaso menos de agua, con ello podemos identificar que se cumple el principio de conservación de la masa; ya que la cantidad de agua que estaba al inicio en el recipiente ahora está en el vaso. A continuación, experimentemos el comportamiento de un fluido en movimiento.

B. Deduciendo la expresión de la rapidez de salida de un fluido

Consideremos la imagen que se encuentra a la derecha, donde encontramos un recipiente con forma cilíndrica que posee un área transversal A_1, que contiene un fluido de densidad ρ hasta cierto nivel, la parte superior del recipiente se encuentra totalmente expuesta a la atmósfera. A una profundidad h tiene un orificio de área A_2 en la parte lateral, provocando que el fluido salga por él con una rapidez v_2, que podemos nombrar rapidez de salida. Dado que la parte superior del recipiente y el agujero están expuestos al aire, reciben la presión atmosférica (P_0).



20 min

Con lo descrito anteriormente, y haciendo uso de la ecuación de Bernoulli que te presenta Nico, resuelve lo siguiente:

1. Encuentra una expresión para la rapidez de salida.
2. Usa el resultado del *paso 1* para escribir una expresión que permita obtener la rapidez con la que se mueve el volumen del fluido o rapidez de flujo.

C. Experimentando con la evacuación de un fluido

La expresión de la rapidez de salida de un fluido, cuando es evacuado de un recipiente por un orificio, es similar a la que adquiere un cuerpo al caer libremente. Para hacer un análisis experimental, podemos elaborar un sistema similar al descrito en la *actividad B* u otro diferente, donde el agua se evacua al fondo del recipiente. Veamos cómo.

80 min

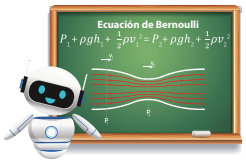
Materiales:

- 2 recipientes plásticos con forma cilíndrica y capacidad mínima de 1 L
- Tijeras
- Cúter
- Regla de 30 cm
- Cinta métrica para costura de 150 cm
- Colorante comestible
- Cinta tapagoteras
- Agua
- Marcador permanente
- Ladrillo de arcilla
- Recipiente hondo, con capacidad mínima de 1.5 L y 30 cm de diámetro
- Cronómetro

Procedimiento:

1. Toma uno de los recipientes con forma cilíndrica y corta transversalmente un extremo. El diámetro de la sección circular debe ser similar a la parte cilíndrica del recipiente.
2. Abre en el centro un orificio de 2.0 mm de diámetro aproximadamente, opuesto al corte transversal que realizaste.

La ecuación de Bernoulli resulta del teorema del trabajo y la energía; relacionando la diferencia de presión entre dos puntos de un fluido en movimiento.



- Explique que la expresión 1.13 es el resultado del principio de conservación de la energía y la 1.14 del de conservación de la masa.
- Sugiera que analicen dos situaciones (1 y 2), una en la que inicia a descender el fluido y otra cuando sale por el orificio.

Posible dificultad

Cuando plantee la expresión 1.13 deberá considerar que en las condiciones iniciales la rapidez es nula y cuando el fluido termina su descenso, (h), la contribución de la presión hidrostática también se anula.

Variante

Puede utilizar cualquier recipiente en forma cilíndrica, conservando la capacidad mínima.

Variante

Para abrir el orificio del recipiente, puede realizarlo con un tornillo para lámina o con un clavo de acero, trate que el diámetro del agujero cumpla con el diámetro aproximado de 2.00 mm.

Variante

Puede solicitar que preparen en casa el recipiente con el orificio y las marcas laterales para optimizar el tiempo en los ensayos de cada una de las medidas que se realizarán.

- Verifique que la cinta tapa gotera sea colocada en la parte exterior del recipiente.
- Enfatice que el trazo que harán, en la parte externa del recipiente, debe hacerse de forma longitudinal y marcar separaciones de $1.0\ \text{cm}$ aproximadamente, similar a lo mostrado en la guía esquemática 4.

Variantes

- Si se encuentra cerca de una canaleta abierta, puede colocar los ladrillos para ubicar el recipiente y que el agujero quede sobre la canaleta.
- Grabar un video para cada uno de los ensayos permitiría corroborar las medidas obtenidas.

Tratamiento del error

Para tomar el error en los descensos puede considerar como un instrumento de medida a las marcas realizadas en el recipiente. En el caso del tiempo, se tomará la menor medida.







3. Toma una porción de cinta tapagoteras para cubrir totalmente el orificio.
4. Traza por la parte externa del recipiente, en el sector que tenga una forma aproximadamente cilíndrica, una escala de medida, con separaciones de $1.0\ cm$, partiendo del sector donde se encuentre más cerca el orificio de menor diámetro.
5. Divide el ladrillo en dos bloques similares, y colócalos al fondo del recipiente hondo.
6. Pon colorante comestible en el interior del segundo recipiente con forma cilíndrica; luego, vierte agua hasta llenarlo.
7. Coloca el recipiente al que realizaste los agujeros sobre los bloques de ladrillo y vierte el agua coloreada hasta aproximadamente $2.0\ cm$ por encima de la mayor marca de la escala.
8. Retira la cinta tapagoteras y verifica que el orificio por donde saldrá el agua no se encuentre obstruido.
9. Verifica que el agua salga por el orificio hasta la marca de $0\ cm$ (o menos). De ser necesario, retira el agua del recipiente hondo.
10. Repite los *pasos 7* y *8*, y mide el tiempo en el que desciende cada centímetro de agua (primer ensayo). Luego, desarrolla:
    a. Registra en la tabla las magnitudes obtenidas en el primer ensayo, dentro de las columnas t_1 y h_1. P. 13
    b. Realiza dos ensayos más (*paso 10*) y registra las magnitudes medidas dentro de las columnas t_2, t_3, h_2 y h_3, respectivamente.
    c. Escribe el promedio correspondiente de las magnitudes que has medido, dentro de las columnas $\bar{t}$ y $\bar{h}$.

Comparando entre la figura del recipiente de la *actividad B* con el que elaboramos en la *actividad C*, podríamos obtener un resultado similar para la rapidez, pero para el caso del que elaboramos debemos tomar en consideración la rapidez del fluido en la región superior (mayor área transversal), por ello, no la podemos considerar despreciable comparada con la rapidez con la que evacúa el fluido, para obtener una expresión más cercana se debe utilizar la ecuación de Bernoulli:

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \qquad 1.13$$

Además, podemos encontrar la relación entre la rapidez del agua en ambos puntos, utilizando la ecuación de continuidad:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \qquad 1.14$$

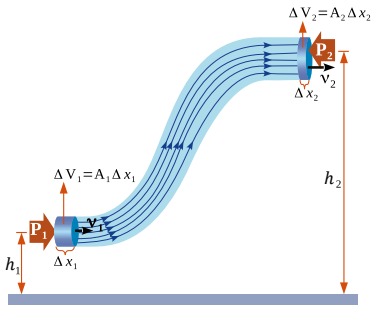
Cuando terminen de tomar las medidas y completar el Cuaderno de Trabajo, mencione que las expresiones 1.13 y 1.14 son las que dedujeron en la *actividad A*. Sin embargo, es probable que no hayan llegado a expresiones similares, por ello indique que revisen el Así se hace… para tener una deducción.

Durante la *actividad A*, es probable que llegaran a la expresión de la ecuación de continuidad, sin embargo, en esta sección tiene una deducción que podrá comparar con las realizadas, la deducción tiene una explicación paso a paso y considerando también el principio de conservación de la masa.

Así se hace...

Ecuación de continuidad

Partiendo de una situación similar a la que resolvimos en la etapa de *Indagación*, observemos la siguiente imagen que representa un tubo donde hay un flujo laminar.



Delimitamos porciones de las masas, definiendo Δm_1 para la primera sección y Δm_2 para la segunda. Como ambas porciones son iguales, podemos realizar lo siguiente:

$$\Delta m_1 = \Delta m_2$$

Expresamos las porciones de las masas en función de la densidad (ρ) del fluido.

$$\Delta m_1 = \rho \Delta V_1 \text{ y } \Delta m_2 = \rho \Delta V_2$$

Como es el mismo fluido el que se desplaza por el tubo, sería la misma densidad en toda la sección, al igual que el volumen, aunque por la forma del tubo pueden cambiar ciertos parámetros, como la longitud de la sección del tubo o el área transversal por la que pasa el fluido. Consideremos lo anterior y expresemos la masa de la siguiente manera:

$$\rho \Delta V_1 = \rho \Delta V_2 \Longrightarrow \Delta V_1 = \Delta V_2$$

Las secciones transversales se mantendrían fijas independientemente de la cantidad de fluidos que pasen por ellas, puedes expresar la sección de volumen en relación con el área transversal (A_1 y A_2) y la distancia correspondiente (Δx_1 y Δx_2).

$$A_1 \Delta x_1 = A_2 \Delta x_2$$

Por otro lado, podemos escribir la distancia dependiendo de la rapidez:

$$\Delta x_1 = v_1 \Delta t \text{ y } \Delta x_2 = v_2 \Delta t$$
$$A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t$$

De esa forma deducimos la ecuación de continuidad para un fluido incompresible.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \qquad 1.15$$

Caudal

El **caudal** (Q) es la rapidez con la que el volumen del fluido se mueve en cualquiera de las dos secciones transversales. Para deducir una expresión usamos las ecuaciones de densidad y de continuidad, de la siguiente manera:

$$\Delta V_1 = \frac{\Delta m_1}{\rho};\ \Delta m_1 = \Delta m_2$$
$$\Delta V_1 = \frac{\Delta m_2}{\rho}$$
$$\Delta V_1 = \frac{\rho A_2 v_2 \Delta t}{\rho}$$
$$\frac{\Delta V_1}{\Delta t} = A_2 V^2 = Q$$
$$Q = \frac{\Delta V_1}{\Delta t} \qquad 1.16$$

Teorema de Torricelli

Iniciemos analizando la figura de la *actividad B*, donde llamaremos sección 1 a la parte superior y 2 a la inferior. Luego, planteamos la ecuación de Bernoulli:

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Analizamos cada uno de los puntos, empezando por P_1 y P_2; como están expuestos a la atmósfera, reciben la misma presión atmosférica P_0. Si colocamos nuestro sistema de referencia en el orificio notamos que la sección 1 se encuentra a una altura h y la otra a $0\ m$; con respecto a la rapidez, en la sección 1 sería despreciable $v_1 \approx 0\ m/s$. Ahora, la ecuación nos quedaría:

$$P_0 + \rho g h + \frac{1}{2}\rho (0\ m/s) = P_0 + \rho g (0\ m) + \frac{1}{2}\rho v^2$$

Despejando la rapidez (v) tenemos:

$$v = \sqrt{2gh} \qquad 1.17$$

- Considere que en el tubo que pasa un fluido con un flujo laminar la cantidad de fluido que pasa desde el punto 1 (P_1) al 2 (P_2) se mantiene constante y representa la presión atmosférica a las alturas, (h), señaladas.
- En los puntos señalados, notará que se identifica una porción de volumen como ΔV y una de longitud como Δx, los subíndices indican en que altura se analizan las magnitudes.
- Por principio de conservación de la masa, la cantidad de masa que asciende desde 1 a 2 es igual.
- Las porciones de masa, por ser un fluido, se trabaja con su densidad, por ser el mismo fluido está no cambia, dando como resultado que tampoco la cantidad de volumen.
- Es conveniente que coloque el volumen como el producto del área transversal y longitud del tubo.

la última dificultad de la *actividad A*, implica aplicar el teorema del trabajo y la energía en el fluido, con ello llegaría a la deducción de la ecuación de Bernoulli (1.13). Dicha deducción, se desarrollará en la actividad avanzada.

Comunicación

En la sección *Así se hace*... pudo notar las deducciones de la ecuación de continuidad, caudal o rapidez con el que se mueve el volumen de un fluido y el teorema de Torricelli, dichas deducciones y los resultados de la *actividad C* serán de utilidad en la presente etapa.

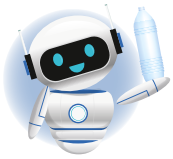
- Escriba en la pizarra la ecuación de continuidad y la del caudal.
- Tome uno de los recipientes de los equipos de trabajo o elabore un prototipo para ir mencionando cuál sería el radio y el diámetro por medir para deducir la expresión de la cantidad de volumen ΔV_1.
- Parta de la expresión anterior, para encontrar la expresión del caudal, 1.18.
- Indique que el caudal, también puede calcularse partiendo de la ecuación de continuidad, esto se haría para el punto 2 o donde está el orificio del recipiente, se utiliza como expresión de la rapidez el teorema de Torricelli.
- Mencione, que en el caso del recipiente que utilizaron, el caudal podría calcularse con la expresión 1.19.

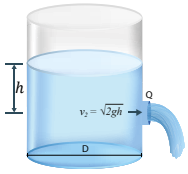
30 min

Comunicación

Reflexionemos sobre las actividades desarrolladas. En la *actividad B*, obtuvimos una expresión para la rapidez de salida de un fluido por un orificio que se encuentra a una profundidad determinada, dicho resultado es conocido como el teorema de Torricelli, que además es una expresión similar a la que se obtiene de un objeto en caída libre. En la *actividad C*, el orificio se ubicó al fondo del recipiente, al analizarlo obtendríamos resultados similares, sin embargo, a medida que el fluido se ubica a diferentes profundidades se tienen que considerar otras magnitudes que podemos discutir a continuación.

La rapidez de salida para un fluido que sale por un orificio ubicado a una profundidad h del recipiente que lo contiene es $v = \sqrt{2gh}$, conocido como teorema de Torricelli.





Notación...

El caudal se expresa con las siguientes unidades:

$$\frac{m^3}{s}$$

En la *actividad C*, teníamos un depósito con agua inicialmente hasta una altura h, pero cuando empezó a vaciarse medimos los cambios de profundidad y de tiempo, ambas magnitudes tienen relación con el caudal. Si realizamos un análisis teórico, podemos encontrar una expresión que relacione las magnitudes medidas.

Nos referiremos con subíndice 1 a la parte superior del recipiente y con 2 al orificio, utilizando la ecuación de continuidad y la de caudal de la parte superior de la siguiente manera:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ y } Q = \frac{\Delta V_1}{\Delta t}$$

Consideremos un recipiente como el de la figura de la izquierda, para poder colocar el cambio de volumen ΔV_1 en relación con los cambios de altura o descenso del nivel de agua Δh; tomamos la expresión del cálculo del volumen de un cilindro y llegamos a la siguiente expresión:

$$\Delta V_1 = \pi r_1^2 \Delta h$$

Donde r_1 es el radio de la parte superior del recipiente.

Para disminuir la propagación de errores, es preferible que expresemos el volumen en función del diámetro (⍰). Recordemos que $D = 2r$.

$$\Delta V_1 = \pi \left(\frac{⍰_1}{2}\right)^2 \Delta h$$

$$\Delta V_1 = \frac{1}{4} \pi D_1^2 \Delta h$$

Si dividimos por el cambio de tiempo, obtenemos una expresión para el caudal que utilizaremos en los cálculos de las medidas obtenidas en la *actividad C*.

$$Q = \frac{1}{4} \pi D_1^2 \frac{\Delta h}{\Delta t} \qquad 1.18$$

Tomando en cuenta la ecuación de continuidad, el caudal puede escribirse considerando el agua que pasa por el orificio:

$$Q = A_2 v_2$$

Podemos usar el teorema de Torricelli, $v_2 = \sqrt{2gh}$, colocando el caudal de la siguiente manera:

$$Q = A_2 \sqrt{2gh} \qquad 1.19$$

Esta sería otra forma de representar el caudal, si observamos, el caudal no se encuentra identificado con un punto en específico, dado que por la ecuación de continuidad sería similar.

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

26

Aclare la notación que se utiliza para el caudal, sin embargo, para facilitar los cálculos en la *actividad D*, las unidades se tomarían como cm^3/s. Señale la expresión 1.19, que puede ser de mucha utilidad para finalizar la lección.

Para el desarrollo de la *actividad D*, se usarán los resultados de la *actividad C*, si bien, se realizaron tres ensayos se tomarán los promedios de las magnitudes de la tabla que completaron en el Cuaderno de Trabajo, $\bar{t}(s)$ y $\bar{h}(cm)$. Por otra parte, harán medidas y algunos cálculos que se describen en el procedimiento.

D. Analizando el movimiento de un fluido por un orificio

Ahora analizaremos los resultados que obtuvimos en la *actividad C*, para ello, usaremos la expresión del caudal para el vaciado de un recipiente, demostrada antes. Además, necesitaremos manipular las medidas de los descensos y el tiempo para asociar los resultados experimentales a un modelo teórico. Posteriormente, podemos comparar y discutir resultados con otros compañeros.

Materiales:

- Recipiente con un orificio al fondo (utilizado en la *actividad C*)
- Calculadora
- Calibrador vernier

Procedimiento:

1. Mide con el calibrador vernier el diámetro interno de la parte superior del recipiente que utilizaste en la *actividad C*.
2. Usa la ecuación 1.18 para calcular el valor del caudal (Q) para cada promedio de los descensos ($\bar{h}$) de agua con el tiempo correspondiente.
   a. Registra los valores de Q para cada $\bar{h}$ del fluido en una tabla.
   b. Elabora un cuadrante de plano cartesiano, verifica que la escala de los ejes esté acorde con los valores de la tabla y coloca los puntos obtenidos del caudal y los descensos ($\bar{h}$, Q).
3. Verifica si el gráfico que obtuviste tiene relación similar a la ecuación 1.19.
4. Considera los valores constantes de $g = 9.80\ m/s^2$ y $\pi = 3.14$ para cálculos posteriores.
5. Realiza el cambio de variable $x = \sqrt{(\bar{h})}$, para obtener una gráfica aproximadamente lineal de los datos obtenidos.
   c. Registra los valores encontrados del caudal y el cambio de variable $x = \sqrt{(\bar{h})}$ (raíz cuadrada de los promedios de descensos).
   d. Elabora un cuadrante del plano cartesiano, considera la escala de los ejes que estén dentro del rango de los valores de la tabla, luego, coloca los puntos que obtuviste (x, Q).
   e. Traza una línea recta, que mejor se ajuste a los puntos de la gráfica. Considera el error en cada punto.
   f. Encuentra la pendiente de la línea recta que trazaste.
6. Asume la relación del caudal como una dependencia del cambio de variable, de siguiente manera:

$$Q(x) = A_2\sqrt{2gx} \qquad 1.20$$

La expresión $A_2\sqrt{2g}$ sería aproximadamente la pendiente que acabas de calcular, iguala su valor y calcula lo siguiente:

g. El área del orificio por donde evacua el agua.
h. Asume que el orificio tiene forma circular y calcula su diámetro.

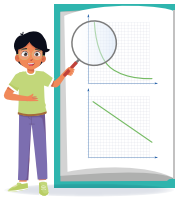
Cuando realizamos un cambio de variable, la finalidad es buscar una relación directa que nos permita calcular alguna magnitud involucrada en la pendiente, en esta ocasión encontramos el área y el diámetro del orificio del recipiente, esto resulta más conveniente cuando no podemos obtener dichas magnitudes por otro método.



Unidad 1

75 min

El método de cambio de variable de un gráfico te permitirá obtener una línea recta, con esto podrías analizar la relación entre las variables involucradas de una forma menos complicada entre las variables involucradas.



Variante

Puede cambiar el calibrador vernier, por una regla o cinta métrica, sin embargo, deben de garantizar que la medida que realicen sea el diámetro interno de la parte superior del recipiente.

- Indique que trasladen los valores de promedio de descensos en la tabla correspondiente del Cuaderno de Trabajo.
- Mencione que realicen el cálculo de caudal para cada descenso y lo coloquen en la segunda columna de la tabla. Posteriormente, que formen los pares ordenados que se indican.

Variante

Para facilitar los cálculos, puede elaborar la fórmula en una hoja de cálculo que le permita tener el resultado de caudal para cada valor de altura. Otra opción sería elaborar un *script* en algún lenguaje de programación como *Pyhton.*

El cambio de variable fue de suma importancia para linealizar la gráfica obtenida inicialmente, esta técnica es fundamental en el análisis de datos, ya que permite simplificar relaciones que pueden ser complejas entre variables, facilitando su comportamiento entre ellas.

En la etapa de Indagación, dado que los estudiantes tendrán que realizar la analogía entre mecánica con fluidos en movimiento, le sugerimos que realice una evaluación diagnóstica e identifique las limitaciones que observa para que en el desarrollo de la lección fortalezca los nuevos conocimientos a adquirir.

- Realice el planteamiento en la pizarra sobre cómo colocar la masa en función de la densidad.
- Indique que la misma cantidad de masa que pasa por el punto 1 llega al 2.
- Sugiera plantear el volumen como el producto de la superficie y el espesor de la cantidad de fluido que se mueve. Además, el espesor puede sustituirlo por el producto del tiempo y la rapidez.

Considere el resultado obtenido en 1, luego puede plantear el volumen como relación entre una de las masas, puede representarla como el producto de la densidad, el área, la rapidez y el tiempo.

Plantee el trabajo realizado desde el punto 1 al 2; luego, los cambios de energía potencial y cinética serán necesarios para que aplique el principio de conservación de la energía.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

Teorema de Torricelli

A. Analizando un fluido en movimiento

1. Deducción de la relación que existe en cada altura, entre la rapidez y la sección transversal por donde pasa el fluido. Deja siempre constancia de los desarrollos.

Fijar como punto 1 a la sección de menor altura y como 2 a la de mayor altura.

$m_1 = \rho V_1; V_1 = A_1 \Delta x_1$

$m_1 = \rho A_1 v_1 t$

$m_2 = \rho V_2; V_2 = A_2 \Delta x_2$

$m_2 = \rho A_2 v_2 t$

$m_1 = m_2$

$A_1 v_1 = A_2 v_2$

2. Deducción de la rapidez con que el volumen se mueve.

Fijar como punto 1 a la sección de menor altura y como 2 a la de mayor altura.

$V_1 = \frac{m_1}{\rho}$

$m_1 = m_2$

$V_1 = \frac{m_2}{\rho}$

$V_1 = \frac{\rho A_2 v_2 t}{\rho}$

$\frac{V_1}{t} = A_2 v_2$

3. Relación entre las presiones y aplicación del teorema del trabajo y energía al fluido.

Fijar como punto 1 a la sección de menor altura y como 2 a la de mayor altura.

$\Delta W = P_1 A_1 \Delta x_1 - P_2 A_2 \Delta x_2 = (P_1 - P_2) V$

$\Delta K = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$

$\Delta K = \frac{1}{2} \rho V (v_2^2 - v_1^2)$

$\Delta U = mg(h_2 - h_1)$

$\Delta U = \rho V g(h_2 - h_1)$

$\Delta W = \Delta K + \Delta U$

$(P_1 - P_2) V = \frac{1}{2} \rho V (v_2^2 - v_1^2) + \rho V g(h_2 - h_1)$

$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g(h_2 - h_1)$

$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2$

p. 23

La *actividad B*, será una continuación de lo desarrollado en la actividad anterior, sin embargo, puede escribir en la pizarra las ecuaciones de Bernoulli y de continuidad. Enfatice en los principios de conservación de la energía y la masa, para aplicarlos tanto al inicio como al final del descenso de agua, de ser posible realice un diagrama en la pizarra colocando los puntos anteriores.

Cuaderno de Trabajo

Creatividad

Unidad 1

B. Deduciendo la expresión de la rapidez de salida de un fluido

1. Deducción de la expresión para la rapidez de salida. Asume que cuando el fluido empieza a salir por el agujero, la rapidez en la parte superior es despreciable.

$$P_1+\rho g h_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_2+\rho g h_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$P_0+\rho g h+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_0+\rho g h_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2;\ h_2=0$$

$$\rho g h+\frac{1}{2}\rho v_1^2=\frac{1}{2}\rho v_2^2;\ v_1=0$$

$$\rho g h=\frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$v_2=\sqrt{2gh}$$

2. Expresión que permite obtener la rapidez de flujo. Usa la ecuación de continuidad que se encuentra en la figura de la derecha.

$$\frac{V_1}{t}=A_2 v_2$$

$$\frac{V_1}{t}=A_2\sqrt{2gh}$$

Ecuación de continuidad

$$A_1 v_1=A_2 v_2$$



A_1: Área sección 1
A_2: Área sección 2
V_1: Rapidez del fluido en sección 1
V_2: Rapidez del fluido en sección 2

p. 23

C. Experimentando con la evacuación de un fluido

Completa la tabla con las medidas de tiempo (t) que tarda el agua en descender la altura (h).

t_1(s)	h_1(cm)	t_2(s)	h_2(cm)	t_3(s)	h_3 (cm)	$\bar{t}$ (s)	$\bar{h}$ (cm)

p. 24

Criterio de evaluación

- Utiliza el principio de conservación de la energía para deducir una expresión de la rapidez de salida del fluido del recipiente.
- Partiendo del principio de conservación de la masa, deduce una expresión para la rapidez de flujo.

Para completar la tabla, elabore la primera fila en la pizarra y recuerde que el primer ensayo corresponde a los subíndices 1, tomarán las medidas de tiempo y descenso hasta que el recipiente se encuentre vacío; esto también lo aplicaran en los ensayos que corresponde a los subíndices 2 y 3. Posteriormente, calcularán el promedio de los ensayos del 1 al 3.

Criterios de evaluación

- Realiza medidas de descensos y tiempo que tarda un fluido para evacuar un recipiente.
- Calcula el promedio de tiempo y descensos de los ensayos realizados.

El desarrollo de la *actividad D*, le puede servir como una excelente herramienta de evaluación sumativa. Dado que se evalúa la comprensión de los conceptos, aplicación correcta de expresiones y la capacidad de resolver situaciones prácticas sobre la hidrodinámica.

Criterios de evaluación

- Calcula el caudal para cada descenso del fluido en un recipiente.
- Elabora una gráfica a partir del cálculo de las magnitudes de descensos del fluido y el caudal.

- Para cada valor del promedio de los descensos de la tabla anterior, calcule su raíz cuadrada y colóquela en la primera columna de la siguiente tabla.
- Traslade el resultado del cálculo del caudal de la tabla anterior.
- Coloque los nuevos pares ordenados que graficarán.

Criterios de evaluación

- Realiza un cambio de variable para el descenso del fluido.
- Elabora una gráfica a partir del cambio de variable la magnitud de descensos del fluido y del caudal.

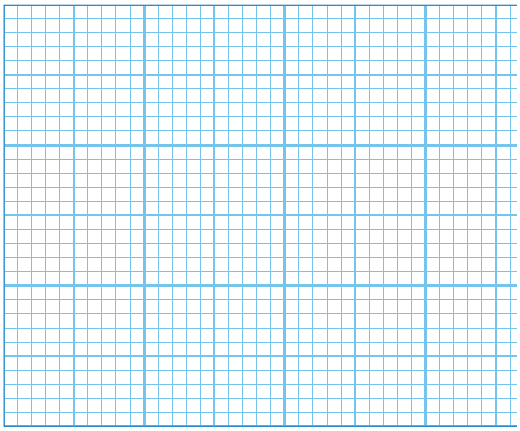
Cuaderno de Trabajo

Comunicación

D. Analizando el movimiento de un fluido por un orificio

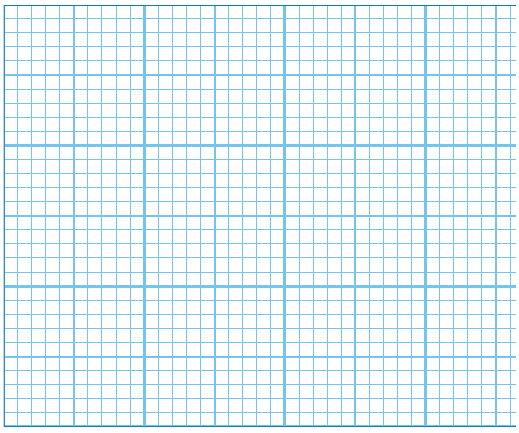
2. Completa la tabla y elabora un gráfico con los datos obtenidos.

$\bar{h}$ (cm)	$Q\left(\frac{cm^3}{s}\right)$	$(\bar{h}, Q)$



5. Completa la tabla y elabora un gráfico con los datos obtenidos.

$x=\sqrt{\bar{h}\ (cm)}$	$Q\left(\frac{cm^3}{s}\right)$	(x, Q)



6. Realiza los cálculos sobre el gráfico del *paso 5*.

p. 27

14

Criterios de evaluación

- Calcula la pendiente de la gráfica obtenida.
- Partiendo de la pendiente, calcula el área y el diámetro del orificio por donde evacúa el fluido.

Semana 4 Ley de Stokes

Contenido

Ley de Stokes
- Viscosidad
- Número de Reynolds

Indicadores de logro

1.10. Mide las magnitudes físicas requeridas para calcular la viscosidad de un fluido.
1.11. Compara resultados experimentales y teóricos a partir de la ley de Stokes.
1.12. Resuelve problemas teóricos sobre hidrodinámica.



Preparaciones de la semana

C. Movimiento de esferas sólidas en un medio viscoso

- Puede solicitar a los estudiantes que, por equipo de trabajo, lleven los materiales que no posea en el centro educativo.

D. Calculando la viscosidad de un fluido

- Los estudiantes deberán de tener una regla transparente graduada en mm de $30\ \text{cm}$ de longitud, un calibrador vernier y una calculadora.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

Durante el desarrollo de la unidad, han observado el comportamiento de los fluidos tanto en estado estático como en movimiento, sin embargo, no se ha estudiado el comportamiento de un objeto dentro de un fluido. Para ello, será necesario describir la fuerza de fricción o fuerza de arrastre que experimenta un objeto en movimiento dentro de un fluido, y conocer una nueva magnitud que sería la **viscosidad.**

Variante

Puede llevar dos vasos de dimensiones similares y transparentes, uno con miel y otro con agua, elabore dos esferas de plastilina del mismo tamaño. Coloque una sobre el vaso que contiene agua y otra sobre el que contiene miel, suéltelas y corrobore la intervención de Luis.

- Realice en la pizarra el esquema de una esfera en un vaso con un fluido como se muestra en el Libro de Texto.
- Escriba en la pizarra las magnitudes involucradas en el movimiento de la esfera.
- Elabore un plano cartesia la pizarra, el centro de este será la ubicación de la esfera.
- Solicite a un voluntario que coloque las fuerzas involucradas en el movimiento del objeto.
- Resalte que el objeto se mueve a velocidad constante.

25 min

Indagación

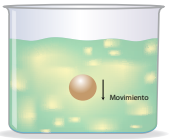
Ley de Stokes

En las *actividades B* y *C* de la semana anterior, demostramos que la rapidez con la que sale un fluido no depende de la densidad, sino básicamente de la profundidad y de la aceleración gravitatoria, suponiendo que la fricción interna era nula y que tratábamos con un flujo laminar. Sin embargo, si hubiéramos desarrollado las actividades con otro fluido, por ejemplo, miel, probablemente el tiempo de descenso hubiese sido mayor, debido a que la fricción interna del fluido, llamada **viscosidad**, habría sido notoria, manifestando cierta resistencia al moverse y adhiriéndose en las paredes del recipiente. La viscosidad puede afectar a fluidos que se desplazan sobre un sólido o a un objeto moviéndose dentro de él. En condiciones estables, cada fluido posee un valor característico de viscosidad.

Si lanzo un objeto en un recipiente que contenga miel, le tomaría más tiempo descender que si lo lanzara en agua. Quiere decir, que aparte de la fuerza de empuje hay otra fuerza que se opone al movimiento y depende de la viscosidad del fluido.







A. Fuerzas de un cuerpo en movimiento dentro de un fluido

Consideremos un objeto sólido de forma esférica, que cae libremente en un recipiente que contiene un fluido de densidad ρ, con una fricción interna considerable (figura de la izquierda). Pasado un tiempo, el peso del objeto (F_g) es equilibrado con la fuerza de resistencia (F_R) y por la fuerza de empuje (F_E) que ejerce el fluido. En ese instante, el objeto se mueve a una rapidez constante hasta llegar al fondo del recipiente. Con la información anterior, desarrolla:

1. Analiza el objeto cuando se mueve a una rapidez constante, asume la densidad del objeto como ρ_o y resuelve las siguientes dificultades:
   a. Elabora un diagrama de cuerpo libre, donde señales las fuerzas involucradas que interactúan con el objeto.
   b. Coloca el peso y F_E en función de las densidades; haz uso de las condiciones de equilibrio y encuentra una expresión para F_R. P. 15
2. Para el fenómeno planteado, F_R tendría una relación directa con la rapidez (v) y la viscosidad del fluido (μ); considera dicha relación como $F_R=k\mu v$, donde k es una constante; luego, intenta resolver lo siguiente:
   c. Con el resultado obtenido en el *literal b*, considera el volumen de la esfera como $V=4\pi r^3/3$ y encuentra una expresión para la viscosidad del fluido.

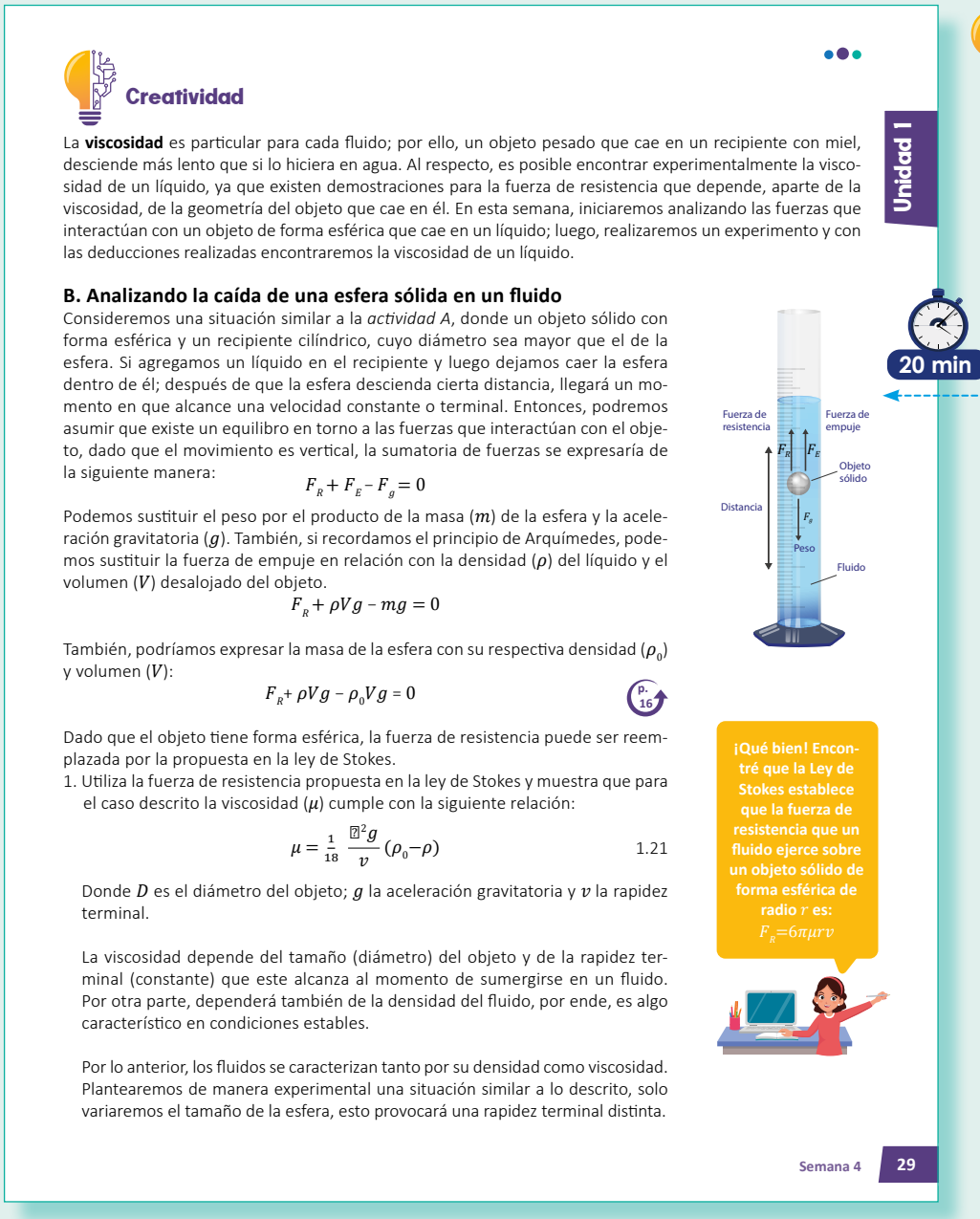
28

Posible dificultad

Si no encuentran la asociación del movimiento vertical de la esfera con el movimiento en caída libre, haga énfasis en que es diferente debido a la viscosidad del fluido.

Creatividad

En la etapa anterior, cabe la posibilidad que quedaron planteadas las expresiones, por ello durante la *actividad B*, se realizará un desarrollo similar de lo que se esperaba. Las expresiones que se deducirán serán de suma importancia para las siguientes actividades por ello enfatice la expresión al finalizar cada una de las deducciones.



Creatividad

La **viscosidad** es particular para cada fluido; por ello, un objeto pesado que cae en un recipiente con miel, desciende más lento que si lo hiciera en agua. Al respecto, es posible encontrar experimentalmente la viscosidad de un líquido, ya que existen demostraciones para la fuerza de resistencia que depende, aparte de la viscosidad, de la geometría del objeto que cae en él. En esta semana, iniciaremos analizando las fuerzas que interactúan con un objeto de forma esférica que cae en un líquido; luego, realizaremos un experimento y con las deducciones realizadas encontraremos la viscosidad de un líquido.

Unidad 1

B. Analizando la caída de una esfera sólida en un fluido

Consideremos una situación similar a la *actividad A*, donde un objeto sólido con forma esférica y un recipiente cilíndrico, cuyo diámetro sea mayor que el de la esfera. Si agregamos un líquido en el recipiente y luego dejamos caer la esfera dentro de él; después de que la esfera descienda cierta distancia, llegará un momento en que alcance una velocidad constante o terminal. Entonces, podremos asumir que existe un equilibro en torno a las fuerzas que interactúan con el objeto, dado que el movimiento es vertical, la sumatoria de fuerzas se expresaría de la siguiente manera:

$$F_R + F_E - F_g = 0$$

Podemos sustituir el peso por el producto de la masa (m) de la esfera y la aceleración gravitatoria (g). También, si recordamos el principio de Arquímedes, podemos sustituir la fuerza de empuje en relación con la densidad (ρ) del líquido y el volumen (V) desalojado del objeto.

$$F_R + \rho V g - mg = 0$$

También, podríamos expresar la masa de la esfera con su respectiva densidad (ρ_0) y volumen (V):

$$F_R + \rho V g - \rho_0 V g = 0$$

p. 16

Dado que el objeto tiene forma esférica, la fuerza de resistencia puede ser reemplazada por la propuesta en la ley de Stokes.

1. Utiliza la fuerza de resistencia propuesta en la ley de Stokes y muestra que para el caso descrito la viscosidad (μ) cumple con la siguiente relación:

$$\mu = \frac{1}{18}\frac{D^2 g}{v}(\rho_0 - \rho) \qquad 1.21$$

Donde D es el diámetro del objeto; g la aceleración gravitatoria y v la rapidez terminal.

La viscosidad depende del tamaño (diámetro) del objeto y de la rapidez terminal (constante) que este alcanza al momento de sumergirse en un fluido. Por otra parte, dependerá también de la densidad del fluido, por ende, es algo característico en condiciones estables.

Por lo anterior, los fluidos se caracterizan tanto por su densidad como viscosidad. Plantearemos de manera experimental una situación similar a lo descrito, solo variaremos el tamaño de la esfera, esto provocará una rapidez terminal distinta.

20 min

¡Qué bien! Encontré que la Ley de Stokes establece que la fuerza de resistencia que un fluido ejerce sobre un objeto sólido de forma esférica de radio r es: $F_R = 6\pi\mu r v$

- Solicite a voluntarios que compartan sus resultados de la *actividad A*.
- Tomando en cuenta lo anterior, realice un esquema similar al del libro indicando todo lo escrito.
- Elabore un plano cartesiano y haga el diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que interactúan sobre el objeto.
- Aplique las condiciones de equilibrio, dado que el objeto se mueve a rapidez constante y verticalmente.
- Coloque la fuerza de empuje y el peso en función de las magnitudes que se han trabajado anteriormente.
- Considere la intervención de Irene, sustituya la fuerza de resistencia por la expresión que presenta.
- Despeje la viscosidad y sustituya el radio por la mitad del diámetro.

Como habrá notado, en las *actividades A* y *B* se estipula que se desarrollen en una hora clase, por lo tanto en la presente etapa procure detallar las magnitudes que son de interés como la fuerza de resistencia y la viscosidad. Durante el desarrollo notamos que se trabaja con el diámetro del objeto, esto se hará para simplificar los cálculos en actividades posteriores.

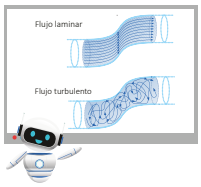
Durante el desarrollo de la *actividad C*, medirán y calcularán magnitudes que permitan comprobar de manera experimental la ley de Stokes, tal y como en lecciones anteriores, indique que los resultados que coloquen en el Cuaderno de Trabajo se usarán posteriormente.

Variantes

- Si poseen recipientes transparentes con las dimensiones descritas para la manguera podrán usarlos.
- De tener canicas de diferentes tamaños u otros objetos de forma esférica, pero del mismo material, podría sustituir por la plastilina.
- El champú podrá ser sustituido por otro fluido como miel o aceite.

90 min

Cuando estudiamos los fluidos en movimiento con la ecuación de Bernoulli consideramos un flujo laminar, que quiere decir que el movimiento se mantiene estable. Sin embargo, cuando se tiene un flujo irregular se llama turbulencia; ambos fenómenos dependen de la viscosidad.



- Mencione la intervención de Nico, luego aclare la diferencia entre flujo laminar y turbulento.
- Verifique la existencia de fugas en el acople entre la manguera y el tapón de PVC.

Posible dificultad

Cuando realicen el acople del tapón de PVC a la manguera, es posible que tengan fugas, por ello puede solicitar que el paso 1 lo realicen previo al inicio de la actividad.

C. Movimiento de esferas sólidas en un medio viscoso

En la expresión del cálculo de la viscosidad a partir de la ley de Stokes, podemos notar la relación existente en las magnitudes, algunas de ellas se pueden medir o calcular con un montaje experimental adecuado, observando su comportamiento y la dependencia una de otra.

A continuación, realizaremos una actividad que nos permitirá manipular las magnitudes involucradas para el cálculo de la viscosidad de un líquido.

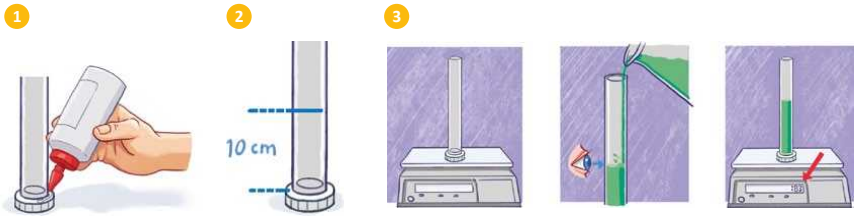
Materiales:

- $60\ cm$ de manguera transparente con un diámetro aproximado de $5\ cm$
- Tapón de PVC con un diámetro aproximado de $5\ cm$
- Silicón para PVC y plástico
- Cinta métrica de costura de $150\ cm$
- Cinta tapagoteras
- Embudo
- Balanza
- Calculadora
- Calibrador vernier
- Vaso medidor de $100\ ml$
- $1\ L$ de champú transparente
- $180\ g$ de plastilina
- Cronómetro
- 8 cinchos de *nylon* (abrazaderas) de $15\ cm$ de longitud
- Marcador permanente

Procedimiento:

1. Acopla el tapón de PVC a un extremo de la manguera y coloca silicón por la parte exterior entre el tapón y la maguera. Espera que el silicón se seque; luego, coloca cinta tapagoteras sobre el silicón.
2. Mide y marca desde el acople $10\ cm$ sobre la manguera; luego, fíjala sobre una estructura vertical con los cinchos de *nylon*, procura no deformar la parte transversal.
3. Mide la masa del vaso medidor; luego, coloca champú en el vaso hasta una lectura exacta de volumen. Mide de nuevo la masa del sistema vaso + champú. Para saber la masa del champú, resta la masa del vaso a la del sistema vaso + champú.
   a. Con el cálculo de la masa y la medida del volumen del champú, encuentra su densidad (ρ) aproximada.

P. 16



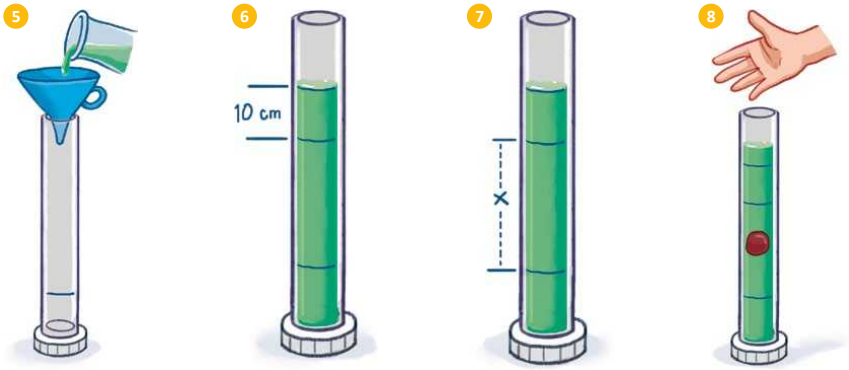
30

- Escriba en la pizarra la expresión para calcular la densidad de un fluido, $\rho = \frac{m}{V}$.
- Pida que sigan la guía esquemática para el cálculo de la densidad del champú, el resultado de cada paso deberá de colocarlo en el Cuaderno de Trabajo.

Siga las indicaciones del procedimiento, las esferas, deben tener un diámetro aproximado, pero menores al diámetro de la manguera, deberán fabricarse 10 esferas. Las medidas de masa y diámetro deben registrarse en la tabla correspondiente del Cuaderno de Trabajo, luego realizar los cálculos indicados en las columnas restantes.

4. Elabora 10 esferas de plastilina de diferentes tamaños, iniciando desde los $0.50\ cm$ de diámetro hasta los $5.00\ cm$. Mide sus masas en la balanza y luego calcula sus volúmenes. Usa la fórmula para el cálculo del volumen de una esfera $V = 4\pi r^3/3$. Para disminuir la propagación de errores, puedes sustituir el diámetro (D) por el radio (r), recuerda la relación $D = 2r$ y verifica que $V = \pi D^3/6$.
   b. Calcula la densidad (ρ_o) para cada una de las esferas, verifica si los valores obtenidos son similares; luego, obtén el promedio de las densidades calculadas. p. 16
5. Coloca el embudo en la manguera y vierte $1\ L$ de champú, verifica si existen fugas en la base, si hubiese, puedes colocar más cinta tapagoteras.
6. Sobre la parte exterior de la manguera, coloca una marca en el nivel donde se encuentre el champú; luego, mide una profundidad aproximada de $10\ cm$.
7. Mide la distancia que hay entre la parte superior e inferior, puedes asignar una variable x a dicha medida.
8. Toma la esfera de menor diámetro y suéltala aproximadamente en el centro de la parte interior de la manguera. Observa cuando pase por la primera marca y mide el tiempo que tarda en pasar desde esa marca hasta la segunda (de la marca superior a la inferior). Haz lo mismo con las esferas restantes, partiendo de menor a mayor diámetro.





   c. Registra los valores del tiempo que tardan las esferas en pasar de la marca superior a la inferior.
   d. Calcula la rapidez de cada esfera, cuando pasa de la marca superior a la inferior. Todas las esferas deben recorrer una distancia similar.
   e. Registra los pares ordenados de la relación rapidez-diámetro (v, D).
   f. Elabora un gráfico que relacione la rapidez calculada y el diámetro medido de cada esfera. p. 17

Observa el gráfico y verifica si la tendencia que tiene es similar a la relación de la viscosidad que demostraste en la *actividad B*. Considera que durante el experimento manipulaste como variable independiente la rapidez y como dependiente el diámetro.

Variante

Como habrá notado, son varios cálculos similares que deberá de realizar, para calcular la densidad y el volumen de cada esfera puede apoyarse usando una hoja de cálculo de Google o elaborar un *script* en un lenguaje de programación como *Python.*

- Elabore diez esferas cuyos diámetros se encuentren entre los 0.50 cm y 5.00 cm.
- Complete la tabla que aparece en el literal b del Cuaderno de Trabajo, con las medidas y cálculos que realice.
- Mida la masa de cada una de las esferas.
- Calcule el volumen para cada esfera.
- Calcule la densidad para cada esfera.

- Vierta cierta cantidad de champú en el recipiente, pero evite que quede totalmente lleno.
- A partir del límite superior donde se encuentra el champú en el recipiente mida aproximadamente 10 cm.

- Explique que la distancia x, será lo que recorrerá cada una de las esferas.
- Enfaticé que el cronometro deberá de iniciarlo justo al inicio de la distancia x y deberá de pararlo cuando termine de pasar dicha distancia.
- Indique que registren y calculen las magnitudes en la tabla de la página 17 del Cuaderno de Trabajo.

Ha desarrollado de manera experimental la ley de Stokes, sin embargo, los resultados obtenidos en la actividad C pueden ser útiles para calcular magnitudes de interés que directamente no pueden medirse en el fluido, como la viscosidad.

Variante

Si no dispone de un calibrador vernier también puede calcular el diámetro de la manguera, con la longitud de arco, para ello tome una porción de cordel y forme una circunferencia en las paredes internas de la manguera, la longitud resultante será la longitud de arco (S), luego puede despejar el diámetro de la siguiente expresión:

$$S = \pi D$$

- Escriba la expresión 1.21 en la pizarra, luego despeje D^2.
- Verifique la gráfica que elaboró en la *actividad C*, por su tendencia se hará el cambio de variable $Y = D^2$.
- Traslade los valores de rapidez de la tabla anterior a la nueva tabla de la presente actividad.
- En la columna correspondiente, coloque el valor de los diámetros elevados al cuadrado.
- En la última columna escriba los pares ordenados a graficar.

Comunicación

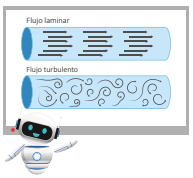
En la *actividad C* notamos el cambio en las magnitudes medidas y calculadas, esto nos permite dilucidar la relación que existe entre ellas, una aproximación a dichas relaciones se podría realizar usando la expresión que corroboramos en la *actividad B*, con ello podemos calcular la viscosidad del champú. Además, conociendo la rapidez, densidad y viscosidad de un fluido, podemos identificar si presenta un flujo laminar o turbulento calculando el número de Reynolds. A continuación, calcularemos la viscosidad y el número de Reynolds.

45 min

Para identificar si un fluido que se mueve por una tubería fluye de manera laminar o turbulenta se utiliza el número de Reynolds (N_R)

$$N_R = \frac{\rho v_m D}{\mu}$$

Donde, ρ es la densidad del fluido, v_m la rapidez del fluido en la tubería, D el diámetro de la tubería y μ la viscosidad del fluido.



Notación...

La viscosidad se expresa con las unidades pascal por segundo:

$$Pa \cdot s$$

D. Calculando la viscosidad de un fluido

Si retomamos los resultados obtenidos en la *actividad C*, junto con la expresión que corroboramos en la *actividad B* para la viscosidad de un fluido, podemos calcular la viscosidad del champú; para ello, necesitaremos despejar una de las variables medidas en la expresión de viscosidad.

Materiales:

- Manguera utilizada en la *actividad C*
- Calculadora
- Calibrador vernier

Procedimiento:

1. Mide con el calibrador vernier el diámetro interno de la manguera que utilizaste en la *actividad C*.
2. De la expresión que corroboraste en la *actividad C*, muestra que despejando D^2 obtienes la siguiente expresión:

$$D^2 = \frac{18\,\mu}{g(\rho_0 - \rho)}\,V \qquad 1.22$$

La expresión y los datos que graficaste en la *actividad C*, no tienen una relación lineal, pero haciendo un cambio de variable adecuado en este caso puedes lograrlo, usa $Y = D^2$, estableciendo la relación de la siguiente manera:

$$Y = \frac{18\,\mu}{g(\rho_0 - \rho)}\,V \qquad 1.23$$

   a. Copia los valores de rapidez (v) que obtuviste en la *actividad C* y eleva al cuadrado cada diámetro (D) correspondiente a la rapidez, coloca estos datos en una tabla.
   b. Elabora un cuadrante de plano cartesiano, verifica que la escala de los ejes esté acorde a los valores de la tabla; luego, coloca los puntos obtenidos de la rapidez y el cambio de variable (v, Y).
3. Verifica si el gráfico que obtuviste es aproximadamente lineal, traza una línea recta de tendencia que se ajuste a la mayoría de los puntos.
4. Considera el valor constante de $g = 9.8\ m/s^2$ y los que mediste de ρ_0 y ρ.
   c. De la línea que trazaste, fija dos puntos y calcula la pendiente, puedes identificarla como a.
   d. De la relación desarrollada en el *paso 2*, identifica que la pendiente sería:

$$a = \frac{18\,\mu}{g(\rho_0 - \rho)} \qquad 1.24$$

p. 18

32

- Escriba en la pizarra constantes y resultados que serán de interés, como la magnitud de la aceleración gravitatoria, la densidad de la plastilina (esferas) y del champú.
- De la expresión 1.23 indique lo que representaría la pendiente de la gráfica.

- Coloque en la pizarra la expresión, según el modelo teórico, de la pendiente a.
- Mencione que dentro del valor calculado de la pendiente se encuentra la viscosidad, por lo tanto a partir de 1.24 se deberá de despejar.
- Calcule la viscosidad y convierta las unidades $\text{Pa} \cdot \text{s}$.

e. Calcula el valor de la viscosidad μ del champú, trabaja todas las magnitudes con sus unidades de medida correspondientes.

$$\mu = \frac{g(\rho_0 - \rho)}{18}\, a \qquad 1.25$$

E. Identificando flujos turbulentos o laminares

El número de Reynolds (N_R) permite que conozcamos la influencia entre las fuerzas de inercia y viscosas en la **hidrodinámica**. Depende de la rapidez media (v_m), densidad (ρ) y viscosidad (μ) con la que un fluido se mueve en un tubo de cierto diámetro (D). Su valor nos permite saber si un flujo es laminar o turbulento.

Si consideramos $N_R = 2\,000$, como valor máximo para que consideremos un flujo como laminar, podríamos determinar una rapidez crítica (v_c) en sustitución de v_m, obteniendo la siguiente expresión:

$$v_c = \frac{2\,000\,\mu}{\rho D} \qquad 1.26$$

Ejemplo 1. Por una tubería de $10.00\ \text{cm}$ de diámetro circula lecitina de soya con una baja viscosidad aproximada de $12.0\ \text{Pa} \cdot \text{s}$ y $1\,040\ \text{kg/m}^3$ de densidad. Si en un tramo de la tubería la lecitina se mueve a la rapidez del sonido en el aire, ¿qué tipo de flujo posee en ese instante? ¿Hasta qué rapidez podemos considerarlo como un flujo laminar?

Solución:

Iniciemos identificando las magnitudes involucradas y separándolas. Además, si es necesario realizar una conversión de unidades la realizaremos mientras separamos los datos. Por otra parte, la rapidez del sonido en el aire es aproximadamente de $340\ \text{m/s}$.

Datos:

$D = 10.00\ \text{cm} = 0.10\ \text{m}$ $\quad \rho = 1\,040\ \text{kg/m}^3$

$\mu = 12.0\ \text{Pa} \cdot \text{s}$ $\quad v_m = 340\ \text{m/s}$

Calculemos el número de Reynolds con los datos proporcionados.

$$N_R = \frac{\rho v_m D}{\mu}$$

$$N_R = \frac{(1\,040\ \text{kg/m}^3)(340\ \text{m/s})(0.10\ \text{m})}{12.0\ Pa \cdot \text{s}} \approx 2\,947$$

El número de Reynolds es mayor a $2\,000$, por lo tanto, sería un flujo turbulento. La rapidez que debería tener para considerarlo laminar sería:

$$v_c = \frac{2\,000\,\mu}{\rho D}$$

$$v_c = \frac{2\,000\ (12.0\ \text{Pa} \cdot \text{s})}{(1\,040\ \text{kg/m}^3)(0.10\ \text{m})} \approx 231\ \text{m/s}$$

Realizando algunos cálculos podemos identificar si un flujo es turbulento o laminar. También, analizando los resultados experimentales obtuvimos la viscosidad de un líquido.



Cuando un fluido se mueve a rapidez baja, puede presentar un flujo laminar, de lo contrario la influencia de la viscosidad puede generar turbulencia.

De acuerdo con lo que investigué, el número de Reynolds es adimensional, si tiene un valor inferior a 2 000 se considera un flujo laminar y si es superior a 3 000 es turbulento. Entre 2 000 y 3 000 se considera inestable porque puede pasar de un flujo a otro.



45 min

- Inicie con una breve discusión, donde la temática central sera la identificación de manera teórica si un fluido es turbulento o laminar.
- Mencione los límites del número de Reynolds para considerar si un fluido se mueve de manera turbulenta o laminar.
- Escriba la expresión de la rapidez crítica y del cálculo del número de Reynolds.
- Resuelva en la pizarra el ejemplo 1, puede pedir a voluntarios que identifiquen los datos que el ejemplo proporciona y que lo escriban en la pizarra.
- Calcule el número de Reynolds y compare con la intervención de Irene para concluir si es turbulento o laminar.
- Calcule la rapidez crítica con los datos proporcionados.
- Compare la rapidez crítica calculada con la del sonido.

Mencione la importancia de la viscosidad en los fluidos en movimiento, además, de la importancia de realizar modelos teóricos y acompañarlos con resultados experimentales para calcular magnitudes que de otro modo sería complicado determinar directamente.

Cuando los estudiantes elaboren el diagrama de cuerpo libre, puede realizar una evaluación formativa, para reforzar aquellos presaberes que se necesitan reforzar referente a las leyes de Newton que desarrollaron el grado anterior, será de suma importancia colocar aspectos claves en la pizarra.

Para el cierre de la etapa explique el diagrama de cuerpo libre e indique las fuerzas que interactúan con la esfera.
Establezca las condiciones de equilibrio dinámico.
Realice la sumatorias de las fuerzas que interactúan con la esfera.
Deduzca las expresiones para la fuerza de resistencia y de la viscosidad de un fluido, esto ayudara a sus estudiantes a corroborar el trabajo realizado.

Cuaderno de Trabajo

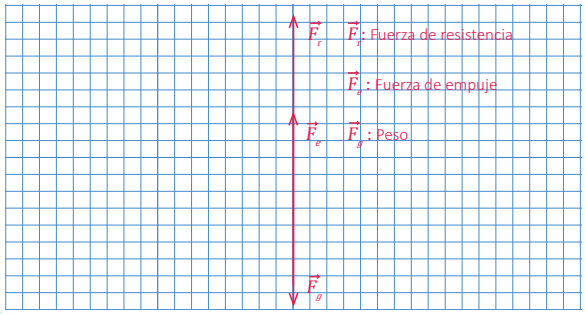
Indagación

Ley de Stokes

Unidad 1

A. Fuerzas de un cuerpo en movimiento dentro de un fluido

a. Diagrama de cuerpo libre. Señala las fuerzas involucradas.





b. Expresión para F_r. Deja constancia de tu desarrollo.

$$\sum \vec{F} = 0$$
$$\sum F_y = 0$$
$$F_R + F_e - w = 0$$
$$F_R = mg - \rho V g$$
$$F_R = \rho_o V g - \rho V g$$
$$F_R = V g\,(\rho_o - \rho)$$

c. Expresión para la viscosidad del fluido (μ). Deja constancia de tu desarrollo.

$$F_R = V g\,(\rho_o - \rho)$$
$$k\mu v = \frac{4}{3}\pi r^3 g\,(\rho_o - \rho)$$
$$\mu = \frac{4}{3}\frac{\pi r^3}{kv}\,g\,(\rho_o - \rho)$$

p. 29

Es probable que las expresiones solo queden indicadas en esta etapa, esto servirá de motivación para revisar la siguiente actividad donde se explicará como cómo desarrollar cada una de las expresiones que serán utilizadas en las actividades subsiguientes.

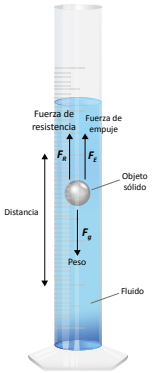
- Con el desarrollo de las *actividades B* y *C*, se comprobará tanto de manera teórica como experimental la ley de Stokes, en el desarrollo teórico podrá auxiliarse de algunas expresiones que se lograron comprobar en la *actividad A*. Enfatice que trabajar con los diámetros de las esferas facilitará los cálculos posteriores y disminuirá los errores.

Cuaderno de Trabajo

Creatividad

B. Analizando la caída de una esfera sólida en un fluido

1. Comprobación de la relación de la viscosidad.



$$F_R = \rho_o V g - \rho V g$$

$$6\pi\mu r v = \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_o - \rho)$$

$$\mu = \frac{4}{3}\frac{\pi r^3}{6\pi r v} g(\rho_o - \rho)$$

$$\mu = \frac{2}{9}\frac{r^2 g}{v}(\rho_o - \rho);\ D = 2r$$

$$\mu = \frac{1}{18}\frac{D^2 g}{v}(\rho_o - \rho)$$

p. 29

C. Movimiento de esferas sólidas en un medio viscoso

a. Calcula la densidad del champú.

Masa del vaso (g)	Masa del vaso + champú (g)	Masa del champú (g)	Volumen (cm^3)	Densidad del champú $[\rho(g/cm^3)]$

b. Calcula la densidad de las esferas.

Esfera	Diámetro $[D(cm)]$	Volumen $[V(cm^3)]$	Masa $[m(g)]$	Densidad $[\rho_o(g/cm^3)]$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Promedio:

p. 31

16

Criterios de evaluación

- Realiza un análisis de fuerzas donde involucre las de resistencia, empuje y peso.
- Deduce una expresión para el cálculo de la viscosidad.

Criterio de evaluación

- Calcula la densidad de un fluido que se encuentra contenido en un recipiente.
- Mide el diámetro y la masa de esferas de diferentes tamaños.
- Calcula el volumen y la densidad para esferas de diferentes tamaños.

Las medidas y cálculos realizados, hasta el momento, durante el inicio de la *actividad C*, se utilizarán en los pasos posteriores de la actividad, es importante que los resultados sean coherentes para evitar repetir alguna medida o realizar otros cálculos.

En la tabla del numeral 8, luego de medir los tiempos de caída y calcular la rapidez para cada una de las esferas, deberá de completar la última columna, tome en cuenta que D se refiere al diámetro de la esfera y se obtendrá de la tabla del literal b, observe que se colocará como variable dependiente.

Criterios de evaluación

- Mide la distancia que recorrerá cada esfera.
- Mide el tiempo de descenso de cada esfera.
- Calcula la rapidez con la que descienden las esferas.
- Identifica la rapidez como una variable independiente.
- Gráfica los resultados de rapidez de descenso de las esferas con respecto a cada uno de sus diámetros.

Cuaderno de Trabajo

8. Registra el tiempo de caída de cada esfera, calcula su rapidez y coloca los pares ordenados (v, D), correspondientes. Luego grafica.

Esfera	Distancia (x), recorrida	Tiempo (s)	Rapidez $[v(cm/s)]$	(v, D)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

p. 32

Semana 4

17

Unidad 2

Los resultados obtenidos en las *actividades B* y *C*, serán de utilidad para desarrollar la *actividad D* en la siguiente etapa, se usarán herramientas que ha utilizado en lecciones anteriores como el cambio de variable para linealizar una gráfica y el cálculo de la pendiente.

Considere el uso de las herramientas empleadas a lo largo de la unidad, para el análisis de resultados, como el cambio de variable y el cálculo de la pendiente de un gráfico. Por otra parte, en esta etapa puede ser propicio que realice una evaluación sumativa, dado que se aplicaran la mayoría de conceptos desarrollados a lo largo de la lección.

Cuaderno de Trabajo

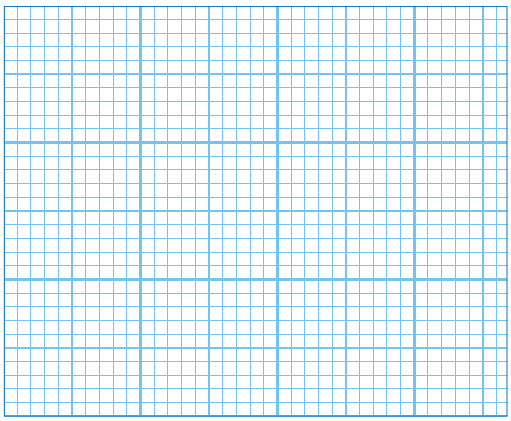
Comunicación

D. Calculando la viscosidad de un fluido

a. Valores de rapidez y cambio de variable.

b. Gráfico. Puedes hacer tus verificaciones y trazar la línea de tendencia (*paso 3*) sobre él.

Rapidez $[v\ (cm/s)]$	$Y=D^2$ (cm^2)	(v, Y)



d. Pendiente.

e. Viscosidad μ del champú.

18

Criterios de evaluación

- Realiza adecuadamente el cambio de variable para linealizar un gráfico.
- Identifica las variables, independiente y dependiente, para elaborar un gráfico.
- Elabora un gráfico y coloca una línea de tendencia que abarque la mayoría de los puntos.
- Utiliza el gráfico y fija dos puntos de la línea de tendencia para calcular la pendiente.
- Calcula el valor de la viscosidad del champú partiendo del resultado de la pendiente.

Hay ciertas magnitudes, que, no podemos medir por falta de los instrumentos de medida. Pero podemos calcularlas por medio de un experimento. Esto se ha hecho a lo largo de la unidad, además, el análisis gráfico ha sido una herramienta fundamental para observar el comportamiento de ciertos fenómenos.

Fundamento teórico

Fluidos reales e ideales

Un fluido es una sustancia de material continuo en el que existe poca fuerza de atracción entre sus moléculas, causando que sus partículas cambien sus posiciones relativas con facilidad, por lo que es fácilmente deformable cuando es sometida a un corte. Los fluidos están conformados por líquidos y gases, ya que ambos pueden escurrir fácilmente.

Aunque los líquidos y los gases son fluidos, poseen algunas propiedades diferentes: Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propias. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases; además estos últimos son mucho menos viscosos (fluidos casi ideales).

Aunque toda materia posee masa y volumen, el mismo valor de masa de sustancias diferente ocupa distintos volúmenes. Notamos, por ejemplo, que el hierro o el hormigón son «pesados», mientras que el mismo volumen de goma de borrar o de plástico es «ligero». La propiedad que nos permite medir la ligereza o pesadez de una sustancia recibe el nombre de densidad. Cuanto mayor sea la densidad de un cuerpo, más pesado nos parecerá.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La densidad se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. En el S.I. la masa se mide en kilogramos (kg), el volumen en metros cúbicos (m^3) y la densidad en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).

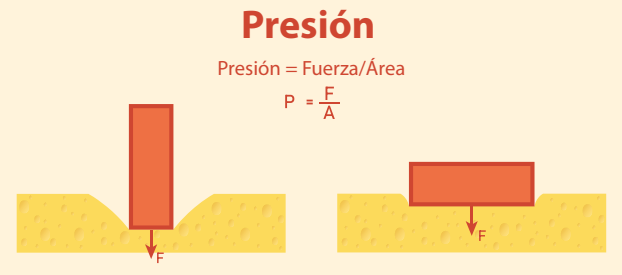
También se suele emplear otra unidad de medida: gramo por centímetro cúbico. Las medidas de la densidad quedan más pequeñas y fáciles de usar. Además, para pasar de una unidad a otra basta con multiplicar o dividir por mil.

Densidad de algunos materiales

Fluido	Densidad (kg/m^3)	Densidad ($g/(cm^3)$)
Agua	1 000	1
Aceite	920	0.92
Aire	1.3	0.0013
Gasolina	680	0.68

Presión hidrostática

La presión se define como la relación que existe entre la fuerza normal y el área de la superficie sobre la que actúa la fuerza.



El concepto de presión tiene especial utilidad en los fluidos. La presión hidrostática es la presión que ejerce un fluido sobre las paredes y el fondo del recipiente que lo contiene. Es un hecho experimental que un fluido ejerce una presión en todas las direcciones. Esto lo saben muy bien las personas nadadoras y, sobre todo, las buceadoras quienes sienten la presión en todas las partes de su organismo.

Otra propiedad importante de un fluido en reposo es que la fuerza debida a la presión del fluido siempre actúa perpendicular a cualquier superficie que está en contacto con él. Esto es fácilmente observable, ya que al hacer un agujero en la pared de un recipiente que contenga agua, por ejemplo ésta saldrá perpendicular a la pared del recipiente.

La expresión para la presión hidrostática:

$$P_H = \rho g h$$

En la ecuación anterior se observa que la presión es directamente proporcional a la densidad del líquido y a la profundidad dentro del líquido.

Para la presión absoluta se le suma la presión atmosférica, (P_0), la cual es la presión ejercida por la atmósfera sobre todos los objetos que están dentro de ella, por efecto de la atracción gravitatoria sobre la capa de aire que la constituye y que envuelve totalmente a la Tierra.

$$P = P_0 + \rho g h$$

El principio fundamental de la hidrostática, se define como: *puntos situados al mismo nivel dentro de un fluido en reposo, poseen la misma presión hidrostática*.

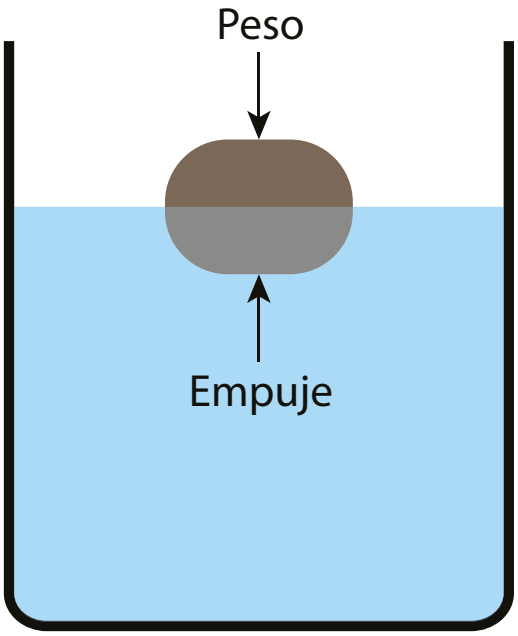
Principio de Arquímedes

Los objetos sumergidos en un fluido parecen pesar menos que cuando están fuera del fluido. Por ejemplo, una gran roca que en el aire se levanta con dificultad, se levanta fácilmente si está sumergida dentro de una corriente de agua. Cuando la roca sale a la superficie, de repente parece más pesada.

Muchos objetos, como la madera, flotan en la superficie del agua. En todos ellos la fuerza de gravedad actúa hacia abajo, pero además el líquido ejerce una fuerza de flotación hacia arriba, conocida también con el nombre de empuje.

El empuje es un fenómeno común, lo evidenciamos con nuestros cuerpos cuando flotamos en el agua. La fuerza de flotación se presenta debido a que la presión de un fluido aumenta con la profundidad.

Así, la presión hacia arriba que ejerce sobre la superficie inferior de un objeto sumergido es mayor que la presión hacia abajo sobre su superficie superior. Para ver los efectos de esto, pensemos en un cilindro de altura cuya superficie, superior e inferior, tienen un área y que esté completamente sumergido en un fluido de densidad como se ve en la figura.



La fuerza de empuje puede calcularse con la siguiente expresión:

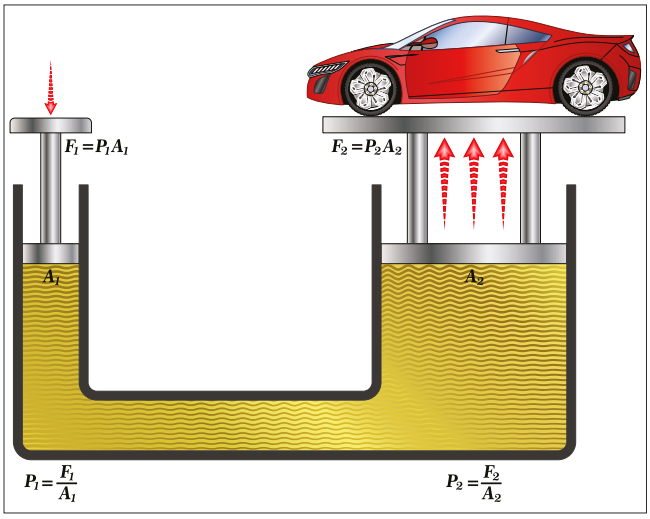
$$F_E = \rho g V_{desalojado}$$

Principio de Pascal

Se enuncia de la siguiente manera: *toda variación de presión en el seno de un fluido en reposo, se transmite de manera igual a todas las otras partes del fluido y a las paredes del recipiente.*

Una de las aplicaciones del principio de Pascal es la prensa hidráulica. Se emplea cuando se necesita una fuerza enorme con la aplicación de una fuerza pequeña. Cumpliendo con la expresión:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



La prensa hidráulica tiene muchas aplicaciones, por ejemplo: para prensar fardos de lana, aceitunas, para extraer aceite.

El mismo principio se aplica en los sillones de las clínicas dentales y peluquerías, en los ascensores hidráulicos, en los frenos hidráulicos de los automóviles, en los elevadores de automóviles (rampa hidráulica) de las estaciones de servicio (gasolineras), etc. También tiene aplicación a la inversa, si la fuerza se ejerce sobre el émbolo grande aparece disminuida en el émbolo pequeño, por ejemplo, en los amortiguadores de los automóviles se observa esta consecuencia.

Hay varios organismos vivos que usan la presión hidráulica. Una anémona marina puede adquirir varias formas, por acción de los músculos de su cavidad corporal llena de agua de mar.

Hidrodinámica

Estudia la dinámica, el movimiento, de fluidos incompresibles. Etimológicamente, la hidrodinámica es la dinámica del agua, puesto que el prefijo griego hidro significa «agua». Aun así, también incluye el estudio de la dinámica de otros líquidos.

Para ello se consideran entre otras cosas la velocidad, presión, flujo y caudal del fluido. Para el estudio de la hidrodinámica normalmente se consideran tres aproximaciones importantes:

- Que el fluido es un líquido incompresible, es decir, que su densidad no varía con el cambio de presión, a diferencia de lo que ocurre con los gases.
- Se considera despreciable la pérdida de energía por la viscosidad, ya que se supone que un líquido es óptimo para fluir y esta pérdida es mucho menor comparándola con la inercia de su movimiento.
- Se supone que el flujo de los líquidos es en régimen estable o estacionario, es decir, que la velocidad del líquido en un punto es independiente del tiempo.

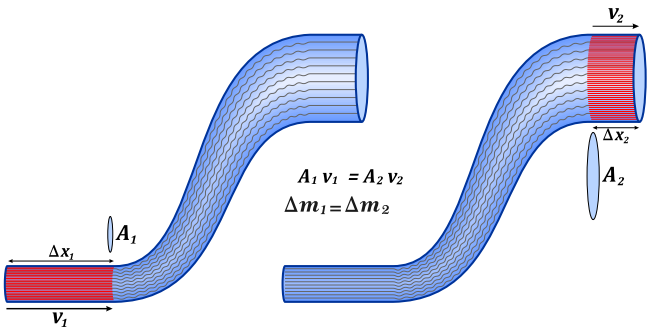
La hidrodinámica tiene numerosas aplicaciones industriales, como el diseño de canales, la construcción de puertos y presas, la fabricación de barcos, turbinas, etc.

Ecuación de continuidad

Esta ecuación se basa en la conservación de masa en el flujo de fluidos. Para analizarla, consideremos el flujo laminar uniforme de un fluido por un tubo de diámetro variable; además, consideremos que el flujo es incompresible y que no varía su densidad, lo cual es una buena aproximación en el caso de los líquidos en la mayor parte de los casos. Considerando el flujo en un tubo como el de la figura.

Podemos notar que se cumple la expresión:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



Caudal

El caudal o rapidez de flujo, es un concepto ampliamente utilizado en la circulación de fluidos, y se define como la razón del volumen que pasa por la sección transversal de una tubería en la unidad de tiempo. Matemáticamente, el caudal o gasto se expresa por la ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} = Av$$

Ecuación de Bernoulli

Se basa en el principio de conservación de la energía en el flujo de los fluidos, su deducción se hace aplicando dicho principio.

Para deducirla, se supone que el flujo es estable y laminar (flujo laminar es aquel en el cual las capas de fluido se desplazan sobre otras capas), que el fluido es incompresible y que la viscosidad es lo suficientemente pequeña como para poder omitirse.

Para el caso general, supondremos que el fluido pasa por un tubo de sección transversal no uniforme, que varía de altura sobre determinado nivel de referencia, la ecuación para dos puntos de referencia sería la siguiente:

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Cierre de unidad

La mecánica de fluidos se centra en el estudio de los fluidos, tanto de manera estática (hidrostática) como en movimiento o dinámica (hidrodinámica). Se inició con la hidrostática, abarcando varios conceptos y principios que ayudaron a comprender el comportamiento de los fluidos en diversas situaciones. Iniciar con los conceptos de densidad y presión fue clave para el desarrollo de la unidad.

Resumen

Durante la unidad estudiamos parte de la mecánica de fluidos; primero, en reposo (**hidrostática**) y luego, en movimiento (**hidrodinámica**), considerando fluidos homogéneos, partiendo del sentido común y de cómo tienden a fluir cuando interactúas con ellos, por ejemplo, cuando tomas agua.



Tanto los gases como los líquidos son clasificados como fluidos y tienen varias aplicaciones como en las máquinas hidráulicas, ventiladores, molinos de viento, aspersores y muchos más.

Para el estudio de los fluidos, fue necesario que usáramos propiedades específicas de la materia, como la **densidad** (ρ), que relaciona la masa (m) y el volumen (V) de un cuerpo.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

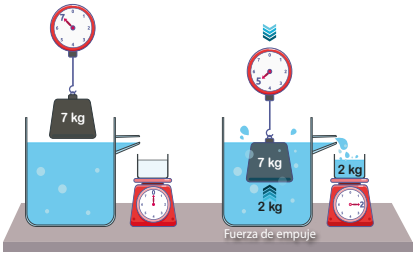
La densidad de fluidos homogéneos y en condiciones estables es constante para cada sustancia, entre ellas puedes encontrar:

Sustancia	Densidad (kg/m^3)
Agua	1 000
Acetona	790
Aceite de oliva	920
Aire	1 184
Alcohol etílico	780
Glicerina	1 261
Sangre	1 500

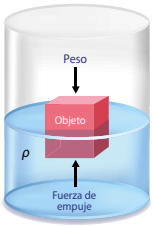
Por otra parte, también es necesario el uso de otra magnitud como la **presión** (P), que relaciona la fuerza perpendicular (F) ejercida sobre una superficie (A).

$$P = \frac{F}{A}$$

Los principios de Arquímedes y Pascal son fundamentados en la hidrostática, el primero tiene relación con la condición de equilibrio (entre el peso del objeto y la fuerza de empuje debida al fluido) de objetos sólidos sumergidos total o parcialmente sobre un fluido; cuando esto sucede, el objeto desaloja una cantidad de fluido similar al volumen desplazado, como puedes observar en la siguiente figura:



El objeto tiene una masa de 7 kg, pero cuando es sumergido en un fluido, desplaza un volumen similar a la cantidad de fluido desalojado, puedes notar que ahora el objeto adentro del fluido tiene una masa de 5 kg, pero ha desalojado 2 kg de líquido. Recuerda que la expresión para la fuerza de empuje se puede encontrar a partir del siguiente análisis:



En la situación anterior tienes el peso (F_g) del objeto y la fuerza de empuje (F_e) que ejerce el fluido sobre él, la condición de equilibrio sería la siguiente:

$$F_e = F_g$$

34

La densidad es una magnitud física que expresa la relación existente entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa. También, se puede interpretar la magnitud, como la masa que esté contenida en un determinado espacio. Además, es una propiedad intensiva de la materia.

La presión dentro de un fluido aumenta con la profundidad, debido al peso del fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene, dichos cálculos los pudo hacer mediante expresiones matemáticas deducidas durante la unidad y otras comprobadas de manera experimental.

Es de resaltar, que un objeto en un fluido recibe una fuerza debido a este, que se llama fuerza de empuje o flotabilidad; dicha fuerza es equivalente al peso del fluido desplazado, por ello se puede comprobar por qué algunos objetos flotan y otros de hunden.

Los principios de Arquímedes y de Pascal, son dos conceptos fundamentales de la hidrostática, ambos se refieren al comportamiento de los fluidos, pero desde distintos aspectos, para Arquímedes fue la flotabilidad, mientras que para Pascal fue cómo se transmite la presión en un fluido confinado. Sin embargo, ambos juegan un papel importante en diversas aplicaciones.

Varias expresiones que fueron utilizadas a lo largo de la unidad se encuentran detalladas en el resumen, la fuerza de empuje, por ejemplo, parte de un equilibrio mecánico, involucrando el peso y la propia fuerza de empuje, de esa manera se obtiene una expresión para calcularla.

Con respecto al principio de Pascal, si se aplica presión en un fluido confinado, la presión se distribuye uniformemente por todo el fluido, como aplicaciones puede mencionar los frenos hidráulicos de los automóviles y las prensas hidráulicas para elevar objetos pesados como automóviles.

Para el caso del peso, sabemos que relaciona la masa del objeto con la aceleración gravitatoria de la siguiente manera:

$$F_g = mg$$

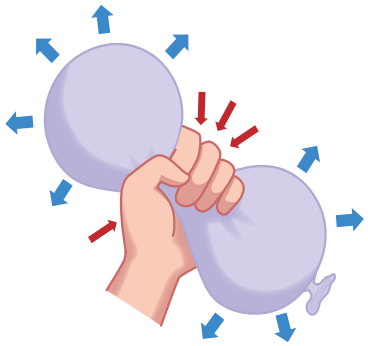
Puedes asumir que la fuerza de empuje sería igual:

$$F_e = mg$$

Con la diferencia de que la masa estaría relacionada con la cantidad de fluido desplazado, como lo notaste en la figura anterior, de esa manera puedes colocar la masa en función de la densidad del fluido (ρ) y el volumen desalojado (V), para que obtengas la siguiente expresión para la fuerza de empuje:

$$F_e = \rho V g$$

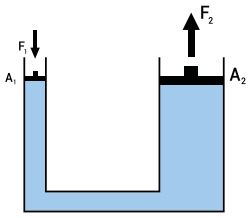
El principio o ley de Pascal establece que, si tienes un recipiente cerrado, totalmente lleno de un fluido, y si ejerces una presión sobre él, esta se transmite de forma similar a todas las partes del fluido y paredes del recipiente, por ejemplo, cuando ejerces presión sobre un globo inflado.



Una de las grandes aplicaciones que se basa en el principio de Pascal es la prensa hidráulica; por lo general, posee dos pistones con superficies diferentes sobre un fluido, una de las ventajas es que, si se aplica una fuerza sobre el pistón de menor superficie, esta se multiplica a razón de las áreas de las superficies.

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

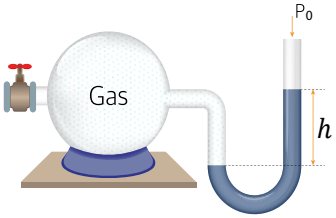
La presión que ejerce un líquido se conoce como presión hidrostática (P_H) y cambia dependiendo de la profundidad (h).

$$P_H = \rho g h$$

Cuando el recipiente del líquido se encuentra expuesto al medio, se considera la presión atmosférica (P_0) para el cálculo de la presión a cierta profundidad, dando como resultado la presión absoluta (P).

$$P = P_0 + \rho g h$$

Cuando resuelvas problemas o ejercicios donde se involucre la presión hidrostática, más que todo en los manómetros de tubo abierto, siempre considera que en el mismo nivel o profundidad la presión es similar, independientemente del fluido o fluidos involucrados; como ejemplo, observa la siguiente figura:



Si notas, al lado izquierdo hay gas y en el otro un fluido, basta con conocer la presión a un mismo nivel de la interfaz gas-líquido para saber la presión que el gas ejerce, cuyo cálculo se podría realizar utilizando la fórmula para la presión absoluta.

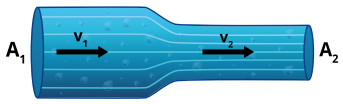
Con respecto a la **hidrodinámica**, iniciamos considerando la ecuación de continuidad como la aplicación del principio de conservación de masa.

La hidrostática proporciona un marco fundamental para comprender el comportamiento de los fluidos en reposo. Como notamos, sus principios tienen amplias aplicaciones en diversos campos de la ciencia y la ingeniería, que contribuyendo al desarrollo tecnológico.

La hidrostática, es la rama de la mecánica de fluidos, encargada de estudiar su movimiento y las fuerzas que intervienen en él, como el agua en una tubería, el aire alrededor de un avión o la sangre que circula en nuestras venas

Ecuación de continuidad

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



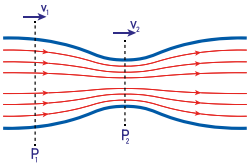
Además, partiendo de la ecuación de continuidad logramos obtener la rapidez con que el volumen del fluido se mueve en cualquiera de las dos secciones transversales, esto se conoce como **caudal** (Q) y es expresado de la siguiente forma:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

También, cuando planteaste el teorema del trabajo y la energía para una porción de fluido que se mueve en un tubo; lograste obtener la ecuación de Bernoulli que tiene relación con el principio de conservación de la energía en la mecánica de fluidos.

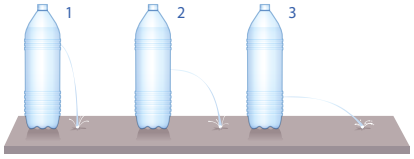
Ecuación de Bernoulli

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$



Por otra parte, la rapidez de salida para un fluido que sale por un orificio ubicado a una profundidad h del recipiente que lo contiene es conocido como teorema de Torricelli.

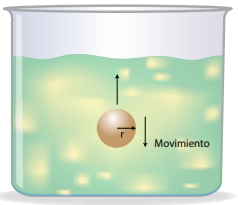
$$v = \sqrt{2gh}$$



Al inicio del estudio de la hidrodinámica, indirectamente despreciamos el efecto de fuerzas no conservativas en el fluido, pero estas dan lugar a disipación de energía mecánica que es transformada en energía térmica, que puede ser percibido debido a los cambios de temperatura en el entorno; también, las fuerzas de rozamiento transfieren energía.

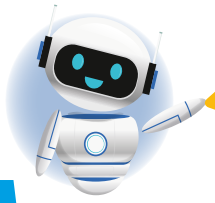
Para acercarte al comportamiento de fluidos reales en movimiento, debes considerar la contribución de las fuerzas y energía involucradas que se deriva de la resistencia del fluido al moverse **viscosidad** como también identificar por medio del número de Reynolds el tipo de flujo que posee.

La Ley de Stokes establece que la fuerza de resistencia que un fluido ejerce sobre un objeto sólido de forma esférica de radio r es:



$$F = 6\pi\mu r v$$

F = Fuerza de resistencia
μ = Viscosidad
r = Radio de la esfera
v = Rapidez de la esfera



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

- Hidrostática
- Hidrodinámica
- Densidad
- Presión
- Caudal
- Viscosidad

La ecuación de continuidad establece que, en un conducto cerrado, el caudal se mantiene constante, a lo largo del recorrido de un fluido, aunque el diámetro del conducto varíe, esto no afecta el caudal. Otra ecuación de mucha importancia fue la de Bernoulli, que relaciona la presión, rapidez y altura de un fluido; además parte del teorema del trabajo y la energía en fluidos.

La viscosidad, analiza la resistencia de un fluido al movimiento, como su espesor, y afecta tanto su rapidez como el comportamiento del flujo. Además, las fuerzas que actúan sobre los objetos en un fluido en movimiento, incluyen las fuerzas de arrastre y la de sustentación.

La hidrodinámica proporciona herramientas para comprender y analizar el movimiento de los fluidos, siendo fundamental en numerosas áreas de la ciencia y la tecnología. Además, tiene amplias aplicaciones, como en ingeniería civil, ingeniería mecánica, medicina, meteorología, oceanografía, entre otras disciplinas.

La siguiente evaluación, podrá considerarla de manera sumativa, dado que es una evaluación completa de la unidad, encontrará abarcando conceptos teóricos, así como la capacidad de aplicarlos en la resolución de problemas, tanto de hidrostática como de hidrodinámica.

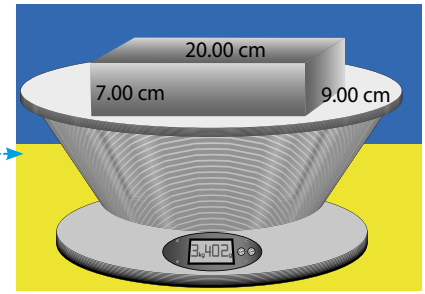
Se han incluido diagramas y esquemas para facilitar la compresión de los problemas, por otra parte, las unidades de medida que se han empleado, en la mayoría de dificultades, son las del Sistema Internacional para evitar inconvenientes al momento de realizar operaciones.

Se han incluido problemas conceptuales, para que se apliquen las magnitudes estudiadas y los fenómenos vistos en el desarrollo de la unidad, de manera gradual, con base en contenidos desarrollados cada semana.

Evaluación

Resuelve correctamente cada una de las siguientes dificultades y señala la respuesta correcta.

1. Se necesita calcular la densidad de un bloque en forma de paralelepípedo, para obtenerla se miden las dimensiones y su masa, los valores se muestran en la siguiente figura:



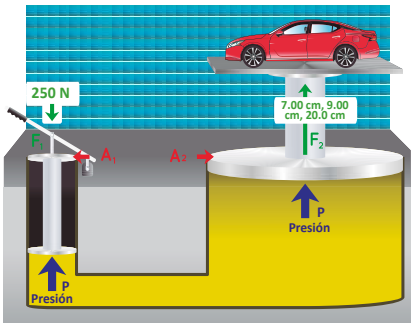
La densidad del bloque sería:

a. $0.0027\ \frac{g}{cm^3}$ b. $2\ 700\ \frac{kg}{m^3}$

c. $2.70\ \frac{kg}{m^3}$ d. $270\ \frac{g}{cm^3}$

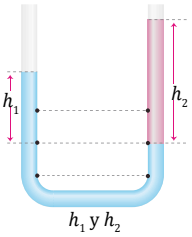
2. Si introduces el bloque del numeral anterior en un depósito hondo de glicerina, pasaría lo siguiente:
   a. El bloque flotaría porque recibe una fuerza de empuje menor a su peso.
   b. El bloque flotaría porque recibe una fuerza de empuje mayor a su peso.
   c. El bloque se hundiría porque recibe una fuerza de empuje menor a su peso.
   d. El bloque se hundiría porque recibe una fuerza de empuje mayor a su peso.

3. A un elevador hidráulico como el de la figura, se le aplica una fuerza de $250\ \text{N}$ hacia abajo sobre el pistón pequeño de $0.750\ \text{m}^2$ y eleva un automóvil. El área del pistón grande donde se coloca el automóvil es de $15.25\ \text{m}^2$.



Entonces, la fuerza que levanta al automóvil es:
   a. $12.3\ N$, hacia abajo
   b. $21.9\ N$, hacia arriba
   c. $5\ 083\ N$, hacia abajo
   d. $5\ 083\ N$, hacia arriba

4. Hay dos fluidos no miscibles y en equilibrio en un tubo con forma de U. Es correcto afirmar que las presiones a las profundidades h_1 y h_2 son:



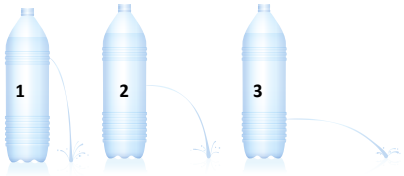
   a. $P_1 \neq P_2$ porque los fluidos no son miscibles.
   b. $P_1 = P_2$ porque se evalúa en un mismo nivel.
   c. $P_1 > P_2$ porque la cantidad de aire es mayor.
   d. $P_1 < P_2$ porque la cantidad de fluido es menor.

Semana 4 19

Este segmento se basó en evaluar los conceptos y en la resolución de problemas, referentes a los contenidos relacionados con hidrostática, posteriormente se desarrollan los de la otra rama de la mecánica de fluidos.

Similar a la parte de hidrostática, en hidrodinámica se abarca tanto la comprensión teórica de los conceptos como la capacidad de aplicarlos en la resolución de problemas prácticos, las cinco dificultades que se presentan resumen los contenidos claves que se desarrollaron durante la unidad.

5. A tres recipientes plásticos, idénticos, sin tapadera, llenos completamente de agua, de la misma forma y capacidad, se les perfora un orificio a diferentes profundidades como se muestra:



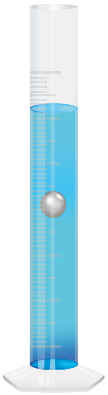
En cuanto a la rapidez de salida del fluido, es correcto afirmar que:

a. En el recipiente 1 es mayor porque el fluido está expuesto más cerca del aire y tarda menos en salir.
b. En el recipiente 2 es menor que la rapidez en el 1 y mayor a la del 3 porque se encuentra a una profundidad intermedia.
c. En el recipiente 3 es mayor porque la rapidez depende de la profundidad donde encuentre el orificio y cuando esta es mayor la rapidez aumenta.
d. En los tres recipientes es similar la rapidez porque el fluido recorre trayectos iguales, en igual cantidad de tiempo, en cumplimiento del principio de conservación de la masa.

6. Los bomberos, por lo general usan identificaciones para los chorros de agua contra incendios, en función de su caudal, uno de ellos es el chorro maestro, utilizado para incendios de gran magnitud, que realiza descargas alrededor de los 25 L/s y es alimentado con mangueras que tienen un diámetro aproximado de 75 mm. Determina la rapidez con la que sale el agua por la manguera, tomando como diámetro 75 mm.

a. 1.3 m/s
c. 4.2 m/s
b. 3.4 m/s
d. 5.7 m/s

7. Se requiere visualizar la caída de una esfera sólida de acero en un líquido, por lo que se procede a realizar un montaje experimental similar al de la ley de Stokes. Los fluidos que se pueden seleccionar para el experimento son los siguientes:
Agua, alcohol etílico, glicerina y lecitina de soya. Si se necesita que la esfera descienda lo más lento posible. ¿Cuál fluido recomendarías utilizar en el experimento?



a. Agua
c. Glicerina
b. Lecitina de soya
d. Alcohol etílico

8. Por una tubería de 10.00 cm de diámetro, circula glicerina con una viscosidad aproximada de 1.49 Pa·s. Si en un tramo de la tubería la glicerina alcanza una rapidez de 120 m/s, ¿qué valor tendría el número de Reynolds?

a. 10 156
c. 3 678
b. 8 175
d. 1 766

9. Si se pretende tener un límite donde la glicerina se comporte como un flujo laminar, ¿cuál tendría que ser la rapidez terminal para lograrlo?

a. 13.2 m/s
c. 19.2 m/s
b. 17.5 m/s
d. 23.6 m/s

20

Cuando observe que un fluido evacúa por un orificio, en la mayoría de los casos, se cumple el teorema de Torricelli, que establece que la rapidez de salida del fluido cumple con la siguiente expresión:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Puede verificar el Libro de Texto por si tiene duda en algunas magnitudes.

Deberá diferenciar entre flujo laminar y turbulento para desarrollar alguno de los problemas planteados, le será útil tener cerca el Libro de Texto y verificar los últimos contenidos. También, tiene la libertad de revisar el resumen o la parte teórica de la Guía Metodológica.

El cierre de la evaluación de la unidad de mecánica de fluidos no solo implica la evaluación de las dificultades, sino también una reflexión sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje y la retroalimentación a los estudiantes.

Las aplicaciones de la mecánica de fluido son diversas, entre ellas podemos mencionar los flujos en nano y microescala, que se refieren al comportamiento de los fluidos cuando se confinan en canales o espacios con dimensiones del orden de nanómetros o micrómetros. A estas escalas, las fuerzas intermoleculares y los efectos de superficie dominan sobre las fuerzas de inercia y la gravedad, lo que da lugar a fenómenos fluidodinámicos únicos y diferentes a los observados en escalas macroscópicas.

Algunas de las características principales que poseen los flujos en nano y microescala son: dominio de las fuerzas viscosas, importancia de las fuerzas de superficie, efectos de deslizamiento, difusión molecular, flujos multifásicos complejos, entre otros.

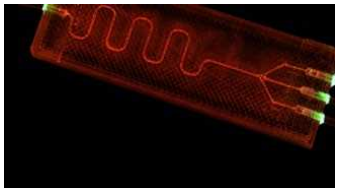
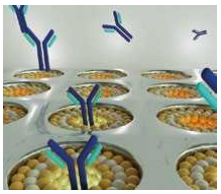
Es de suma importancia conocer el trabajo que salvadoreños realizan en el ámbito de la mecánica de fluidos, es probable que conozca otra persona de su comunidad, puede darlo a conocer a los estudiantes para motivarlos a que hay salvadoreños que aplican la ciencia y la tecnología y tienen reconocimiento tanto a nivel nacional como internacional.

Tecnología

Flujos en nano y microescala

Avances recientes en ciencia y tecnología tienen como objetivo fabricar dispositivos más pequeños. Por ejemplo, la industria electrónica posee ganancias en productividad, eficiencia, escala e incluso en nuevos productos que cambian la cultura, que resultan del diseño y control de dispositivos pequeños. Avances y aplicaciones similares se desarrollan en la hidrodinámica que ocurre a un ritmo acelerado. La tecnología resultante se denomina **microfluídica** si los tamaños típicos de los canales que transportan fluidos son inferiores a $1\ mm$ y **nanofluídica** cuando los tamaños típicos involucrados son inferiores a $1\ \mu m$.

La capacidad de controlar fluidos en canales de dimensiones tan pequeñas está generando avances en la investigación básica e innovaciones tecnológicas en biología, química, ingeniería y física. Por ejemplo, se están utilizando acelerómetros de tamaño micrométrico para desplegar sistemas de bolsas de aire en automóviles. Los nuevos bioensayos que consisten en redes de microfluidos están diseñados para la administración de fármacos. Los avances son más significativos en la investigación centrada en nuevos materiales, nuevos métodos de fabricación, enfriamiento de dispositivos electrónicos, flujos multifásicos en laboratorios en un chip y esfuerzos para comprender los procesos básicos en células biológicas individuales.


Conozcamos a...



César Armando Alvarado Batres

Originario de San Juan Nonualco, La Paz. Graduado de Licenciatura en Física en la Universidad de El Salvador, posteriormente realizó estudios de posgrado en Hidrogeología y Manejo del Recurso Hídrico en la Universidad de Costa Rica por medio de una beca de excelencia del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), obteniendo el reconocimiento de mejor promedio académico del posgrado.

Actualmente, se desempeña como docente e investigador del Departamento de Geofísica en la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, donde impulsa la investigación en aguas subterráneas por medio de su Grupo de Investigación de Hidrogeología, ayudando a varias comunidades en la gestión integral del recurso hídrico y formando profesionales en Física y Geofísica.

Ha realizado diversas publicaciones científicas en el área de la hidrogeología y de la educación superior en revistas nacionales e internacionales.

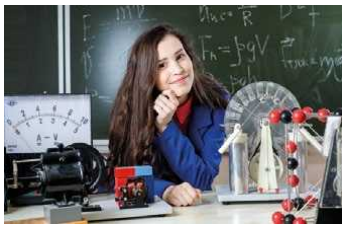
Vale la pena destacar que el diseño y análisis de sistemas micro y nanofluídicos requieren de enfoques teóricos y experimentales específicos, que tienen en cuenta los efectos de escala y las fuerzas dominantes a estas dimensiones. Se utilizan herramientas como la mecánica de fluidos computacional (CFD) y técnicas de microfabricación para el desarrollo de estos dispositivos.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Física

Duración: 5 años/10 ciclos



Descripción. La Licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que conducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Propiedades de los materiales
- Aprovechamiento de los recursos naturales
- Hidrogeología, hidrología e hidráulica
- Meteorología
- Equipos científicos o industriales
- Metrología
- Astrofísica
- Radiación

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Mecánica

Duración: 5 años/10 ciclos



Descripción. La Ingeniería Mecánica se ocupa del diseño, construcción y operación eficiente, segura y económica de dispositivos, máquinas e instalaciones mecánicas, para la solución de problemas prácticos. Interviene además en procesos industriales, de planificación y de investigación o supervisión de sistemas mecánicos.

La Ingeniería Mecánica ofrece las bases para desempeñarse en investigación aplicada, diseño y desarrollo, e instalación y mantenimiento de sistemas de distintos campos, como los siguientes:

- Industria de construcción
- Industria automotriz
- Industria textil
- Industria alimenticia
- Producción energética
- Tratamiento de aguas
- Biomedicina
- Manufacturas

Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

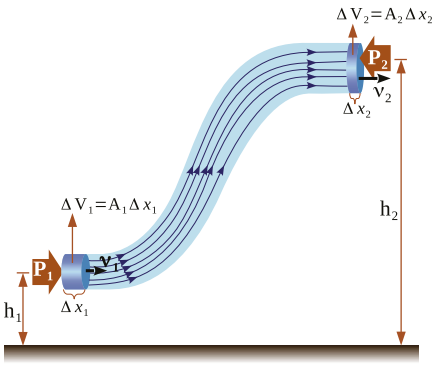
Actividad avanzada

Indicadores avanzados:

- Desarrollo teórico de la ley de Bernoulli.

A. Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una expresión fundamental en la mecánica de fluidos, describe el comportamiento de un fluido en movimiento a lo largo de una línea de corriente, en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento). Observe la siguiente figura:



Proporcione algunos conceptos que pueden ser de utilidad al momento de considerar las condiciones en ambos puntos del tubo, como que el fluido debe ser incompresible y no viscoso, el flujo debe ser constante en el tiempo (estacionario), sin cambios en la velocidad y presión en un punto dado.

Representa una porción de fluido que se mueve en un tubo, considere los principios de la ecuación de continuidad y realicé un planteamiento similar al del teorema del trabajo y la energía.

$$\Delta W = \Delta K + \Delta U$$

Donde ΔW: Trabajo, ΔK: cambio de energía cinética y ΔU: cambio de energía potencial gravitatoria. Analice ambos puntos y encuentre el trabajo efectuado por la porción de fluido:

$$\Delta W = P_1 A_1 \Delta x_1 - P_2 A_2 \Delta x_2 = (P_1 - P_2)V$$

Considere que la ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente, en la tercera lección se estableció como una línea imaginaria trazada a través del fluido donde cada punto es tangente a la dirección de la velocidad del fluido.

Realice lo mismo para la energía cinética y el potencial gravitatorio:

$\Delta K = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)$ $\Delta K = \frac{1}{2} \rho V(v_2^2 - v_1^2)$	$\Delta U = mg(h_2 - h_1)$ $\Delta U = \rho V g(h_2 - h_1)$

Ahora utilice el teorema del trabajo y la energía para obtener la ecuación de Bernoulli.

$$\Delta W = \Delta K + \Delta U$$

$$(P_1 - P_2)V = \frac{1}{2}\rho V(v_2^2 - v_1^2) + \rho V g(h_2 - h_1)$$

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(h_2 - h_1)$$

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Unidad 2
Calor y temperatura
Eje integrador: energía

Dominio clave

Un sistema cambia de estado de equilibrio cuando una de las variables macroscópicas experimenta un cambio. A esta variación se le conoce como proceso o transformación termodinámica; estos procesos pueden ser reversibles o irreversibles.

Competencia

Formular conclusiones propias acerca de los procesos termodinámicos y la eficiencia de máquinas térmicas, a partir de la experimentación y la resolución de problemas.

Indicadores de logro

2.1. Distingue cambios de fase en sustancias puras a partir de un experimento.
2.2. Interpreta el gráfico de temperatura versus tiempo de una sustancia para el análisis del calor específico.
2.3. Calcula el calor latente y el calor específico a partir de un gráfico de calentamiento.
2.4. Efectúa experimentos sobre procesos termodinámicos en un gas ideal.
2.5. Resuelve problemas a partir de graficas de procesos termodinámicos.
2.6. Explica con sus palabras el concepto de equilibrio térmico.
2.7. Elabora un dispositivo transformador del calor en trabajo mecánico.
2.8. Resuelve problemas empleando la primera ley de la termodinámica.
2.9. Explica un proceso irreversible de extracción de calor por medio de trabajo mecánico.
2.10. Resuelve problemas acerca de la máxima eficiencia posible en una reversión parcial con máquinas térmicas.



Pistones de motor y su conbusción

Duración: 4 semanas

Presentación



Esta unidad está diseñada para fortalecer las habilidades de análisis, predicción, resolución de problemas, registro y representación en gráficos de datos, a la vez que estimula la curiosidad por fenómenos relacionados con la transformación de la energía térmica en trabajo mecánico (por ejemplo, en motores térmicos).

Se emplea el eje de Energía para estudiar la interacción energética entre las propiedades del fluido de trabajo y las del entorno o, bien, entre el sistema y el entorno, cuya delimitación a veces es física y otra imaginaria, marcada por una frontera que debe definirse.

Así es como se irá relacionando las propiedades termodinámicas del fluido de trabajo y las propiedades del entorno en la medida que se avance en los contenidos de la unidad. Se aprovecha, además, para propiciar la interpretabilidad de los gráficos de los procesos termodinámicos y el diseño de máquinas térmicas.

Preparaciones de la unidad

En el desarrollo de la unidad, algunas actividades requerirán preparativos. Además, si no se dispone de un laboratorio, es importante identificar el área donde se realizarán las distintas actividades, con el fin de asegurar resultados eficaces. A continuación, se resumen las actividades que requieren especial atención y planificación previa.

Solicitud de implementos	
Semana 5	Actividades A, B y D
Semana 6	Actividades A, B y C
Semana 7	Actividad A, B, C y D
Semana 8	Actividades A

Montaje de dispositivos	
Semana 5	Actividad B
Semana 7	Actividades C y D

Ensayos experimentales	
Semana 5	Actividades A y B
Semana 6	Actividades A, B y C
Semana 8	Actividad A

Organización de equipos de trabajo	
Semana 8	Actividad A

Semana 5 Cambio de temperatura y de fase

Contenido

Cambios de temperatura y fase
- Fusión, solidificación, vaporización, condensación y sublimación
- Calor específico y calor latente

Indicadores de logro

2.1. Distingue cambios de fase en sustancias puras a partir de un experimento.
2.2. Interpreta el gráfico de temperatura versus tiempo de una sustancia para el análisis del calor específico.
2.3. Calcula el calor latente y el calor específico a partir de un gráfico de calentamiento.



Preparaciones de la semana

A. Evaporación

- Solicite a los estudiantes que lleven una bolsa de hielo, un cronómetro (celular), una botella con 5 ml de alcohol y otra botella con 5 ml de agua.

B. Fusión y ebullición de agua

- Realice ensayos previos del experimento.
- Solicite a los equipos hielo, un cronómetro y un recipiente metálico.
- Tenga disponible una cocina.

C. Calor específico y calor latente de una sustancia

- Solicite a los estudiantes que lleven una calculadora.

D. Calor específico y calor latente del agua

- Solicite a los estudiantes que lleven una calculadora.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.
https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

En esta etapa, los estudiantes experimentarán la evaporación utilizando agua y alcohol para explorar cómo las transferencias de calor influyen en este proceso. A partir de la observación directa de sensaciones en la piel, relacionarán fenómenos cotidianos, como el sudor o el secado de la ropa, con los cambios de fase y temperatura.

- Aclare que ni el alcohol adquirido en la farmacia ni el agua del grifo son sustancias puras; sin embargo, esto no afecta el resultado del experimento.
- En el *literal b*, recuerde que los tres procesos de transferencia de calor son: conducción, si la transferencia es por contacto; convección, si hay movimiento masivo del gas o líquido que se expande y eleva; y radiación, si hay emisión de ondas electromagnéticas, como las del filamento de una bombilla encendida o la que recibimos del Sol.
- Haga notar que, cuando se ve la formación de burbujas en el fondo de una olla con agua expuesta al fuego, el proceso se llama ebullición.

Explique esta convención en la ecuación 2.8, pág. 56 del Libro de Texto donde aparece positivo el término $Q_{entrada}$.

Indagación

Cambio de temperatura y de fase

Cuando los elefantes encuentran una fuente de agua durante la migración, rocían con la trompa su espalda y cabeza para refrescarse. Del mismo modo, si te echas agua en el rostro, te refrescas en un día caluroso, pero ¿a qué se debe el efecto de enfriamiento en la piel? Para comprender este fenómeno, realiza la *actividad A*.



25 min

Ojo al dato...

Convención de signos establecida para la transferencia de calor, Q: el calor toma un valor positivo cuando la sustancia absorbe energía térmica ($+Q_{ganado}$), y toma un valor negativo cuando libera energía térmica ($-Q_{liberado}$).

A. Evaporación

A continuación, experimentaremos dos procesos de evaporación en nuestra piel empleando sustancias distintas para comprender el origen de la sensación que dejan.

Materiales:

- 5 mL de alcohol
- 5 mL de agua

Procedimiento:

1. Coloca 3 gotas de alcohol en tu mano. Espera hasta que se vaporicen.
2. Coloca 3 gotas de agua en tu mano. Sopla hasta que se vaporicen.
3. Analiza y responde en el Cuaderno de Trabajo.
   a. ¿Qué sensación percibes a medida que el alcohol se evapora?
   b. ¿Por qué las transferencias de calor (conducción, convección o radiación) se encuentran involucradas durante la evaporación de los líquidos y cómo es su influencia?

p. 22

El fenómeno que se experimenta es el de la evaporación. Este se realiza en la «interfase líquido-vapor» a temperatura ambiente, sin cambio de temperatura para el líquido. Hay más situaciones donde se produce, por ejemplo: el agua de un vaso, la ropa mojada secándose al aire libre, un perfume al aire libre, el sudor, etc. Sin embargo, existe otro tipo de vaporización conocida como ebullición, que se realiza en la «interfase sólido-líquido».

40

Posible dificultad

Para la asignación del signo de una transferencia de calor, plantee ejemplos como el siguiente: la pérdida de energía térmica de $77\,300$ J se escribirá como $Q = -77\,300$ J. El signo negativo indica que la sustancia cede o libera $77\,300$ J de calor hacia su entorno. Pero si absorbe $77\,300$ J, lo escribirá $Q = +77\,300$ J.

En esta etapa, los estudiantes explorarán los cambios de fase del agua mediante la construcción de curvas de calentamiento. Observarán la fusión y la ebullición, registrando datos de temperatura y tiempo para analizarlos gráficamente. La experiencia fomenta la comprensión del calor específico y del calor latente, desarrollando habilidades científicas de registro, análisis y explicación de fenómenos cotidianos relacionados con la energía térmica.

Creatividad

El agua contenida en la atmósfera y los océanos es un importante regulador del clima terrestre porque posee una gran capacidad calorífica que le permite transportar y almacenar grandes cantidades de calor. Tiene el valor más alto de calor latente de evaporación de todas las sustancias y el valor más alto de calor latente de fusión (a excepción del amoníaco, NH_3). Estos grandes valores son importantes para la transferencia de calor y agua en la atmósfera.

50 min

Unidad 2

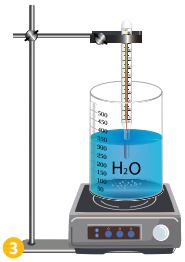
B. Fusión y ebullición del agua

En esta actividad se calentará agua en estado sólido y se pondrán las mediciones en una gráfica nombrada **curva de calentamiento** de «temperatura vs. tiempo», mientras el agua pasa por las fases de fusión y ebullición.



Materiales:

- Termómetro, rango de $0\ °C$ o menor a más de $100\ °C$
- Soportes de pinzas para sostener el termómetro y el recipiente
- Hielo
- Cronómetro
- Cocina eléctrica
- Recipiente metálico



Procedimiento:

1. Coloca trozos de hielo dentro del recipiente metálico.
2. Coloca el recipiente sobre el quemador de la cocina apagada.
3. Ajusta la altura del termómetro con el soporte de pinzas y deja el bulbo del termómetro sobre el hielo.
4. Enciende la cocina, deja la perilla en una posición fija e inicia el cronómetro. Registra en la tabla de tu Cuaderno de Trabajo.
   a. Anota la temperatura (T_a) y el tiempo inicial (t_a=0).
   b. Vuelve a tomar la temperatura (T_b) y el tiempo (t_b) cuando observes el primer cambio. Registra los datos en la tabla.
   c. Repite el paso anterior cuando observes que el agua comienza a ebullir.
   d. Finaliza la medición cuando el bulbo quede expuesto a la atmósfera.
5. Realiza y responde lo que se plantea en tu Cuaderno de Trabajo.

p. 22

Leí que todas las sustancias tienen valores propios de temperatura de evaporación y fusión, y que la presión afecta esos valores.



El agua del recipiente abierto experimentó una interacción térmica con el quemador a alta temperatura de la cocina por el simple hecho de estar a una temperatura menor que el quemador. Este tipo de interacción causó calor o transferencia de energía por calor del quemador al agua.

¡Es sorprendente que haya intervalos de tiempo con temperatura constante en el agua! La energía térmica transferida se utiliza para superar las fuerzas de atracción intermoleculares del agua en lugar de aumentar su temperatura. Este mismo comportamiento se ha observado también en otros líquidos. En general, la temperatura no subirá ni bajará en cualquier cambio de fase hasta que se haya terminado de transformar completamente la masa de una fase de la sustancia. El hielo no subirá de los $0\ °C$ hasta haberse agotado todo el hielo.

- Apóyese en el valor de la capacidad calorífica del agua para que los estudiantes reconozcan su importancia como moderador del clima mundial.
- Recuérdeles que el agua posee uno de los valores más altos de calor específico ($4180\ J/kg\ °C$), lo cual significa que para que $1\ kg$ de agua aumente su temperatura en $1\ °C$, necesita absorber $4180\ J$ de energía térmica. Este rasgo explica por qué los océanos y la atmósfera pueden almacenar y transportar grandes cantidades de calor, regulando así la temperatura del planeta y suavizando los cambios extremos de clima.

En la *actividad C*, los estudiantes calcularán el calor específico y el calor latente del agua, a partir de un gráfico de calentamiento. Es importante que conozcan que, en los tramos inclinados del gráfico, donde la temperatura aumenta progresivamente, corresponde la aplicación de la expresión $\mathrm{Q = m\ c\ \Delta T}$. En cambio, en los tramos horizontales, utilizarán la expresión $\mathrm{Q = m\ L}$ porque representan los cambios de fase. En estos tramos, la energía térmica absorbida no incrementa la temperatura porque se destina a vencer las fuerzas de atracción entre las moléculas de agua.

- Con el recurso de Realidad Aumentada (RA) puede realizar un análisis del ciclo que sigue la transferencia de calor desde el interior hacia el exterior de la refrigeradora, debido al alto calor específico del refrigerante.
- Explique que observarán la dirección de la extracción de energía térmica de los alimentos en el interior de la refrigeradora, el viaje del refrigerante portador de dicha energía a través de las tuberías del sistema de refrigeración y la liberación de esta energía térmica a la atmósfera por los serpentines de la parte trasera de la refrigeradora.

30 min

CALOR ESPECÍFICO

Por el alto calor específico del refrigerante circulando se absorbe gran cantidad de energía térmica del contenido del refrigerador.

Notación...

Q es el calor que absorbe o cede la sustancia (sistema), en J. La masa de la sustancia es m, en kg.

$\Delta T = T_f - T_i$ expresa la diferencia de la temperatura de la sustancia, donde T_i es la temperatura inicial y T_f la temperatura final, esta puede expresarse en $°C$ o K.

La unidad del calor específico es $\frac{J}{kg\,K}$ y su símbolo es c (minúscula). La unidad del calor latente es $\frac{J}{kg}$ y su símbolo es L (mayúscula) especificado de un subíndice (cambio de fase): L_f, calor latente de fusión o solidificación; L_v, calor latente de vaporización o condensación.

C. Calor específico y calor latente de una sustancia

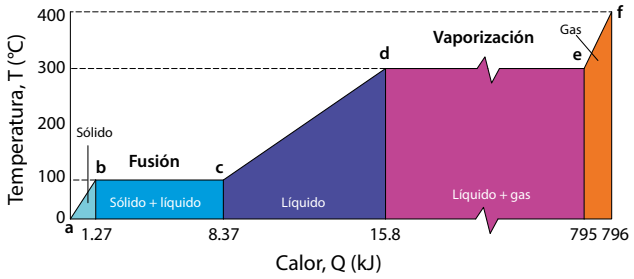
A partir de la información dada en el gráfico de calentamiento «temperatura vs. calor» vamos a obtener, tramo por tramo, las cantidades de energía térmica que absorben $15.0\ g$ de agua durante las diferentes fases y cambios de fase que van pasando hasta convertirse en un gas a $400\ °C$ de temperatura.

Procedimiento:

1. Observa con detenimiento los nombres, los valores y las unidades que toman los ejes horizontal y vertical del gráfico de calentamiento.
2. Responde lo que se vaya indicando, siguiendo el ejemplo del tramo a-b, utiliza subíndices para especificar cada tramo.

p. 23

Gráfico de calentamiento



3. Calcula, en los tramos a-b, c-d y e-f, las capacidades específicas de la sustancia, utilizando la ecuación y los cambios de temperatura obtenidos en *a*.

$$Q = mc\Delta T \qquad 2.1$$

4. Calcula, en los tramos b-c y d-e, los calores latentes de la sustancia por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = mL \qquad 2.2$$

5. Analiza y responde lo que se plantea en tu Cuaderno de Trabajo.

Como puedes observar, usamos dos constantes para la misma sustancia. En todos los tramos se añadió energía térmica. La cantidad de energía térmica que provoca un cambio de fase (sin cambio de temperatura) en la sustancia se llama **calor latente**. Estos cambios de fase ocurren en los tramos b-c ($100\ °C$) y d-e ($300\ °C$). Por otro lado, en los tramos a-b, c-d y e-f, donde la temperatura aumenta a medida que la energía térmica se añade, debemos usar la **capacidad específica**.

42

Posible dificultad

El estudiante puede confundir los tramos del gráfico y aplicar la ecuación incorrecta. Indique que en los tramos inclinados se usa la ecuación 2.1 (calor específico) y en los horizontales, la ecuación 2.2 (calor latente).

Para la *actividad D*, es necesario considerar las diferentes etapas de cambio de fase y el calor específico de cada una de ellas, así como el calor latente de fusión y vaporización del agua desde el estado sólido hasta el gaseoso. El objetivo es calcular la cantidad de energía térmica en cada etapa y representar gráficamente este proceso mediante una curva de calentamiento que relacione la temperatura con el calor suministrado.

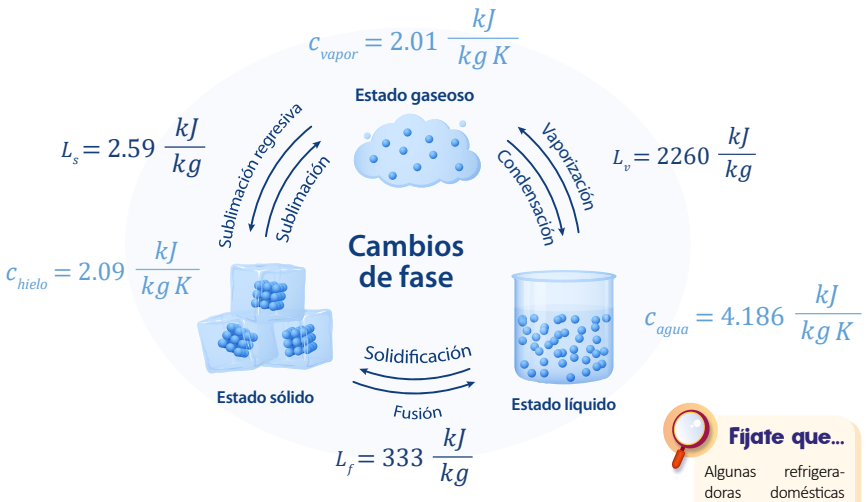
D. Calor específico y calor latente del agua

Vamos a calcular la cantidad de energía térmica total que se necesita suministrar a $20.0\ kg$ de hielo que se halla a $-15.0\ °C$, bajo una presión de $1\ atm$ ($101.3\ kPa$) para convertirlo en vapor de agua a $110.0\ °C$. Utilizaremos la información dada en la figura. Luego, graficaremos la curva de calentamiento «temperatura vs. calor».

1 h

Procedimiento:

1. Observa a detalle la figura, que presenta las constantes del calor específico y el calor latente del agua.



2. Calcula lo que se lista a continuación dejando constancia de tus procedimientos en tu Cuaderno de Trabajo. P. 24
   a. La energía térmica Q_{hielo}, que debe absorber el hielo para subir la temperatura de $-15.0\ °C$ a $0\ °C$. Emplea la ecuación 2.1.
   b. La energía térmica $Q_{fusión}$ necesaria para fundir todo el hielo a $0\ °C$. Emplea la ecuación 2.2.
   c. La energía térmica Q_{agua} requerida para subir la temperatura de $0\ °C$ a $100\ °C$.
   d. La energía térmica $Q_{vaporización}$ necesaria para vaporizar el agua.
   e. La energía térmica para subir la temperatura de $100\ °C$ a $110\ °C$.
   f. Suma todas las cantidades de energía térmica.
3. Elabora el gráfico «temperatura vs. calor» a partir de los datos experimentales calculados en el *paso 2*.

Observa que los valores de los calores latentes de fusión y solidificación, de vaporización y condensación, y de sublimación regresiva y sublimación son los mismos. El calor latente nos indica la energía térmica requerida para cambiar de fase una sustancia; mientras la temperatura permanece constante.

Fijate que...

Algunas refrigeradoras domésticas operan con el gas refrigerante R-134a. Su calor específico desempeña un rol crucial en el proceso de mantener fríos los alimentos de su compartimiento interior.



Unidad 2

- Explique que la energía necesaria para pasar del estado sólido al líquido (calor latente de fusión) es menor que la energía necesaria para cambiar del líquido al gaseoso (calor latente de vaporización), debido a las fuerzas intermoleculares en cada transición.
- Mencione que se necesita más energía para romper los enlaces de hidrógeno y convertir el agua líquida en vapor, en comparación con la energía necesaria para pasar del hielo al agua líquida.

Guíe al estudiantado paso a paso para que comprenda la secuencia lógica del proceso de calentamiento del agua y cómo se representan los cambios de energía en un gráfico de «temperatura vs. calor». Al iniciar, recuerde aclarar el objetivo de la práctica: analizar cómo el agua, al pasar por distintas fases (sólido, líquido y gas), necesita distintas cantidades de energía en cada tramo.

Comunicación

En la etapa de Comunicación, los estudiantes compartirán y discutirán sus observaciones sobre la energía térmica y la transferencia de calor entre sistemas. Por medio de ejemplos con diferentes volúmenes de agua, identificarán conceptos como sistema, entorno y frontera. El trabajo en equipo favorecerá la construcción de conclusiones claras sobre las condiciones necesarias para que ocurra el flujo de calor.

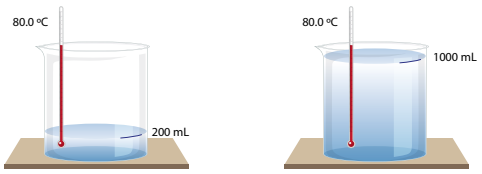
- Para más información sobre energía térmica consulte el *Fundamento teórico*, donde encontrará ejemplos sobre la transferencia y flujo de calor.
- Explique comparando los dos recipientes de agua (el del medio y el de la izquierda) a diferentes temperaturas.
- Genere una discusión sobre cómo las diferencias de temperatura determinan la cantidad de energía térmica que liberará la sustancia a su entorno.

1 h

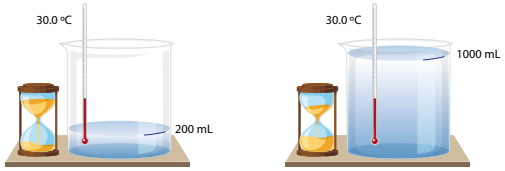
Comunicación

En las actividades anteriores, hemos visto los cambios de temperatura y de fase, ahora vamos a examinar los cambios que ocurren en dos volúmenes diferentes de agua ($200\ mL$ y $1\ 000\ mL$), a la misma temperatura ($80.0\ °C$), contenidos en recipientes destapados (presión atmosférica de $101.3\ kPa$), mientras el aire que los rodea se halla a $30.0\ °C$. Analicemos cuál de ellos almacena la mayor energía térmica.

¿Notaste que mencionamos repetidas veces el concepto de energía térmica? Recordemos que su primera aparición fue en la *Semana 6* del Libro de Texto de 6.º, en esa ocasión, fue aplicado a dos volúmenes de la misma sustancia, los cuales se encontraban inicialmente en las mismas condiciones de presión y temperatura.

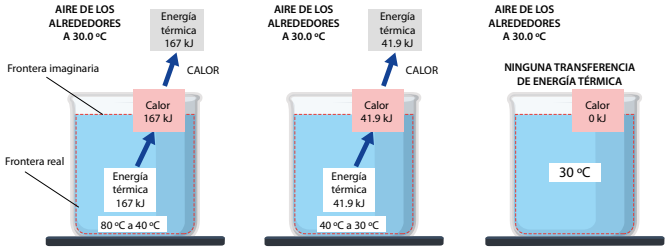


Si los dejamos enfriar hasta $40.0\ °C$, ¿cuál de ellos tardará más tiempo? La respuesta intuitiva y correcta es el de $1\ 000\ mL$. En una primera aproximación, la energía térmica almacenada de una sustancia depende de la temperatura y la masa (ecuación 2.1). Obviamente hay menos masa en $200\ mL$.



Otro concepto estudiado anteriormente fue el calor, lo vimos en la *semana 7* del Libro de Texto de 6.º. Existe una condición para que ocurra un flujo de energía térmica por calor, o calor entre dos regiones. ¡Averigüémosla!

Supón que esperas suficiente tiempo hasta enfriar $1\ 000\ mL$ de agua desde $80.0\ °C$ hasta $30.0\ °C$ (temperatura del aire de los alrededores). Por medio de la ecuación 2.1 hemos calculado el calor en dos intervalos de temperatura, de $80.0\ °C$ a $40.0\ °C$ y después de $40.0\ °C$ a $30.0\ °C$. En las primeras dos figuras de abajo presentamos los valores, respectivamente.



44

En la segunda parte de esta etapa, se analiza con detalle un mismo volumen de agua rodeado por aire usando datos de temperaturas. En los primeros dos escenarios, la temperatura del aire es menor que la del agua. La transferencia de calor viaja del agua hacia el aire y es cada vez menor en la medida que la temperatura del agua se acerca a $30.0\ °C$. La transferencia cesa en el tercer escenario porque el agua y el aire llegan al equilibrio térmico. Es importante que el estudiantado comprenda que la diferencia de temperatura es la causa de la transferencia de calor.

Esta etapa cierra con una actividad que refuerza el uso de los términos sistema, frontera y entorno. De hecho, recomiende al estudiantado que trace siempre la frontera, imaginaria o real, sobre la ilustración. Esto evitará confusiones entre los conceptos de energía térmica (no atraviesa la frontera) y calor (sí la atraviesa).

Observa que el calor liberado por el agua es mayor en la primera figura ($167\ kJ$). ¿A qué se debe? Ahí está la diferencia de temperatura mayor, ya que: $\Delta T = T_f - T_i = 40.0\ °C - 80.0\ °C = -40.0\ °C$ (o, $-40.0\ K$).

A medida que la temperatura del agua se aproxima a la del aire ($30.0\ °C$), el calor liberado es menor, tal como lo demuestran los $41.1\ kJ$ de energía térmica cedidos al entorno (segunda figura). Al llegar a los $30.0\ °C$, ambas temperaturas son iguales y cesa el viaje del calor ($0\ kJ$) porque $\Delta T = 30.0\ °C - 30.0\ °C = 0\ °C$ (tercera figura). Por otro lado, es incorrecto afirmar que el agua dejó de tener calor, porque las sustancias no tienen calor, pero sí es posible afirmar que el agua contiene energía térmica almacenada.

Como ves, el desequilibrio térmico entre el agua y el aire es la condición que permite la transferencia de calor. El **calor** es una de las dos formas de energía que se pueden transferir entre dos sistemas o entre un sistema y sus alrededores debido a una diferencia de temperatura. Es simplemente la energía térmica en tránsito cuando hay una diferencia de temperatura. El calor atraviesa la frontera de un sistema.

Si observas con atención la figura de la izquierda, que utilizamos en nuestra discusión sobre el calor, verás que se han ilustrado algunos nuevos términos que utilizaremos de acá en adelante. Le llamamos **sistema** a la cantidad de materia o a una región en el espacio elegida para el análisis. La masa o región fuera del sistema se conoce como **entorno**. La superficie, ya sea real o imaginaria que separa al sistema de su entorno se denomina **frontera** (ver figura inferior izquierda de la página anterior).

He leído que la energía interna tiene que ver con la energía almacenada en las moléculas que constituyen una sustancia. Por esta razón, la energía interna engloba varias categorías: energía térmica, energía química (almacenada en los enlaces químicos), energía nuclear, entre otras.



E. Discusión de la nueva terminología y aplicaciones

Analiza y discute con tus compañeros el siguiente numeral:

Procedimiento:

1. Identifica el sistema, la frontera y los alrededores de las actividades experimentales de la semana.

En la *actividad B* aprendiste que el proceso de ebullición del agua requiere absorber mayor energía térmica que el de fusión. Para saber estas cantidades debemos tener los calores latentes de la sustancia. La conclusión de esto es que no todos los cambios de fase requieren la misma cantidad de energía térmica. Este es el caso del refrigerante R-134a que posee un calor específico de vaporización de $216\ kJ/\ kg$ durante su circulación en las tuberías de algunas refrigeradoras domésticas.

Los valores numéricos de masa y temperatura que medimos en las *actividades B y C* expresan una parte de la condición en la que se encontraba el agua (sistema) en ese momento. Este subconjunto (todavía incompleto) de propiedades de valores conocidos expresa el **estado** del sistema.

Debido a que existen más relaciones entre propiedades que permiten calcular otras, especificaremos mejor el estado termodinámico de los sistemas analizados en las próximas semanas. Pero es necesario aclarar que, ni el calor ni el trabajo son propiedades y, por tanto, no definen el estado del sistema.

- Ejemplifique los conceptos de sistema termodinámico y entorno (o alrededores) mediante situaciones que cumplan el equilibrio térmico. Por ejemplo, cuando se introducen alimentos al refrigerador que inicialmente están a mayor temperatura que el aire frío del interior, con el tiempo, estos ceden parte de su energía térmica al aire frío hasta que ambos alcanzan la misma temperatura. Dándose el equilibrio térmico entre el sistema (alimentos) y el entorno (aire interior).
- Utilice otros ejemplos, como el de una taza de café caliente sobre la mesa que, con el tiempo, parte de la energía térmica del café se transfiere a la taza y al aire de su alrededor hasta que el café (sistema) y el entorno (la taza y el aire circundante) alcanzan la misma temperatura.
- Discuta con los estudiantes que el calor y el trabajo no son propiedades del sistema, ya que ambos son procesos de transferencia o paso de energía del sistema hacia el entorno o viceversa. No están contenidos en el sistema.

Posible dificultad

Aclare que es error afirmar: «el agua tiene $50\ \text{kJ}$ de calor o $50\ \text{kJ}$ de trabajo». Y que no es error afirmar: «el agua está a $50\ °\text{C}$» porque la temperatura es una propiedad termodinámica del sistema.

Durante la evaporación, las moleculas del líquido requieren de energía para transformarse en vapor, la cual obtienen por conducción (desde la piel hacia el líquido), convección (cuando el aire en movimiento, como al soplar, acelera la evaporación) y radiación (el intercambio de calor entre la piel, el aire y los objetos cercanos). Estas transferencias explican la sensación de enfriamiento al evaporarse el alcohol o el agua.

- Explique las duraciones de los procesos de fusión (ab) y ebullición o vaporización (cd) en la curva de calentamiento (líneas horizontales) con los valores de los calores latentes del agua.
- Haga énfasis para que observen que la ebullición dura más tiempo que la fusión.

Criterios de evaluación

- Reconoce el punto de fusión y de ebullición del agua en la gráfica.
- Describe los intervalos donde el agua está en fase sólida, líquida y gaseosa.

Cambios de temperatura y de fase

Indagación

A. Evaporación

a. ¿Qué sensación percibes a medida que el alcohol se evapora? Frío: X Caliente: ____.

b. ¿Por qué las transferencias de calor (conducción, convección o radiación) se encuentran involucradas durante la evaporación de los líquidos y cómo es su influencia?
En el alcohol, afecta mayormente la conducción, y en menor medida la convección y la radiación. Por otra parte, en el agua, afectan mayormente la conducción y la convección (porque hay que soplar) y menos, la radiación.

p. 40

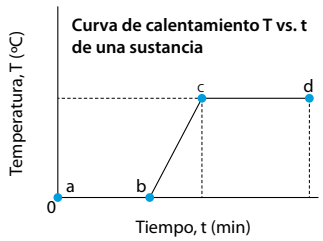
Creatividad

B. Fusión y ebullición del agua

4. Registra las medidas en la tabla.

t (min)	$t_a = 0$	$t_b =$	$t_c =$	$t_d =$
T (°C)	$T_a = 0$	$T_b =$	$T_c =$	$T_d =$

5. Realiza y responde lo siguiente:
e. Escribe los valores de la tabla sobre los ejes del gráfico de la derecha, correspondiendo con las letras a, b, c y d.





f. ¿Qué le está sucediendo al hielo mientras la temperatura es constante en el tramo a-b? ¿Cómo se le llama a este cambio de fase?
El hielo se está fundiendo o derritiendo. Esto se conoce como fusión.

g. ¿Qué le está sucediendo al agua mientras la temperatura es constante en el tramo c-d?
El agua se está vaporizando. Este cambio de fase se llama vaporización.

h. ¿En cuál intervalo de tiempo el agua tiene la fase líquida? ¿Cuánto tardó?

i. ¿Cuál es el punto de ebullición del agua?
A menos que no esté a nivel del mar, es casi 100 °C.

j. ¿Cuál cambio de fase requiere mayor energía térmica: la fusión o la vaporización? (Básate en las duraciones de estos procesos).
La vaporización (el cambio de líquido a vapor).

p. 41

Es importante distinguir entre la temperatura específica de una sustancia a $100\ °C\ (373.15\ K)$ medida a las 8:00 a.m. con elevar o disminuir su temperatura midiendo una temperatura inicial de $0\ °C$ a las 9:00 a.m. y una temperatura final de $100\ °C$ a las 10:00 a.m. con estas temperaturas se calcula el cambio con la operación $100\ °C - 0°C = 100°$ que es equivalente a elevar la temperatura en $100\ K$.

Cuaderno de Trabajo

C. Calor específico y calor latente de una sustancia

2. Responde lo que se vaya indicando, siguiendo el ejemplo del tramo a-b, utiliza subíndices para especificar cada tramo.

   a. Calcula en cada tramo, la temperatura (temperatura constante, T) o el cambio de temperatura (ΔT) donde corresponda.

   Ejemplo: tramo a-b. Cambio de temperatura $\Delta T_{ab} = 100\ °C - 0\ °C = 100\ °C$

   Tramo b-c: Temperatura constante, $T_{bc} = 100\ °C$

   Tramo c-d: Temperatura constante, $T_{bc} = 100\ °C$

   Tramo d-e: Temperatura constante, $T_{bc} = 100\ °C$

   Tramo e-f: Cambio de temperatura: $\Delta T_{ef} = 400\ °C - 300\ °C = 100\ K$

   b. Calcula, por tramo, el calor que debe absorber la sustancia.

   Tramo a-b: $Q_{ab} = Q_b - Q_a$
   $Q_{ab} = 1.27\ kJ - 0\ kJ = +1.27\ kJ$

   Tramo b-c: $Q_{bc} = (8.37 - 1.27)\ kJ = +7.10\ kJ$

   Tramo c-d: $Q_{cd} = (15.8 - 8.37)\ kJ = +7.43\ kJ$

   Tramo d-e: $Q_{de} = (795 - 15.8)\ kJ = +779.2\ kJ$

   Tramo e-f: $Q_{ef} = (796 - 795)\ kJ = +1\ kJ$

3. Calcula en los tramos a-b, c-d y e-f, las capacidades específicas de la sustancia.

   Tramo a-b: hielo (sólido) $c_{fase\ sólida} = \frac{Q_{ab}}{m\Delta T_{ab}} = \frac{+1.27 \times 10^3\ J}{0.0150\ kg \times 100\ °C} = 847\ \frac{J}{kg\ °C}$

   Tramo c-d: agua (líquida) $c_{fase\ líquida} = \frac{Q_{cd}}{m\Delta T_{cd}} = \frac{+7.43 \times 10^3\ J}{0.0150\ kg \times 200\ °C} = 2\,477\ \frac{J}{kg\ °C}$

   Tramo e-f: vapor de agua (gas) $c_{fase\ gaseosa} = \frac{Q_{ef}}{m\Delta T_{ef}} = \frac{+1 \times 10^3\ J}{0.0150\ kg \times 100\ °C} = 677\ \frac{J}{kg\ °C}$

4. Calcula los calores latentes de la sustancia.

   Tramo b-c: hielo y agua (sólido- líquido)

   $L_{fusión} = \frac{Q_{bc}}{m} = \frac{7.10 \times 10^3\ J}{0.0150\ kg} = 473\ \frac{J}{kg}$

   Tramo d-e: agua y vapor (líquido- gas)

   $L_{vaporización} = \frac{Q_{ab}}{m} = \frac{779.2\ kJ}{0.0150\ kg} = 51\,947\ \frac{kJ}{kg}$

5. Analiza y responde lo siguiente:

   a. ¿Cuánta energía térmica absorbió la sustancia desde que era hielo a $0\ °C$ hasta ser vapor de agua a $400\ °C$?

   $Q_{af} =$ $+796\ kJ$

   b. ¿Cuánta energía térmica deberá ceder la sustancia desde que es vapor de agua a $400\ °C$ hasta volver a ser hielo a $0\ °C$? (Usa el convenio de los signos del calor).

   $Q_{af} =$ $-796\ kJ$

p. 42

Criterios de evaluación

- Calcula el cambio de temperatura de una sustancia usando los datos experimentales.
- Calcula el calor que absorbe una sustancia usando los datos del gráfico temperatura versus calor.
- Calcula las capacidades específicas de la sustancia en diferentes fases usando datos experimentales.
- Interpreta correctamente los signos del calor en función de si la sustancia absorbe o libera calor.

- Asegúrese de que el estudiantado utilice correctamente la notación de calor específico (c) y de calor latente (L) de una sustancia.

Una vez trazadas las gráficas de energía potencial y energía cinética, indique que la suma de ambas energías en cualquier desplazamiento angular es constante, ilustrando el principio de conservación de la energía.

Criterios de evaluación

- Usa el calor específico del agua para calcular la energía térmica necesaria para elevar la temperatura de una masa de agua.
- Escoge el calor latente correspondiente al cambio de fase adecuado para calcular la energía térmica necesaria para realizar el cambio de fase.

Cuaderno de Trabajo

D. Calor específico y calor latente del agua

a. La energía térmica Q_{hielo} que debe absorber el hielo para subir la temperatura de -15.0 °C a 0 °C.

$$Q_{hielo} = mc_{hielo}\,(\Delta T) = mc_{hielo}\,(T_f - T_i)$$

$$Q_{hielo} = (20.0\ kg)(2.09\ \frac{kJ}{kg\ K})\ [0\ °C - (-15.0\ °C)] = +627\ kJ$$

b. La energía térmica $Q_{fusión}$ necesaria para fundir todo el hielo a 0 °C.

$$Q_{fusión} = mL_{fusión}$$

$$Q_{fusión} = (20.0\ kg)(3.33\ \frac{kJ}{kg}) = +6\,660\ kJ$$

c. La energía térmica Q_{agua} requerida para subir la temperatura de 0 °C a 100 °C.

$$Q_{agua} = mc_{agua}\,(T_f - T_i)$$

$$Q_{agua} = (20.0\ kg)(4.186\ \frac{kJ}{kg\ K})\ [100\ °C - (0\ °C)] = +8\,372\ kJ$$

d. La energía térmica $Q_{vaporización}$ necesaria para vaporizar el agua a 100 °C.

$$Q_{vaporización} = mL_v$$

$$Q_{vaporización} = (20.0\ kg)\ (2260\ \frac{kJ}{kg}) = +45\,200\ kJ$$

e. La energía térmica para subir la temperatura de 100 °C a 110 °C.

$$Q_{vapor} = mc_{vapor}\,(T_f - T_i)$$

$$Q_{vapor} = (20.0\ kg)\ (2.01\ \frac{kJ}{kg})\ [110\ °C - (100\ °C)] = +402\ kJ$$

f. Suma de las cantidades de energía térmica.

$$Q_{hielo\ a\ vapor} = Q_{hielo} + Q_{fusión} + Q_{agua} + Q_{vaporización} + Q_{vapor} = +61\,201\ kJ$$

3. Gráfica de «temperatura vs. calor».



p. 43

Solicite al estudiantado que identifique las temperaturas iniciales y finales donde ocurren la fusión y vaporización del agua sobre el gráfico «temperatura vs. calor».

Indique al estudiantado que identifique en el gráfico los tramos inclinados, donde se observa el cambio de temperatura del agua y se calcula la energía térmica con la fórmula $Q = m\,c\,\Delta T$; así como los tramos horizontales, donde ocurren los cambios de fase y la energía térmica se determina con la fórmula $Q = mL$.

Semana 6 Procesos termodinámicos

Contenido

Procesos termodinámicos
- Gases ideales
- Tipos de procesos termodinámicos en gases ideales

Indicadores de logro

2.4. Efectúa experimentos sobre procesos termodinámicos en un gas ideal.
2.5. Resuelve problemas a partir de gráficas de procesos termodinámicos.



Preparaciones de la semana

A. Ley de Gay-Lussac

- Solicite a los estudiantes que lleven por equipos de trabajo unos guantes de cocina, un recipiente metálico, una pajilla plástica y un vaso alto de vidrio o plástico transparente.
- Verifique tener disponible una cocina eléctrica.

B. Ley de Charles

- Oriente a cada equipo de trabajo para que lleven dos envases de plástico o vidrio, anchos, hondos y con tapadera; dos vejigas; hielo y guantes de cocina.
- Garantice tener disponible agua caliente.

C. Ley de Boyle

- Solicite a los estudiantes que lleven por equipos de trabajo una jeringa de 60 ml (sin aguja), una vejiga pequeña y hielo.
- Garantice tener disponible agua caliente.

D. Análisis de procesos termodinámicos

- Realice los cálculos previos.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.
https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

En esta etapa, los estudiantes investigarán la Ley de Gay-Lussac mediante un experimento, observarán cómo el aire responde al aumento de temperatura bajo restricción, reconociendo la relación entre presión, volumen y energía térmica. La experiencia les permitirá comprender su aplicación en fenómenos cotidianos.

Posible dificultad

El *literal b* del paso 8, podría interpretarse como que el volumen del aire dentro de la pajilla es la propiedad de interés, debido a la formación de una burbuja en el extremo sumergido. No obstante, la propiedad de interés en el experimento es la presión, que aumenta porque el aire interior de la pajilla absorbe parte de la energía térmica del agua caliente.

- Para que puedan distinguir correctamente entre la Ley de Gay-Lussac (P - T) y la Ley de Charles (V - T), indique que el calentamiento del aire eleva su temperatura y con ello, la presión.
- Enfatice que en la ley de Gay-Lussac, el volumen se considera constante y en consecuencia la presión del gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta (kelvin, K), es decir, $P \ \alpha \ T$. Al sustituir el signo de proporcionalidad por la igualdad e incorporar la constate de proporcionalidad, la relación queda: $P - \mathrm{k}\ T$.

45 min

Indagación

Procesos termodinámicos

Agregar o extraer energía térmica a una sustancia no es la única forma que existe para cambiar la temperatura o fase. El aire en una pelota se expande si se calienta. Si la sustancia es lo suficientemente restringida, no se expandirá, sino que se crearán fuerzas y presiones en respuesta a la restricción. Por ejemplo, si sellas una olla a presión y la calientas, evitas que el aire del interior se expanda. En respuesta, la presión y la temperatura interior aumentan. Conozcamos estas leyes básicas.



Fíjate que...

La olla a presión posee una tapa hermética que impide al vapor escapar, haciendo que la presión de aire en su interior suba. Esto a su vez eleva la temperatura de ebullición del agua, creando un ambiente de vapor muy caliente (>100 °C). Como resultado, se reduce el tiempo de cocción.



A. Ley de Gay-Lussac

En esta actividad agregarás energía térmica a una masa de aire y observarás cómo se comporta. Encuentra la restricción y descubre la respuesta que nos da el gas. ¡Manos a la ciencia!

Materiales:

- Cocina eléctrica
- Guantes de cocina
- Recipiente metálico
- Termómetro, rango de 0 a 100 °C
- 300 mL de agua
- Pajilla de plástico
- Vaso alto de vidrio o plástico transparente

Procedimiento:

1. Vierte agua en el recipiente y colócalo sobre el quemador de la cocina.
2. Enciende la cocina y calienta el agua por unos minutos.
3. Usa los guantes para tomar el recipiente que contiene el agua caliente.
4. Llena el vaso con agua caliente.
5. Mide la temperatura del agua y registra el dato.
6. Presiona fuertemente con el dedo un extremo de la pajilla y sumerge el otro extremo en el vaso con agua caliente, casi hasta tocar el fondo.
7. Mantén la presión con el dedo y observa detalladamente el extremo sumergido.
8. Realiza y responde lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo: p. 25
   a. Describe lo que observaste en el extremo sumergido de la pajilla.
   b. ¿A qué crees que se debe el cambio en el extremo de la pajilla?
   c. ¿La masa de aire dentro de la pajilla tiene un valor variable o constante en el experimento?
   d. Esquematiza el *paso 5* y etiqueta el sistema, la frontera real y la frontera imaginaria.

Este experimento está diseñado intencionadamente para observar un ligero cambio en una propiedad del aire. El cambio que nos interesa sugerir en el calentamiento es la presión del aire, mientras que el volumen del aire varía poco, como una respuesta del aumento de la energía cinética de las moléculas de aire.

6

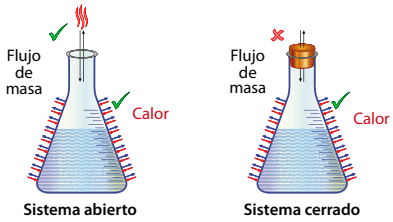
46

- Resalte que la pajilla actúa como una restricción física (contenedor).
- Pregunte a sus estudiantes: ¿Qué aumenta —el volumen o la presión— de un gas cuando se calienta dentro de un recipiente cerrado? A continuación, explique que es la presión.

En esta etapa, los estudiantes experimentarán para comprobar las leyes de Charles y de Boyle, observando cómo cambian volumen y presión en función de la temperatura. Mediante estas actividades, desarrollarán habilidades para modelar sistemas cerrados, registrar datos y graficar resultados, comprendiendo de manera práctica los principios que rigen el comportamiento de los gases.

Creatividad

En las *actividades A* y *B* de la *Semana 5* se produjo transferencia de calor entre el sistema y el entorno, lo cual se conoce como **proceso no adiabático**. Además, también se observó un flujo de masa de vapor de agua dentro y fuera del sistema, lo que se clasifica como un **sistema abierto**. Por el contrario, en las actividades de esta semana, se están analizando **sistemas cerrados**, caracterizados por tener una masa de control fija.



Unidad 2

PROCESO ISOBÁRICO

Cuando el gas dentro de un globo aerostático se calienta, permite que este ascienda, y al enfriarse descienda, esto a una presión atmosférica constante.

60 min

B. Ley de Charles

Para comprobar la ley de Charles, realizaremos un experimento en el que compararemos cómo evoluciona el «mismo» estado ante dos procesos diferentes. Para ello, necesitaremos dos vejigas infladas con el mismo estado inicial de temperatura y volumen.

Materiales:

- 2 envases de plástico o vidrio, anchos, hondos y con tapadera
- 2 vejigas
- Agua caliente y fría (con hielo)
- Guantes de cocina

Procedimiento:

1. Infla ambas vejigas del tamaño de tu puño. Procura que ambas tengan el mismo diámetro (así conseguirás obtener un volumen similar de gas en cada vejiga) y anúdalas. Considéralas como una sola vejiga.
2. Coloca las vejigas dentro de cada envase.
3. Intenta llenar los envases, uno de agua caliente y el otro de agua fría, de modo que las vejigas queden sumergidas totalmente. Tapa los envases.
4. Espera de 5 a 10 minutos.
5. Observa los tamaños de las vejigas dentro de los envases con agua.
6. Saca ambas vejigas y ponlas una al lado de la otra.
7. Registra lo siguiente en tu Cuaderno de Trabajo:
   a. En términos de volumen, ¿qué observaste en las dos vejigas?
   b. Indica si la temperatura del aire interior guarda alguna relación de proporcionalidad directa o inversa con el volumen interior de las vejigas.
   c. Especifica si la masa del aire dentro de cada vejiga es un valor variable o un valor constante en el experimento.
   d. Esquematiza el *paso 3* y etiqueta el sistema y su frontera real.

p. 25

La ley de Charles se cumple si la presión es constante, mientras que la ley de Gay-Lussac se cumple si el volumen no varía durante el proceso. Cada ley describe cómo la temperatura afecta a una propiedad diferente del gas.





Amplie el concepto de masa de control fija, refiriéndose a un sistema en el que la cantidad de materia o masa permanece constante a lo largo del tiempo. La masa no atraviesa la frontera, provenga del sistema o del entorno. Esto es fundamental en el análisis de estos procesos termodinámicos que estudiamos, donde se observan cambios de volumen, presión y temperatura, pero la masa del sistema es invariante en el tiempo.

Apóyese en el recurso de RA para explicar cómo la ley de Charles (volumen-temperatura) explica el funcionamiento del globo aerostático. Cuando el aire dentro del globo se calienta, su volumen aumenta (lo que reduce su densidad), haciendo que el globo se eleve. Entonces, el ascenso del globo se debe a que es mayor el empuje o fuerza de flotación de la atmósfera que el peso del globo.

Después de experimentar, discuta cuáles son las dos propiedades constantes del aire (cantidad de gas y presión) y cuáles propiedades no lo son (volumen y temperatura). Luego, escriba en la pizarra la ley de Charles: $V \alpha T$ y $V=kT$, donde k es la constante de proporcionalidad.

En la *actividad C*, se busca que los estudiantes comprendan el tipo de relación de proporcionalidad que hay entre la presión y el volumen del aire a temperatura constante (ley de Boyle).

Explique que los subíndices numéricos indican estados específicos de un proceso del sistema, y que se usan para dar claridad en situaciones donde se comparan múltiples estados, facilitando los cálculos de seguimiento de los cambios en las variables termodinámicas.

Utilice la ilustración del *numeral 5* para entender la aplicabilidad de la ley de Boyle (presión-volumen) en el buceo submarino, explicando que a medida que el buceador desciende al mundo submarino, la presión aumenta y el volumen de aire en sus pulmones disminuye. Por el contrario, al ascender, la presión disminuye y el volumen de aire en sus pulmones aumenta. Debe tener en cuenta estas diferencias de presión críticas entre su oído medio y la presión del agua para evitar llegar al barotrauma del oído medio (lesión en el oído).

90 min

Notación...

Los subíndices 1 y 2 son otra forma de especificar los estados inicial y final de una propiedad termodinámica del sistema.

C. Ley de Boyle

En esta actividad observarás cómo se comporta el volumen y la presión ante la compresión de aire encerrado dentro de una vejiga. Tu docente formará grupos para la actividad. Uno de los integrantes se encargará exclusivamente de la manipulación de la jeringa.

Materiales:

- Jeringa de $60\ mL$, sin aguja
- Termómetro analógico
- Vejiga pequeña
- Agua caliente y fría
- Recipientes para el agua
- Guante y pinza de cocina

Procedimiento:

1. Infla la vejiga de manera que pueda entrar a la jeringa y anúdala.
2. Calcula el volumen inicial del aire contenido en la vejiga. Utiliza la fórmula que se presenta en tu Cuaderno de Trabajo. p. 25
3. Introduce la vejiga en la jeringa con ayuda de un lápiz.
4. Registra la temperatura ambiente. Considera igual la temperatura del aire dentro de la vejiga.
5. Tapa la punta de la jeringa con un dedo y presiona el émbolo para reducir el volumen de la vejiga en $3\ mL$. A partir de este momento, no sueltes el émbolo ni retires el dedo de la jeringa.
6. Completa la columna V_i, sección «Temperatura ambiente» de la tabla de presiones y volúmenes: p. 26
   a. Lee la escala de la jeringa y registra su valor en la fila «a» en metros cúbicos.
   b. Presiona el émbolo para reducir el volumen de la vejiga progresivamente a intervalos de $3\ mL$.
   c. Registra tantos valores de volumen como el número de las compresiones que hiciste (filas «b» a «e»).
7. Suelta la jeringa para sumergirla en el agua caliente hasta que observes un cambio en el volumen de la vejiga. Utiliza el guante y la pinza.
8. Registra la temperatura del agua. Se considerará igual la temperatura del aire dentro de la vejiga.
9. Repite el *paso 6* y completa la sección «Agua caliente» de la tabla.
10. Suelta la jeringa para sumergirla en el agua fría hasta que observes un cambio en el volumen de la vejiga. Utiliza el guante y la pinza.
11. Registra la temperatura del agua. Se considerará igual la temperatura del aire dentro de la vejiga.
12. Repite nuevamente el *paso 6* y completa la sección «Agua fría» de la tabla.
13. Calcula las presiones (P_i, P_f) y el volumen final (V_f) para cada una de las compresiones que efectuaste.
14. Completa la tabla de presiones y volúmenes con los cálculos efectuados.
15. Grafica los valores de las tres condiciones sobre los mismos ejes.







48

- Al finalizar el experimento cuestione cuáles son las dos propiedades constantes del aire (cantidad de gas y temperatura) y cuáles no lo son (volumen y presión). Luego, escriba la ley de Boyle: $P\ \alpha\ 1/V$ y $\mathrm{P} = \mathrm{K/v}$ o $\mathrm{PV} = \mathrm{k}$, donde k es la constante de proporcionalidad.

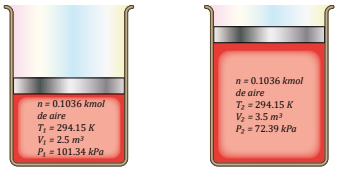
La sección *Así se calcula…* implementa la idea de estado termodinámico refiriéndose a un sistema compuesto por aire (gas ideal) en proceso de expansión volumétrica dentro de un cilindro, entre dos momentos dados como 1 y 2. Las condiciones se describen por las propiedades termodinámicas temperatura, presión y volumen. La frontera del sistema es el cilindro. Estas propiedades definen el estado de este sistema y determinan su comportamiento.

Así se calcula…

Cálculo de la presión, el volumen y la temperatura de un sistema empleando el modelo del gas ideal

Desarrollaremos la idea intuitiva del **estado termodinámico** de un sistema. Si un sistema muestra valores diferentes de una propiedad en dos momentos distintos, se halla en otro estado y ha ocurrido un proceso.

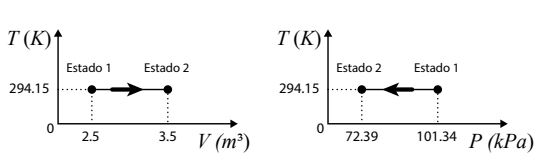
Consideremos $3.0\ kg$ de aire en el cilindro de la derecha. Es un sistema cerrado. Hagamos aumentar su volumen de $2.5\ m^3$ a $3.5\ m^3$ y analicemos su evolución.



Estado 1 Estado 2

Durante el proceso de expansión, el número de moles y la temperatura del aire se mantuvieron constantes, como puedes ver en los valores del Estado 1 (inicial) y Estado 2 (final). Las líneas punteadas indican la frontera del sistema.

Es muy útil representar los procesos de estado en diagramas, ya que dan una idea de cómo se comportan en conjunto las propiedades. Particularmente, aprenderemos a identificar tres procesos de cambio de estado analizando diagramas: T vs. V, T vs. P y P vs. V. Los siguientes diagramas representan la expansión del aire en el cilindro, presta atención al sentido de la flecha de las trayectorias.



En lo anterior, podemos observar trayectorias en línea recta vertical y una trayectoria curva. Los tres diagramas están estrechamente interconectados. El aire, al pasar del Estado 1 al 2, simultáneamente aumenta de volumen (diagrama T vs. V) y reduce su presión (diagrama T vs. P); por su parte, la temperatura no varía.

Acabamos de hacer un análisis acerca de cómo el volumen del gas cambia con la presión. Si ya lo notaste, este análisis describe la proporcionalidad inversa entre V y P del gas (esto es $V \propto 1/P$), que es la que se refleja en la trayectoria del diagrama P vs. V aunque ahí no aparezca «temperatura constante» como tal.

Respecto a la causa de la expansión del aire en el cilindro, no podemos determinar si tiene un origen mecánico (trabajo) o térmico (calor) a partir de la información proporcionada. Necesitamos las leyes de la termodinámica y más información para determinarlo. Abordaremos este tema en las próximas dos semanas. Ahora veamos cómo calcularemos las tres propiedades; para ello, aplicaremos el modelo del gas ideal. Cabe mencionar, que todo gas que cumpla con la **ecuación de estado del gas ideal** es considerado como tal.

$$PV = nRT \qquad 2.3$$

Donde R es la constante universal de los gases que tiene el mismo valor para todos los gases ($R = 8.314\ J/mol\ K$); n, el número de moles de gas; T, la temperatura absoluta (K); y P, es la presión absoluta P_{abs} en Pa. Ten en cuenta que $P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$, donde P_{man} es la presión leída con un manómetro.

Semana 6 49

Unidad 2

Indique que los estados 1 y 2 se refieren al mismo cilindro y describen dos estados diferentes del sistema, cada uno con propiedades termodinámicas claramente definidas.

Aclare que cada punto que conforma las tres trayectorias de los diagramas (de izquierda a derecha): Temperatura vs. Volumen, Temperatura vs. Presión, y Presión vs. Volumen, representan un número incalculable de estados específicos del mismo sistema termodinámico (aire). Los valores de T, V y P en ellos cumplen la ecuación 2.3 y pueden ser leídos directamente en cada diagrama. Las tres trayectorias inician en el estado 1 hacia el estado 2.

El aire en el interior del cilindro se comporta como un gas ideal porque sus propiedades termodinámicas satisfacen bastante bien la ecuación de estado del gas ideal en cada punto de las tres trayectorias. Para verificarlo, sustituyamos los valores del estado 1 en la ecuación 2.3. $P_1 V_1 = \mathrm{n\ R\ T_1} \Longrightarrow (101.34\ \mathrm{kPa})\ (2.3\ \mathrm{m^3}) = (0.1036\ \mathrm{k\cancel{mol}})\ [8.314\ \mathrm{J\ \cancel{mol\ K}}]\ (294.15\ \cancel{\mathrm{K}}) \Longrightarrow 233\ (\mathrm{k\ N\ \cancel{m^2}})\ \mathrm{m^3} \approx 253\ \mathrm{kJ} \Longrightarrow 233\ \mathrm{kJ} \approx 253\mathrm{k\ J}$.

Acerca del modelo de gas ideal, mencione las suposiciones que simplifican el comportamiento de los gases reales al gas ideal: las moléculas no tienen volumen, no hay o son muy pequeñas las fuerzas atractivas y repulsivas entre las moléculas, las colisiones ocurren sin pérdida de energía cinética, las moléculas se mueven sin preferencia de dirección ni orden y la energía cinética depende solo de la temperatura. El gas real del interior del cilindro opera bajo condiciones de baja presión y alta temperatura, lo que lo convierte en un gas ideal.

Posible dificultad

Si hubiera confusión al plantear la proporcionalidad inversa de las propiedades, puede conducir a una falsa interpretación del resultado. En la ley de Boyle $P_1 V_1 = P_2 V_2$; sugiera que analicen que la propiedad que no aparece en la ecuación es la constante. Recuerde que $T = \text{constante}$ para la ley de Boyle, $P = \text{constante}$ en la ley de Charles y que $V = \text{constante}$ en la ley de Gay-Lussac.

La proporcionalidad inversa discutida antes entre V y P también puede escribirse como PV= **constante de proporcionalidad**. Si trasladamos al miembro derecho los términos de la ecuación 2.3 cuyas propiedades son constantes en el proceso del aire en expansión y trasladamos al miembro izquierdo las propiedades que varían en el proceso, obtendríamos la misma ecuación 2.3. Lo interesante de esto es que para cualquier par de valores de un punto (P,V) de la trayectoria que una el Estado 1 y 2 de un diagrama P vs. V que introduzcas, el producto PV no variará, porque es la constante de proporcionalidad. Probémoslo: estado 1, $P_1 V_1 = (101.34\ kPa) \cdot (2.5\ m^3) = 253.35\ kJ$ y el estado 2, $P_2 V_2 = (72.39\ kPa) \cdot (3.5\ m^3) = 253.36\ kJ$.

Este análisis es suficiente para deducir que si la constante de proporcionalidad del estado 1 es $P_1 V_1$, la del estado 2 es $P_2 V_2$, entonces: $P_1 V_1 = P_2 V_2$. Esta ecuación es la **ley de Boyle**, que describe el comportamiento de los gases ideales a temperatura constante de un sistema cerrado (el número de moles de gas permanece fijo).

Ejemplo. Manteniendo constante la temperatura, el volumen de un gas en un cilindro con pistón móvil aumenta de $2.5\ m^3$ a $3.5\ m^3$. La presión absoluta inicial del aire en el cilindro es $101.34\ kPa$. ¿Cuál es la presión absoluta final del aire dentro del cilindro después de que el volumen de aire se incrementa?

Solución. A partir de los diagramas T vs. V, T vs. P y P vs. V, analizamos el tipo de proceso. Si te fijas, el enunciado trata del mismo sistema que ya analizamos antes con los diagramas. El aire (sistema) del cilindro se sometió a un proceso de expansión volumétrica a temperatura constante. La ley que gobierna el comportamiento del sistema. Es $P_1 V_1 = P_2 V_2$ (proceso $T = constante$).

Luego, calculamos la propiedad empleando la ley de Boyle. Primero, definimos dos estados del sistema. Las propiedades del Estado 1 son $P_1 = 101.34\ kPa$ y $V_1 = 2.5\ m^3$; mientras que las del Estado 2 son $V_2 = 3.5\ m^3$. $P_2 = ?$ es la presión absoluta final, la propiedad por calcular. Después sustituimos los valores en la ley: $101.34\ kPa \times 2.5\ m^3 = P_2 \times 3.5\ m^3$. Despejamos P_2 y realizamos la operación aritmética: $P_2 = (101.34\ kPa \times 2.5\ m^3)/3.5\ m^3 = 72.38\ kPa$.

Por último, escribimos la información que nos llevó al resultado. En conclusión, la presión absoluta final del aire en el cilindro después del incremento del volumen de $2.5\ m^3$ a $3.5\ m^3$ a temperatura constante fue de $72.38\ kPa$. Si la restricción del proceso del sistema cerrado (masa fija de gas) dejara de ser la temperatura y fuera:

- el volumen constante, la presión absoluta del gas sería directamente proporcional a su temperatura absoluta. **Ley de Gay-Lussac:** $P_1/T_1 = P_2/T_2$.
- la presión constante, el volumen del gas sería directamente proporcional a la temperatura absoluta. **Ley de Charles:** $V_1/T_1 = V_2/T_2$.

D. Análisis de procesos termodinámicos

Sigue la solución del ejemplo anterior y aplícala a la información de los sistemas que se presentan a continuación:

1. La presión absoluta de una mezcla de gases ideales permanece constante a $1\ 800\ Pa$ y la temperatura aumentó de $250\ K$ a $750\ K$. Tomando en cuenta que el volumen original del gas era de $0.15\ m^3$, calcula el volumen final y haz la trayectoria del diagrama P vs. V.
2. Irene infla el neumático de su bicicleta con aire a $15.0\ °C$ $(288.15\ K)$ hasta que la lectura del manómetro señala $2.50\ atm$. Después de andar un rato en bicicleta, si la temperatura del neumático sube a $45.0\ °C$ $(318.15\ K)$ y supones que el volumen del neumático no varió, calcula la presión manométrica del neumático a esa temperatura y dibuja la trayectoria del diagrama T vs. V. Considera que la presión atmosférica es $1.00\ atm$. Recuerda pasar la presión manométrica a presión absoluta y usar la unidad kelvin en los cálculos.

p. 27

50

En el *numeral 2*, mencione que el aire del neumático se comporta como un gas ideal porque el aumento de la temperatura a $30\ °C$ no aumenta significativamente el volumen. Esta simplificación sugiere que el volumen es constante y se justifica porque las moléculas de gas pasan la mayor parte del tiempo viajando libremente y no en colisión.

Esta etapa presenta las trayectorias teóricas de las tres leyes de los gases: Gay-Lussac, Charles y Boyle. Se busca que el estudiante identifique la propiedad constante y el tipo de proporcionalidad que hay entre las otras dos propiedades (o variables) del proceso termodinámico. Además, muestra que el término «estado» se refiere a los valores que tienen las variables volumen, presión, temperatura y la masa del gas del sistema.

Comunicación

Hemos analizado procesos de cambio de un estado a otro, exclusivamente, el gas ideal. Estos procesos son representados en diagramas de propiedades y para su cálculo se toma en cuenta que la presión P ejercida por el sistema sobre el entorno es la absoluta y la temperatura T debe ser la absoluta.

La **trayectoria** del proceso ilustra la serie de estados por los que pasa el sistema. Para especificar el **estado**, necesitamos medir y/o calcular las propiedades de todo el sistema y, para describir completamente un **proceso** necesitamos especificar el estado inicial (1) y final (2), la trayectoria (3, 4, 5, 6…) y las interacciones del sistema con los alrededores.

En los gases ideales son insignificantes los efectos: tensión superficial, capilaridad y campos de fuerza externos (eléctricos, magnéticos y gravitacionales).

A partir de la ecuación 2.3 es posible obtener las trayectorias especiales de los procesos de cambio de estado del gas según qué se mantuvo constante durante el proceso entre el estado inicial y estado final.

La **ley de Gay-Lussac**. A volumen constante, la presión absoluta de una determinada masa de gas varía directamente proporcional a su temperatura absoluta (kelvin). Esto significa que si $P\uparrow$, entonces $T\uparrow$; y si $P\downarrow$, entonces $T\downarrow$. La fórmula es:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$ (**Proceso isocórico** de un gas ideal) 2.4

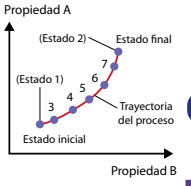
La **ley de Charles**. A presión constante, el volumen de una determinada masa de gas varía directamente proporcional a su temperatura absoluta (kelvin). Esto significa que si $T\uparrow$, entonces $V\uparrow$; y si $T\downarrow$, entonces $V\downarrow$. La fórmula es:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$ (**Proceso isobárico** de un gas ideal) 2.5

La **ley de Boyle**. A temperatura constante, el volumen de una determinada masa de gas varía inversamente proporcional a su presión. Esto significa que si P↑, entonces $V\downarrow$; y si $P\downarrow$, entonces $V\uparrow$. La fórmula es:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$ (**Proceso isotérmico** de un gas ideal) 2.6

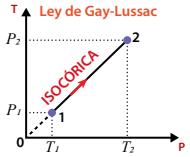
Los procesos anteriores todavía no conforman un ciclo. Un **ciclo termodinámico** es una secuencia de procesos que empieza y termina en el mismo estado. Al final de un ciclo todas las propiedades del sistema vuelven a tener los mismos valores que tuvieron al principio. En consecuencia, el sistema no experimenta cambio de estado alguno al finalizar cada ciclo. Por ejemplo, el ciclo de circulación que recorre el refrigerante 134a a través de un refrigerador constituye un ciclo termodinámico.

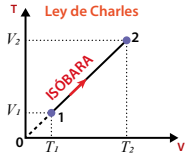


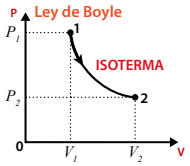
30 min

Ojo al dato…

En los cálculos con las ecuaciones 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6, tienes que usar la temperatura en K y no en $°C$; y la presión absoluta y no la presión manométrica.







Unidad 2

- Defina el concepto de presión manométrica de un sistema (gas o líquido) como la diferencia entre la presión absoluta del sistema y la presión atmosférica, $P_{man} = P_{abs} - P_{atm}$. Utilice ejemplos, como una lata de aerosol, un cilindro con gas, un neumático de bicicleta o una pelota.
- Explique que el valor de referencia del medidor de la presión manométrica, por el cual se compara una medición realizada, es el de la presión atmosférica (101.34 kPa). Una medida de 30 psi (207 kPa) de un neumático de bicicleta que indica estar inflado a 207 kPa por encima de 101.34 kPa. Marcará 0 psi si el medidor no se conecta al neumático.



Indique a los estudiantes que los procesos isocórico, isobárico e isotérmico estudiados son fundamentales para entender cómo funcionan los ciclos termodinámicos, los cuales son secuencias de estos procesos que comienzan y terminan en el mismo estado. La próxima semana se introducirá la primera ley de la termodinámica en estos procesos.

- Solicite que identifiquen el sistema, antes que observen el extremo sumergido de la pajilla.
- Explique que la formación de la burbuja del extremo sumergido de la pajilla se debe a que el aire encerrado (sistema) recibe parte de la energía térmica que cede el agua del vaso (entorno). Esto incrementa la energía cinética de las moléculas (agitación térmica) aumentando la presión interior de la pajilla.

Procesos termodinámicos

Indagación

A. Ley de Gay-Lussac

5. Temperatura del agua: ____ °C.
   a. Describe lo que observaste en el extremo sumergido de la pajilla.
   Se ha formado una burbuja de aire en el extremo sumergido de la pajilla.
   b. ¿A qué crees que se debe el cambio en el extremo de la pajilla?
   Presión: ____ Volumen: X Ambos: ____
   c. ¿La masa de aire dentro de la pajilla presenta un valor variable o constante en el experimento?

d. Esquema:

p. 46

Creatividad

B. Ley de Charles

a. ¿Qué observaste en las dos vejigas?
La vejiga sumergida en el agua caliente adquirió mayor volumen en comparación a la vejiga sumergida en el agua fría.

b. Relación de la temperatura y el volumen.
Directa: X Inversa: ____ Ninguna: ____

c. Masa del aire dentro de las vejigas.
Variable: ____ Constante: X

d. Esquema:

p. 47

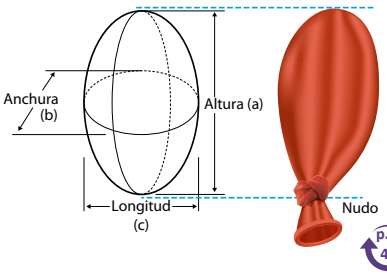
C. Ley de Boyle

2. Calcula el volumen inicial del aire contenido en la vejiga, es necesario que lo modelemos como un elipsoide. Usa la fórmula para un elipsoide.

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{a}{2}\right)\left(\frac{b}{2}\right)\left(\frac{c}{2}\right)$$

$$V_i = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{Altura}{2}\right)\left(\frac{Anchura}{2}\right)\left(\frac{Longitud}{2}\right)$$

$V_i =$ _____ m^3



p. 48

Criterio de evaluación

Identifica la presión del sistema como la constante durante el proceso.

Posible dificultad

El estudiantado puede usar en la fórmula el cm como unidad habitual para medir objetos pequeños, sin reconocer que el volumen requiere expresar las tres medidas en m (metro). Guíelo para que convierta cada dimensión de la vejiga de cm a m antes de sustituir en la fórmula.

Criterio de evaluación

- Identifica la temperatura del sistema como la constante durante el proceso.

Proponga completar primero la primera columna V_i de la tabla (temperatura ambiente), y posteriormente, a partir del *paso 12*, reescribir los mismos valores de la primera columna a las doscolumnas V_i (agua caliente y agua fría) donde varió la condición de temperatura del aire contenido en la vejiga (sistema)

Cuaderno de Trabajo

6. Tabla de presiones y volúmenes:

	Temperatura ambiente				Agua caliente				Agua fría			
	V_i (m³)	P_i (kPa)	V_f (m³)	P_f (kPa)	V_i (m³)	P_i (kPa)	V_f (m³)	P_f (kPa)	V_i (m³)	P_i (kPa)	V_f (m³)	P_f (kPa)
a		102.74				122.74				82.74		
b												
c												
d												
e												

Temperaturas (°C): 4. Aire: _____ 8. Agua caliente: _____ 11. Agua fría: _____

13. Calcula las presiones (P_i, P_f) y el volumen final (V_f). Considera las siguientes fórmulas: Volumen final: $V_f = V_i - \Delta V$. Presión absoluta final: $P_f = (P_i V_i)/V_f$. Considera que P_i de la fila «b», toma el mismo valor que P_f de la fila «a», y así sucesivamente.

15. Gráfica de «presión vs. volumen».

p. 49

Posible dificultad

El estudiantado puede registrar en las columnas de volumen, las medidas en ml porque las jeringas así lo miden, sin reconocer que el volumen requiere expresarse en m^3. Guíelo para que convierta las medidas de ml a m^3 antes de anotar en la tabla. Usar el factor de conversión $1\ ml = 1 \times 10{-}^6\ m^3$.

- Brinde la indicación para que denominen «V» al eje de las abscisas (eje X) y «P» al eje de las ordenadas (eje Y).
- Indique que grafiquen tres pares ordenados (V, P), un punto por cada valor de temperatura. Las tres curvas deben tener la forma de una hipérbola.

Asegúrese de que las tres hipérbolas (isotermas) dibujadas vayan etiquetadas con los valores de las temperaturas correspondientes. La isoterma que representa la temperatura del agua fría, debe quedar más a la izquierda. La isoterma de la temperatura del aire, un poco más a la derecha; y la isoterma de la temperatura del agua caliente a la derecha de las otras dos.

Después de explicar la sección *Así se calcula…* la cual incluye ejemplos resueltos, proponga ejercitar las habilidades de cálculo y la representación gráfica de los procesos termodinámicos resolviendo dos ejercicios. El ejercicio del *numeral 1* que se trata de la ley de Charles, y el del *numeral 2* que se refiere a la ley de Gay-Lussac.

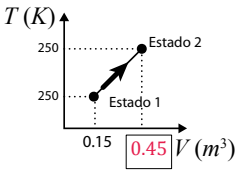
Criterio de evaluación

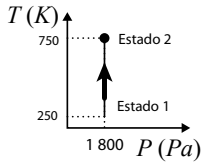
Identifica correctamente el proceso termodinámico (isocórico, isotérmico o isobárico) a partir de las condiciones específicas del sistema (como el volumen, la temperatura o la presión constante).

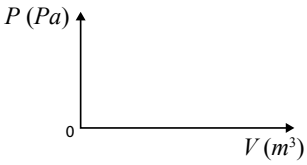
D. Análisis de procesos termodinámicos

1. Calcula el volumen final y haz la trayectoria del diagrama ***P*** vs. ___V___.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$
$$\frac{V_1}{T_1} T_2 = V_2$$
$$\frac{0.15\ m^3}{250\ K} \times 750\ K = V_2$$
$$V_2 = 0.45\ m^3$$







2. Calcula la presión manométrica del neumático y dibuja la trayectoria del diagrama ___T___ vs. ***V***.

Datos:

$T_1 = 15.0\ ^\circ C$ o $288.15\ K$

$P_{man} = 2.50\ atm$

$T_2 = 45.0\ ^\circ C$ o $318.15\ K$

$P_{atm} = 1.00\ atm$

Del estado 1

$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$

$P_{abs} = 2.5\ atm + 1.00\ atm$

$P_{abs} = 3.5\ atm = P_{1\,abs}$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$
$$\frac{P_1}{T_1} \times T_2 = P_2$$
$$\frac{3.5\ atm}{288.15\ K} \times 318.15\ K = P_2$$
$$P_2 = 3.86\ atm = P_{2\,abs}$$

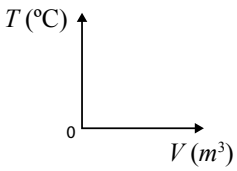
Del estado 2

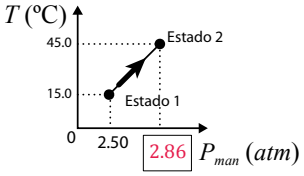
$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$

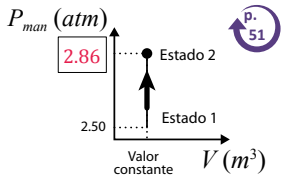
$P_{man} = P_{abs} - P_{atm}$

$P_{man} = 3.86\ atm - 1.00\ atm$

$P_{man} = 2.86\ atm$







p. 51

- Indique que calculen primero las presiones absolutas a partir de las presiones manométricas dadas en el enunciado y después sustituirlas en la ley de Gay-Lussac.
- Oriente sobre que no es indispensable convertir la unidad atmósfera a pascal siempre que la presión en ambos estados (1 y 2) se exprese en la misma unidad.

Explique que es necesario expresar la temperatura en kelvin porque al ser una escala absoluta, $T = 0\ K$ corresponde al cero absoluto que es donde cesa el movimiento térmico de las partículas. La escala kelvin cumple esta condición, mientras que $T = 0\ ^\circ C$ de la escala Celsius no la cumple.

Semana 7 Leyes de la termodinámica Parte 1

Contenido

Ley cero de la termodinámica
Primera ley de la termodinámica
- Sistema cerrado
- Convención de signos para el trabajo y para el calor

Indicadores de logro

2.6. Explica con sus palabras el concepto de equilibrio térmico.
2.7. Elabora un dispositivo transformador del calor en trabajo mecánico.
2.8. Resuelve problemas empleando la primera ley de la termodinámica.



Preparaciones de la semana

A. ¿Por qué no explota?

- Solicite un termómetro, $300\ ml$ de agua, dos vejigas de látex, una candela, fósforos, papel toalla, una regla graduada, guantes y una pinza de cocina.
- Verifique tener disponible una cocina eléctrica.

B. Botella plástica aplastada

- Los estudiantes llevarán botellas plásticas vacías con tapadera y guantes de cocina.

C. Máquina térmica

- Solicite: una tijera, un destornillador, una tenaza para cortar alambre, una lata de refresco (sin abrir), $20\ cm$ de alambre calibre 16, 4 tornillos para pared de $7.62\ cm$ (3 pulgadas), una jeringa con aguja de $5\ ml$ o más, una tabla de madera $10\ x\ 15\ cm^2$, una botella de plástico, tres velas, guantes de cocina, un encendedor y silicón líquido.

D. Lata de aluminio aplastada

- Solicite un recipiente hondo, una lata de refresco, una pinza de cocina, tres velas y fósforos.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.
https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

El objetivo de esta etapa es que el estudiantado experimente con la condición de equilibrio térmico (ley cero de la termodinámica) y la variación de volumen.

Para explicar el ejemplo, plantee los cuatro pasos sobre cómo los refrigeradores mantienen los alimentos a una temperatura baja: 1. Operan en un ciclo termodinámico que involucra un gas refrigerante. 2. Este gas circula por tuberías tras las paredes. 3. A su paso, el refrigerante va absorbiendo parte de la energía térmica del alimento y del aire del compartimiento interior enfriando ese espacio. 4. Aquí es donde se aplica el concepto de equilibrio térmico, porque el ciclo termodinámico del gas mantiene el interior de la refrigeradora a una temperatura más baja que el aire exterior. La energía térmica fluye naturalmente del alimento (región de mayor temperatura) hacia las paredes (región de menor temperatura) hasta que el alimento alcance el equilibrio térmico (igual temperatura) con el gas refrigerante.

25 min

Indagación

Leyes de la termodinámica. Parte 1

Hemos comprendido cómo evoluciona un proceso si restringimos una propiedad del gas ideal. Pero ¿cuál es la conexión entre sus variaciones de presión, volumen y temperatura, y la tecnología de la refrigeración, por ejemplo? La respuesta está en las leyes de la termodinámica, sin las cuales no pudiéramos preservar los alimentos, degustar un helado o enfriar un edificio.



A. ¿Por qué no explota?

Las vejigas o globos fabricados de látex son aislantes térmicos, la pared dificulta la transferencia de calor a través de ellas; sin embargo, al estirarse o inflarse, la pared se vuelve demasiado delgada para evitar la transferencia de calor, así que, las moléculas del látex dejan de transferir calor hacia las moléculas del aire interior a la vejiga. En la siguiente experimentación indagaremos por qué una de ellas explota y la otra no, ante el contacto térmico de la misma fuente de calor.

Materiales:

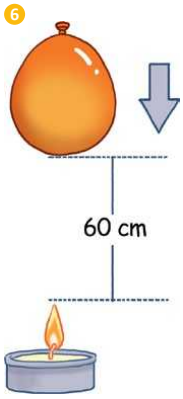
- Termómetro
- $300\ mL$ de agua
- 2 vejigas de látex
- Candela
- Fósforos
- Papel toalla
- Regla graduada
- Guante y pinza de cocina

Procedimiento:

2



6



1. Registra la temperatura del agua. Esta se considerará equivalente a la temperatura del látex de la vejiga. P. 28
2. Agrega cuidadosamente agua dentro de una vejiga hasta que alcance el tamaño de tu puño. Luego, ínflala con aire hasta triplicar el tamaño. Anúdala y seca su exterior con papel toalla.
3. Infla solo con aire la segunda vejiga hasta lograr el mismo tamaño que la primera. Anúdala.
4. Registra la temperatura ambiente. Esta se considerará equivalente a las temperaturas del aire interior y de la pared de látex de la segunda vejiga.
5. Enciende la candela.
6. Coloca la segunda vejiga, llena solo de aire, y con el brazo extendido, a unos $60\ cm$ por encima de la llama y bájala lentamente hacia ella.
7. Repite el *paso 6* con la vejiga llena de agua y aire. Asegúrate que la parte con agua se mantenga siempre por encima de la llama.
8. Responde lo que se te indica en el Cuaderno de Trabajo.

Esta actividad demuestra cómo funciona el concepto de equilibrio térmico, donde los objetos en contacto alcanzan una temperatura común y se establece una distribución uniforme de calor. Aquí se alcanza el equilibrio térmico cuando la temperatura del agua en la vejiga se iguala con la temperatura del aire y la pared del látex.

52

Explique por qué el globo con agua no estalla al ponerse en contacto con la llama. Siempre que exista agua líquida sin cambiar de fase, no elevará su temperatura. El globo, al estar en contacto térmico con el agua, iguala esa temperatura, la cual es menor que la del rompimiento.

En la *actividad B*, se interpreta cómo la transferencia de calor (enfriamiento del aire dentro de una botella cerrada) afecta la energía interna a partir de la evidencia del estrujamiento de la botella. El sistema es el aire dentro de la botella y los límites son las paredes internas de la botella, la tapa, y la superficie del agua caliente. A medida que el aire dentro de la botella se enfría ($-Q_{liberado}$), la energía interna del aire disminuye ($-\Delta U$), lo que provoca una contracción del aire dentro de la botella. Esta contracción reduce la presión interna de la botella.

Realiza la *actividad B* para conocer el efecto que se genera sobre la frontera real de un tipo de sistema, en términos de variación de volumen cuando experimenta una transferencia de energía por calor hacia el entorno.

B. Botella plástica aplastada

En esta actividad descubrirás la influencia que puede tener el entorno sobre el sistema termodinámico formado por una botella y el agua caliente en su interior.

Materiales:

- Botella plástica vacía con tapadera
- Agua caliente
- Guantes de cocina

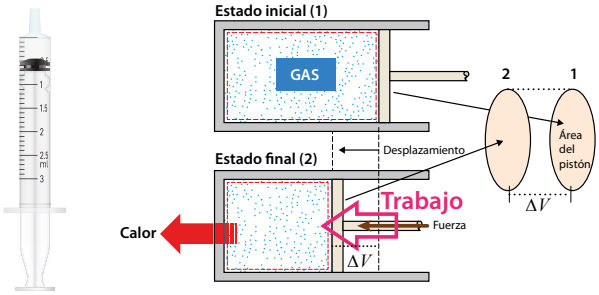
Procedimiento:

1. Vierte el agua caliente dentro de la botella plástica. Hazlo usando los guantes de cocina, para evitar quemarte.
2. Cierra bien la botella con su tapadera.
3. Registra y resuelve lo siguiente:
   a. Esquematiza el montaje. Para esto, dibuja la frontera del sistema y señala diferenciando el sistema y el entorno.
   b. Clasifica el sistema termodinámico formado como «sistema cerrado» o «sistema abierto» según corresponda.
   c. Si observaste una variación en el volumen del sistema, indica si fue positiva, negativa o nula.

p. 28

La variación de volumen que ocurrió en el experimento se debe a la disminución de la presión y de la temperatura del aire de la botella. Hay una conexión interesante con el concepto de trabajo. Pero la expresión de **trabajo** hecho por una fuerza sobre un objeto (fuerza x desplazamiento) no es práctica para adaptarla a una variación de volumen. Afortunadamente, podemos deducir una expresión diferente a partir de una jeringa, cilindro de tapa móvil o cilindro-pistón de motor de vehículo: W = fuerza x desplazamiento = (área del pistón x presión) x desplazamiento = presión x (área del pistón x desplazamiento) = presión x variación de volumen = $P \cdot \Delta V$. La presión de gas constante se logra extrayendo calor al gas.

$$W = P \cdot \Delta V \qquad 2.7$$



Notación...

ΔV es variación o cambio de volumen, en m^3; W es trabajo, en J y ΔU la variación o cambio de energía interna en J.

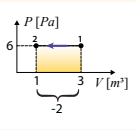
25 min

Unidad 2



Ojo al dato...

El área bajo la curva del proceso en un diagrama P vs. V es trabajo realizado.



W = área del rectángulo
W = lado V x lado P
W = (1-3) m^3 (6) Pa
W = -2 m^3 × 6 Pa
W = -12 J

Semana 7 53

En el *numeral 3*, explique que la botella plástica se aplasta después de que se le vierte agua caliente y se cierra con la tapadera porque el aire dentro de la botella se calienta y se expande. Al cerrar la botella, se atrapa este aire caliente y al enfriarse el agua y el aire dentro de la botella, el aire se contrae, disminuyendo la presión interna. Esta disminución de presión hace que la botella se estruje debido a la presión atmosférica externa que ahora es mayor que la presión interna. Este fenómeno está relacionado con la ley de Gay-Lussac porque el volumen del aire dentro es constante, y describe cómo la presión del aire varía con la temperatura.

El sistema realiza menos trabajo hacia el exterior debido a la disminución de la presión interna, lo que resulta en que la presión externa (presión atmosférica) sea mayor que la presión interna, causando que la diferencia de presión estruje hacia adentro la botella. Por lo tanto, el trabajo realizado por el sistema es negativo porque el entorno (la botella, el agua caliente y el aire circundante en el ambiente) está realizando trabajo sobre el sistema al comprimir la botella.

Creatividad

En esta etapa, los estudiantes explorarán cómo el calor se transforma en trabajo mediante experimentos, a través de la observación y el cálculo; analizarán la energía interna, el calor y el trabajo en sistemas cerrados, aplicando la primera ley de la termodinámica; así relacionarán la teoría con experiencias prácticas y significativas.

- Mencione que se está construyendo un sistema que convierte el calor en trabajo, donde el vapor de agua que sale por el orificio de la lata a alta presión y temperatura se expande a través de la veleta, convirtiendo el calor del vapor en trabajo mecánico al hacerla girar. Esto es similar al funcionamiento de una turbina de vapor, donde el vapor a alta presión se expande y realiza trabajo.
- Indique que las velas encendidas actúan como la fuente de alta energía de nuestra máquina térmica porque es donde se quema el combustible para calentar el agua y producir vapor.

Creatividad

Las máquinas de vapor se construyeron con el propósito de producir trabajo (eléctrico, mecánico y de otros tipos) a partir de un aporte de energía por transferencia de calor hacia la misma máquina térmica. Aparatos como refrigeradores y congeladores funcionan mediante una **máquina térmica**; esta, a su vez, también se utiliza en la generación de energía eléctrica. Para poder comprender cómo funciona: ¡Realiza la siguiente actividad!

45 min

C. Máquina térmica

A gran escala, ¿qué magnitudes termodinámicas se hallan involucradas en una máquina térmica? Lo veremos la próxima semana. Por hoy, aprende con el experimento cómo es el proceso para convertir calor a trabajo.

Materiales:

- Destornillador
- Tenaza para cortar alambres
- 80 mL de agua caliente
- Lata de refresco (sin abrir)
- 20 cm de alambre calibre 16
- 4 tornillos para pared de 3 in
- Jeringa con aguja de 5 mL o más
- Tabla de madera de 10 x 15 cm^2
- Botella de plástico
- 3 velas
- Guantes de cocina
- Encendedor
- Tijeras
- Silicón líquido







Procedimiento:

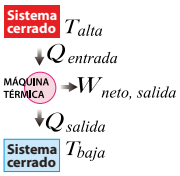
1. Haz un pequeño orificio en la parte superior y lejos de la tapa de la lata con uno de los tornillos.
2. Vacía el contenido de la lata por el orificio que acabas de hacer. No retires la tapa ni aplastes el cuerpo de la lata.
3. Corta un trozo de botella y elabora una veleta con orificio al centro.
4. Atornilla sobre la tabla los cuatro tornillos como soporte para colocar la lata en posición horizontal. Luego, coloca la lata con el orificio arriba.
5. Perfora dos hoyos en la madera por el lado donde va el orificio de la lata.
6. Toma un alambre y dóblale la punta en forma de «P». Repite el procedimiento para el otro alambre. Luego, insértalos en los hoyos y acorta sus alturas asegurando que las formas «P» tengan menor altura que el orificio de la lata.
7. Pasa un alambre recto en el centro (eje) de la veleta y fíjalo con silicón.
8. Instala la veleta pasando su eje por los soportes y asegura una rotación libre.
9. Coloca tres velas bajo el área de la lata.
10. Vierte 80 mL de agua por el orificio de la lata. Utiliza la jeringa con aguja.
11. Enciende las velas y coloca la lata con el orificio frente a la veleta.
12. Espera hasta que el vapor de agua salga en forma de chorro hacia la veleta y logre hacerla girar.
13. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
    a. Esquematiza el montaje, dibuja las fronteras (real e imaginaria) del sistema. Nombra el sistema y el entorno.

p. 29

Señale que el sumidero de baja temperatura, aunque no se menciona explícitamente, es la atmósfera, ya que el vapor eventualmente se enfría y se condensa en el aire circundante. En una planta de máquina térmica, es el condensador, porque el vapor que ha pasado por la turbina se enfría y se condensa de nuevo en agua, liberando el calor restante al ambiente.

En la *actividad D*, se explica la conexión que hay entre la presión, la temperatura, la energía interna y el trabajo a través de la primera ley de la termodinámica, que establece que el cambio en la energía interna de un sistema es igual al calor añadido al sistema menos el trabajo realizado por el sistema. En este caso, el trabajo es realizado sobre el sistema (la lata y su contenido) por el entorno debido a la diferencia de presión.

b. Clasifica el sistema como «cerrado» o «abierto», y su proceso como «adiabático» o «no adiabático».
c. ¿Cuál ecuación utilizarías para el aumento de la temperatura del agua y cuál para el caso de la ebullición del agua?
d. Sabemos que el sistema experimentó una transferencia de energía por calor porque atravesó la frontera del sistema en una interacción térmica con las velas (parte del entorno). Entonces, ¿cómo se considera esta transferencia de calor?



Una consecuencia de agregar energía térmica al agua fue el aumento de su energía interna. El cambio en la energía interna es igual a la cantidad neta de calor y trabajo transferidos al agua.

El vapor de agua realizó trabajo sobre la veleta (parte de su entorno) porque la hizo girar como resultado de añadirle energía mecánica, es decir: la energía cinética rotacional. Con este breve análisis, resulta sencillo concluir que el trabajo es otra forma de transferencia de energía entre dos sistemas o entre un sistema y su entorno. Si recuerdas, esta idea la dijimos también en la *Semana 5*; el trabajo, al igual que el calor, siempre atraviesa la frontera de un sistema.

D. Lata de aluminio aplastada

Esta actividad, similar a la *actividad B* te permitirá ver la conexión que hay entre presión, temperatura, energía interna del sistema y trabajo del entorno.

1 h

Materiales:

- Recipiente hondo con agua
- Lata de refresco vacía
- Agua
- Pinza para crisol o pinza de cocina
- 3 velas u hornilla
- Fósforos



Procedimiento:

1. Agrega $5\ mL$ de agua a la lata.
2. Enciende las velas y calienta el agua de la lata hasta la ebullición. Utiliza la pinza para sostener la lata.
3. Rápidamente coloca la lata boca abajo sobre el agua que está en el recipiente hondo y observa.
4. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   a. Esquematiza el montaje, dibujando las fronteras (real e imaginaria) del sistema. Identifica y nombra al sistema y el entorno.
   b. Clasifica el sistema termodinámico como: «cerrado» o «abierto», y su proceso como «adiabático» o «no adiabático».
   c. Después de volcar la lata, ¿qué podemos afirmar acerca de la variación de la energía interna del sistema?
   d. Clasifica el trabajo de aplastamiento que experimentó la lata a partir de la transferencia de energía.

p. 29



Unidad 2

Explique que las máquinas térmicas son de sistema abierto o de sistema cerrado. La diferencia principal consiste en cómo manejan el flujo de materia y energía. En las de sistema abierto, tanto la energía como la materia cruzan las fronteras del sistema.

Posible dificultad

Si hay dificultad para clasificar la lata de aluminio como un sistema cerrado o abierto, guíe la observación con preguntas como: «¿En qué momento el vapor ya no puede salir de la lata?», «¿Qué sucede con la materia dentro de la lata cuando está sumergida en el agua?». Explique que la lata se comporta como un sistema cerrado en ese momento clave, ya que hay transferencia de energía (el calor del agua y el trabajo del aplastamiento por presión atmosférica) pero no hay flujo de materia a través de su frontera.

En la lata el calor incrementa la energía interna del sistema (la lata y su contenido), aumentando la temperatura y presión de vapor en el interior. Cuando se sumerge en agua, el vapor interior se enfría y condensa rápidamente, reduciendo la presión interna. Esta disminución hace que la presión atmosférica realice trabajo sobre la lata, comprimiéndola. Acá, la primera ley de la termodinámica analiza cómo el trabajo realizado sobre el sistema y la transferencia de calor (enfriamiento y condensación del vapor) afectan la energía interna del sistema.

Esta sección *Así se calcula…* explica y resuelve un problema teórico sobre trabajo y calor, con el objetivo de aplicar la primera ley de la termodinámica para analizar cómo el calor y el trabajo interactúan en un sistema sólido, además de distinguir entre calor y temperatura, y de entender cómo estos conceptos se relacionan con la energía interna de un sistema.

Pídales imaginar que cada lego representa una cantidad de energía que puede intercambiarse con el entorno mediante calor (Q) o trabajo (W). Si el sistema recibe calor, Lisa recibe legos, por eso Q es positivo (+Q). Si el sistema realiza trabajo sobre el entorno, Lisa entrega algunos legos, por eso W es positivo (+W). La variación de la energía interna (ΔU) es la diferencia entre los legos que Lisa recibe y entrega. El total de legos sigue siendo tres. La energía se conserva.

Posible dificultad

Si presenta confusión al determinar el signo a las variables de la ecuación 2.8 debido a la falta de criterio para distinguir cuándo colocar los signos del calor (Q) y trabajo (W), indique por el contexto del problema que el calor absorbido es positivo (+Q), el calor liberado o cedido, negativo (−Q), el trabajo realizado por el sistema es positivo (+W) y el trabajo realizado sobre el sistema es negativo (−W).

Así se calcula…

Trabajo y calor en procesos y ciclos termodinámicos

Realizarás cálculos con la primera ley de la termodinámica para **sistemas cerrados**. Un sistema cerrado es aquel cuya cantidad de masa es fija, por lo que también se denomina **masa de control**. Ejemplos: un dispositivo cilindro-pistón conteniendo un gas (o líquido), una botella de agua cerrada, un termo cerrado, un tubo de pasta de dientes cerrado, etc. Si se piensa es fácil concluir que no hay masas cruzando en ninguna parte de la frontera del termo cerrado; solo por retomar un ejemplo. En cambio, no son sistemas cerrados las bombas y las turbinas porque son dispositivos a través de los cuales fluye masa por sus fronteras. La siguiente expresión es la **primera ley de la termodinámica**.

$$\Delta U = Q_{neto,\ entrada} - W_{neto,\ salida} \qquad 2.8$$

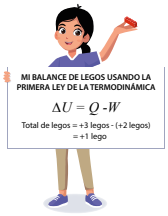
Lisa, con un simple intercambio de legos, nos aclara el significado de los signos de la dirección de los flujos de energía por calor y trabajo del sistema, e indica si el sistema al final gana o pierde energía. Las tres magnitudes termodinámicas (ΔU, Q y W) tienen unidades de energía, en J.



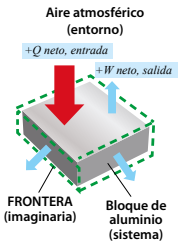
Recibo 3 legos, es decir, la cantidad positiva de +3 (calor, $+Q$).



Entrego 2 legos, es decir, la cantidad positiva de +2 (trabajo, $+W$).



¿Cuál es el cambio de la energía interna de un bloque de aluminio de $1.00\ kg$ que se calienta a la presión atmosférica de $101.3\ kPa$, si su temperatura aumenta de $22.0\ °C$ a $40.0\ °C$? Las propiedades del aluminio son: calor específico, c = $900\ J/(kg \cdot K)$; coeficiente de dilatación térmica lineal, $\alpha = 24.0 \times 10^{-6}/K$ (donde el coeficiente de dilatación volumétrica es $\gamma = 3\alpha$, *Semana 9 Libro de Texto 6°*); densidad, $\rho = 2.70 \times 10^3\ kg/m^3$. La variación de volumen: $\Delta V = V_i \times \gamma \times \Delta T$. El calentamiento produce una dilatación térmica o variación de volumen al bloque. Para calcular ΔU necesitamos analizar y realizar pasos previos para finalmente aplicar la primera ley de la termodinámica.



1. Calcula la variación de volumen del bloque. Primero, necesitas hallar el coeficiente de dilatación volumétrica: $\gamma = 3\alpha = 3 \cdot (24.0 \times 10^{-6}/K) = 72 \times 10^{-6}/K$

   Luego, la variación de temperatura:

   $$\Delta T = T_f - T_i = 40.0\ °C - 22.0\ °C = +18.0\ °C = +18.0\ K$$

   La variación positiva de temperatura indica aumento de temperatura. Y después, el volumen inicial del bloque por medio de la densidad:

   $$V_i = m/\rho = 1.00\ kg\ /\ (2.70 \times 10^3\ kg/m^3) = 0.370 \times 10^{-3}\ m^3$$

   Utiliza la ecuación $\Delta V = V_i \times \gamma \times \Delta T$ y sustituye los tres valores anteriores. Obtendrás que $\Delta V = +4.80 \times 10^{-7}\ m^3$. El signo positivo indica una expansión del bloque.

2. Determina el trabajo realizado. Utiliza la ecuación 2.7 para obtener el trabajo del bloque: $W = P \cdot \Delta V = (101.3 \times 10^3\ Pa)\ (+4.80 \times 10^{-7}\ m^3) = 486 \times 10^{-4}\ J = +0.0486\ J$

56

Destaque en los *numerales 1* y *2* que los metales tienen coeficientes de expansión térmica relativamente bajos en comparación a los líquidos y gases; esto refleja el bajo incremento de volumen que tuvo el bloque, que es equivalente a un grano de arroz ($\Delta V \approx 0.5\ cm^3 = 0.5\ ml$). Por esta razón, el trabajo se vuelve despreciable en los sólidos al calentarse.

Indique que presten especial atención a las unidades de la masa, el calor específico y la variación de la temperatura, asegurándose de que sean consistentes para que las unidades se cancelen correctamente en la ecuación $Q = mc\,\Delta T$.

El signo positivo indica el trabajo hecho «por» el bloque (sistema) sobre la atmósfera (el entorno). El trabajo obtenido de $0.0486\ J$ es la transferencia de energía que el bloque entrega hacia la atmósfera causándole una **compresión**. El bloque se expande ($+4.80 \times 10^{-7}\ m^3$), causando que el entorno disminuya la misma variación de volumen, pero negativa ($-4.80 \times 10^{-7}\ m^3$).

3. Energía añadida. Con los datos de masa, cambio de temperatura y calor específico, usa la ecuación 2.1 para la energía neta añadida por calor: $Q = mc\Delta T$, sustituyendo:

$$Q = (1.00\ kg) \times [900\ J/(kg \cdot K)](+18.0\ K) = +16\,200\ J = +16.2\ kJ$$

El signo positivo indica una transferencia de energía mediante calor desde la fuente de calor (el entorno) «hacia» el bloque (sistema) que puede interpretarse como $16.2\ kJ$ de transferencia de energía por el calor absorbido por el bloque.

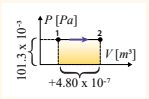
4. El cambio de su energía interna. Con los datos conocidos de trabajo y calor, puedes emplear la ecuación 2.8 para calcular la energía interna:

$$\Delta U = Q - W = +16\,200\ J - (+0.0486\ J) = +16\,199.9514\ J$$
$$= +16.1999514 \times 10^3\ J = +16.2\ kJ$$

El signo positivo se interpreta que el bloque absorbe (o almacena) $16.2\ kJ$ de energía térmica al final del proceso isocórico debido al calentamiento al que se sometió.

Ojo al dato...

Otra forma de calcular el trabajo de este proceso isocórico (de compresión) es por medio del área bajo el diagrama P vs. V:



$$W = (101.3 \times 10^3) \cdot (+4.80 \times 10^{-7})$$
$$W = +486 \times 10^{-4}\ J$$

Enfatice en que la presión constante en el gráfico indica que el proceso representado es isobárico, regido por la ley de Charles.

Notación...

Convenio de signos: Para el trabajo: $W>0$ si es trabajo hecho «por» el sistema. $W<0$ si es trabajo hecho «sobre» el sistema.

Para el calor: $Q>0$ si absorbe o gana energía térmica el sistema. $Q<0$ si libera, cede o pierde energía térmica el sistema.

50 min

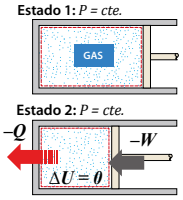
- Destaque la importancia del signo negativo de $W_{neto,\ salida}$ escrito en la ecuación 2.8 (primera ley de la termodinámica), explicando que este no debe ser positivo, ya que sigue el convenio de signos para trabajo y calor establecido en toda la unidad de Calor y Temperatura.
- Despeje Q de la ecuación 2.8: $\Delta U = Q - W$, obteniendo $\Delta U = Q - W$. $Q = \Delta U + W$. Luego, sustituya los valores proporcionados para ΔU y W en la expresión resultante.

E. Calcula con datos experimentales

Resuelve los problemas que se te plantean y realiza los cálculos que se indican basándote en el ejercicio resuelto en el *así se calcula* y toma algunos datos experimentales de lo que registraste de una actividad pasada.

1. Considera el rango de temperaturas de T_b hasta T_c registradas en la *actividad B* de la *Semana 5*. Las propiedades del agua son: $c = 4.186\ kJ/(kg \cdot K)$; $\gamma = 210 \times 10^{-6}/K$; $\rho = 1000\ kg/m^3$. Calcula lo que se indica para una masa de $0.200\ kg$ de agua. p. 29
2. Un gas realiza $300\ J$ de trabajo sobre su entorno, mientras se agrega $800\ J$ de calor al gas. p. 30
3. El volumen de un gas ideal incrementa de $0.8\ m^3$ a $2.4\ m^3$, pero conservando la presión constante de $1\,000\ Pa$.
4. El trabajo que realiza un gas que se expande del estado 1 al estado 2 se indica en el diagrama P vs. V que se muestra en el Cuaderno de Trabajo; realiza lo que allí se te indica. p. 31

La razón de poner una flecha de Q_{salida} en un proceso isobárico durante la compresión de gas ($-\Delta V$), es porque son negativas la variación volumétrica y de temperatura, de acuerdo con la ley de Charles. Haciendo balance de energía a partir de $\Delta U = Q - W$. La $-\Delta V$ hace $W<0$. La $-\Delta T$ hace $\Delta U<0$. Siempre Q será negativo. Puedes inventarte valores para W y ΔU que cumplan su propia desigualdad, por ejemplo, si $\Delta U = -8\ J$ y $W = -3\ J$ resultará $Q = -11\ J$ (negativo).



La *actividad* E fomenta el análisis de los sistemas termodinámicos y sus entornos, identificando la frontera en casos específicos. Para lograrlo se propone la resolución numérica de problemas que involucren las transferencias de energía mediante calor y trabajo, así como el cálculo de la energía interna del sistema, aplicando la primera ley de la termodinámica.

Comunicación

En esta etapa, los estudiantes dialogarán sobre el equilibrio térmico, el calor y el trabajo mecánico, aplicando la primera ley de la termodinámica. Mediante la comparación de ejemplos de una plancha eléctrica o la máquina térmica construida en clase, reflexionarán sobre cómo la energía se transforma y transfiere, consolidando su comprensión de fenómenos cotidianos.

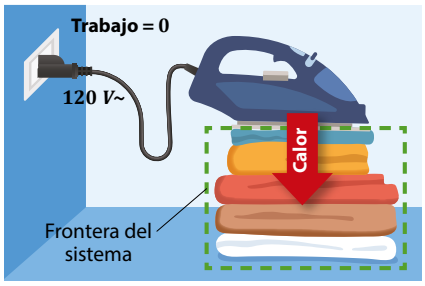
Explique que la Realidad Aumentada (RA) simula el movimiento mecánico de un motor de combustión interna de nueve pistones. En estas máquinas, los procesos termodinámicos determinan el movimiento de los pistones: Al quemarse el combustible en el cilindro se libera calor, los gases se expanden y ejercen presión sobre los pistones, empujándolos radialmente hacia afuera. Ese trabajo del gas sobre los pistones se transmite, a través del mecanismo biela-manivela, al eje de transmisión, que a su vez acciona las palas de un ventilador industrial, mostrando la conversión del calor en trabajo útil.

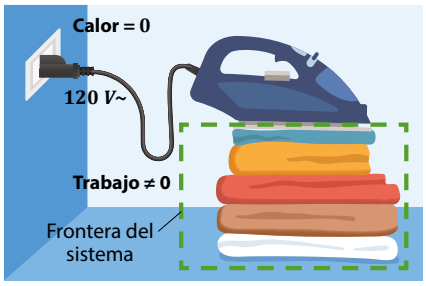
20 min

Comunicación

La idea clave por la que no explotó la vejiga con agua de la *actividad A*, es porque el punto de ebullición del agua es menor que $120\ °C$. Mientras el agua líquida cambie a vapor, los $100\ °C$ se mantendrán. Esto es como un **freno térmico** instalado por el agua sobre el látex. Es decir, sus temperaturas no cambian y por esta razón ambos materiales están en **equilibrio térmico** con un tercer cuerpo; el termómetro (ley cero de la termodinámica). Es importante aclarar que el calor no es una nueva forma de energía, sino el nombre que le damos a la energía térmica o (de manera más general) a la energía interna transferida debido a una diferencia de temperaturas entre dos ambientes. El calor «antes» de ser liberado por un sistema hacia su entorno es energía interna. El calor «después» de ser absorbido por un sistema vuelve a ser energía interna.

Por su parte, cada vez que aplicamos la primera ley debemos tener la precaución con el convenio de los signos que se ha seleccionado, porque no es el único convenio que existe; hay que comunicarlo en termodinámica. Otro punto importante radica en ver la localización de la frontera del sistema porque puede ser significativa para determinar si una transferencia de energía en particular debe considerarse como calor o trabajo. Por ejemplo, observa ambos escenarios alternativos que incluyen una plancha eléctrica encendida y conectada al tomacorriente, ¡alguien la dejó olvidada en esa posición sobre una pila de ropa!





MOTOR DE COMBUSTIÓN

En este tipo de motor se quema una mezcla de aire y combustible dentro de un cilindro, para aumentar la presión y generar un movimiento mecánico.

En la figura de la izquierda hay un flujo de corriente a través de la plancha. Dado que existe una diferencia de temperaturas entre la plancha (el entorno) y la ropa (el sistema), clasificamos la transferencia de energía como calor. En la figura de la derecha se ha elegido la frontera de modo que incluya a la plancha junto con la ropa. La única transferencia de energía acá es mediante trabajo eléctrico.

Comprendimos que la conversión de calor a trabajo requiere construir un dispositivo especial llamado **máquina térmica** como el que se construyó en la *actividad C*. La máquina de esa actividad no opera en un ciclo termodinámico, porque el vapor de agua (fluido de trabajo) no experimenta un ciclo completo. Operaría bajo un ciclo si cambiáramos su diseño, de modo que el vapor se pudiera enfriar a la temperatura inicial, lo cual provocaría condensación y luego que se vuelva a elevar la temperatura hasta que ocurra la evaporación alternativamente; tal como operan los ciclos de potencia de vapor. Esta es una explicación simplificada, pero deja la idea para que se desarrolle un poco más en la siguiente semana junto con la segunda ley de la termodinámica.

58

Explique que, en las imágenes, es la misma plancha conectada al tomacorriente, en la de la izquierda se considera la plancha como parte del entorno y en la derecha como parte del sistema, para aplicar correctamente la primera ley de la termodinámica $\Delta U = Q - W$. Imagen izquierda: $\Delta U = Q$ y derecha: $\Delta U = W$.

El objetivo de la *actividad A*, es explicar que la condición de equilibrio térmico se alcanza cuando dos o más sistemas en contacto térmico ya no experimentan cambios en sus propiedades físicas, como el volumen y la presión, alcanzando la misma temperatura. En este estado, la transferencia neta de energía térmica entre los sistemas es cero, no obstante, siempre sigue habiendo contacto térmico entre ellos.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

Leyes de la termodinámica. Parte 1

A. ¿Por qué no explota?

1. Temperatura del látex de la primera vejiga:

$T_{agua,\ látex\ 1} =$ _____ °C

4. Temperatura de látex de la segunda vejiga:

$T_{agua,\ látex\ 2} =$ _____ °C

8. Responde:

a. Si el sistema es el aire del interior de la vejiga, ¿cuál es el entorno inmediato del sistema?
La llama de la vela, junto al aire atmosférico, y la pared de látex de la vejiga.

b. Si el sistema es el agua del interior de la vejiga, dibuja la frontera y nombra el entorno inmediato del sistema.



La pared de látex de la vejiga, la llama de la vela, el aire interior de la vejiga.

c. Escribe «antes» o «después» para completar la frase:
La vejiga que contiene únicamente aire en su interior explota antes de tocar la llama.

d. La temperatura de fusión del látex es 120 °C. Obviamente la vejiga que solo contiene aire explota porque su temperatura sube de _____ °C hasta 120 °C.

e. En el caso de la vejiga con agua, la temperatura de la pared sube de _____ °C hasta 100 °C o menos.

Esto significa que: el agua y la pared están en **equilibrio de temperaturas**. Por esta razón no explota la vejiga con agua.

p. 52

B. Botella plástica aplastada

a. Esquematiza el montaje:

b. El sistema es:
Cerrado: X Abierto: _____

La variación de volumen del sistema:
$+\Delta V$ (aumenta el volumen): _____
$-\Delta V$ (disminuye el volumen): X
$\Delta V = 0$ (volumen constante): _____

p. 53

Ejemplifique en los *numerales 1* y *4* la condición de transferencia neta cero de energía térmica entre tres cuerpos. Por ejemplo, entre una vejiga (cuerpo 1) con agua (cuerpo 2) expuesta a la llama (cuerpo 3) de una vela. La vejiga con agua está en contacto térmico a 40 °C y al mismo tiempo, la vela transfiere suficiente calor para mantener la temperatura del sistema constante; entonces, la transferencia neta de energía térmica entre los tres cuerpos es cero porque el calor perdido por la vela es igual al calor ganado por la vejiga y el agua, manteniendo el sistema en equilibrio térmico.

Con el esquema, explique cómo la diferencia de presiones resulta en un trabajo mecánico sobre la lata, comprimiéndola.

En los literales b de las *actividades C* y *D*, es importante explicar que en un proceso adiabático no hay transferencia de calor hacia o desde el sistema, o sea, no hay intercambio de calor con el entorno. Por otro lado, un proceso no adiabático es aquel en el que sí hay transferencia de calor entre el sistema y su entorno, el calor puede entrar o salir del sistema.

Criterios de evaluación

Identifica que la expansión del vapor realiza trabajo sobre la veleta.

Posible dificultad

Si hay alguna dificultad en simplificar una máquina térmica, indique que realicen un esquema que contenga los tres elementos esenciales e incluyan los detalles relevantes como: las flechas que indican el flujo de energía o movimiento, la nomenclatura para representar el calor, el trabajo y las temperaturas alta y baja.

Criterios de evaluación

- Clasifica una máquina térmica como sistema abierto o cerrado analizando si el sistema permite el intercambio de materia con el entorno.
- Clasifica los procesos como adiabáticos y no adiabáticos analizando si hay transferencia de calor entre el sistema y su entorno durante el proceso.

Cuaderno de Trabajo

Unidad 2

Creatividad

C. Máquina térmica

a. Esquematiza el montaje:

b. El sistema es:
Cerrado: _____ Abierto: X
Adiabático: _____ No adiabático: X

c. Ecuación para:
Aumento de la temperatura del agua:
$Q = mc\Delta T$: X $Q = mL_v$: _____
Ebullición del agua:
$Q = mc\Delta T$: _____ $Q = mL_v$: X

d. Transferencia de calor:
Hacia el sistema: X
Desde el sistema: _____

p. 55

D. Lata de aluminio aplastada

a. Esquematiza el montaje:

b. El sistema es:
Cerrado: _____ Abierto: X
Adiabático: X No adiabático: _____

c. Variación de la energía interna:
Aumentó $(+\Delta U)$: _____
Disminuyó $(-\Delta U)$: X

d. Transferencia de energía mediante trabajo:
Hacia o sobre el sistema: X
Desde el sistema: _____

p. 56

E. Calcula con datos experimentales

1. Calcula lo que se indica para una masa de $0.200\ \text{kg}$ de agua:

a. El trabajo realizado del sistema e interprétalo.

$$V_i = \frac{m}{\rho} = \frac{0.200\ kg}{1\,000\left(\frac{kg}{m^3}\right)} = 2.000 \times 10^{-4}\ m^3$$

$$\Delta V = \gamma V_i\, \Delta T$$

$$\Delta V = \left(\frac{210 \times 10^{-6}}{K}\right)(2.000 \times 10^{-4}\ m^3)(\Delta T)$$

Se sustituye el valor ΔV en $W = P \cdot \Delta V$. El agua realiza trabajo sobre el aire atmosférico (W) mientras incrementó en ΔT su temperatura, causan una compresión; que se suele despreciar en los análisis.

b. La energía añadida por calor al sistema e interprétala.

Los valores dados de la masa, calor específico y variación de temperatura del agua se sustituyen en:

$$Q = m\, c\, \Delta T$$

$$Q = (0.200\ kg)\left[4.186\ \frac{kJ}{kg \cdot K}\right](T_f - T_i)$$

El agua absorbe Q (valor numérico en kJ) de energía térmica mientras incrementó ΔT su temperatura.

Semana 7 29

Criterio de evaluación

Distingue el momento en que el sistema se comporta como cerrado (masa constante, intercambio solo de energía).

Recuerde que los resultados numéricos de los literales a, b y c de la *actividad E* no coincidirán entre sí porque están basados en las medidas experimentales de cada grupo de trabajo.

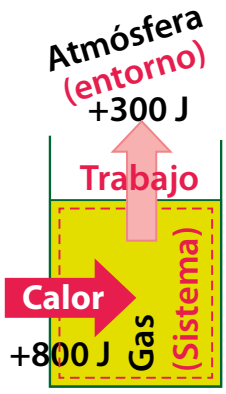
Cuaderno de Trabajo

c. El cambio de la energía interna del sistema e interprétala.
Se sustituyen los valores obtenidos en los *literales a* y *b* en $\Delta U = Q - W$. Entonces, se interpreta siguiendo el contexto y el convenio de los signos para el trabajo.

2. Un gas realiza $300\ J$ de trabajo sobre su entorno, mientras se agrega $800\ J$ de calor al gas. Haz:

d. El esquema de la frontera del sistema, rótulos del sistema y el entorno, y las transferencias de energía.

e. La representación para el trabajo y el calor por medio de flechas y marcando el sentido correcto.

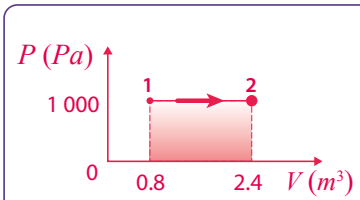


f. El cálculo de la variación en la energía interna del gas (usa la ecuación 2.8).

$\Delta U = Q - W$
$\Delta U = +800\ J - (+300\ J)$
$\Delta U = +500\ J$

3. El volumen de un gas ideal incrementa de $0.8\ m^3$ a $2.4\ m^3$, pero conservando la presión constante de $1\ 000\ Pa$. Entonces, realiza:

g. Diagrama P vs V del proceso colocando el sentido de la trayectoria, los estados 1 y 2, y los valores en los ejes y las unidades.



h. Cálculo del trabajo que realiza el gas en la expansión (usa la ecuación 2.7).

$W = P\,\Delta V = P\,(V_2 - V_1)$
$W = (1\ 000\ Pa)\cdot(2.4 - 0.8)\ m^3$
$W = (1\ 000\ Pa)\ (+1.9)\ m^3$
$W = +1\ 900\ J$
$W = +1.9\ kJ$

30

Criterios de evaluación

- Interpreta los signos del trabajo, calor y cambio en la energía interna de un sistema como positivo y negativo.
- Traza en el gráfico presión vs. volumen la trayectoria correcta según el proceso termodinámico dado.
- Calcula el trabajo, el calor y el cambio de energía interna de un sistema.

Posible dificultad

Explique que, según la convención de signos adoptada en esta unidad, el trabajo realizado por el sistema (en este caso, el gas) sobre su entorno (la atmósfera) se considera positivo, mientras que el trabajo realizado sobre el sistema se considera negativo. Esta convención puede causar confusión si no se tiene claro quién realiza el trabajo y sobre quién se realiza.

Posible dificultad

Si asocia el «aumento de volumen» únicamente con un cambio de tamaño visible y no con la energía transferida por el sistema al entorno, pídales visualizar la expansión como gas «empujando» al entorno; para ayudar a comprender que hay trabajo realizado por el sistema y es positivo (+W).

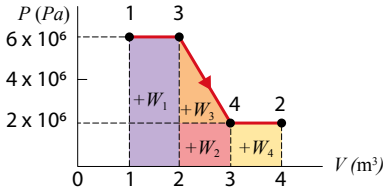
Criterio de evaluación

Calcula el trabajo que realiza un gas que pasa por procesos termodinámicos a partir del área del gráfico presión vs. volumen.

- Guíe al estudiantado para identificar las figuras geométricas (rectángulos o triángulos rectángulos) que debe crear bajo el área de una trayectoria del gráfico pidiéndole que trace líneas punteadas paralelas a los ejes coordenados en los puntos donde la trayectoria cambia de inclinación.
- Advierta en los *literales i, j, k y l*, que primero analice las características de cada proceso descrito. En los procesos isobáricos (presión constante) que aplique directamente la ecuación $W = P\,\Delta V$. Sin embargo, si la presión varía, deberá calcular el trabajo sumando las áreas del rectángulo y triángulo bajo la trayectoria.

Cuaderno de Trabajo

4. El trabajo que realiza un gas que se expande del estado 1 al estado 2 se indica en el diagrama P vs V, de la derecha. Para llegar al estado 2, se realizan diversos procesos intermedios, por lo cual deberás analizar y realizar lo que se te indica en cada literal.



i. Calcula el trabajo de 1 a 3:

Para encontrar el trabajo de 1 a 3 utilizamos el área de un rectángulo:

$W_{13} = \text{lado} \times \text{lado}$
$W_{13} = (6 \times 10^6\ Pa)\ (2-1)\ \text{m}^3$
$W_{13} = +6 \times 10^6\ J$

j. Calcula del trabajo de 3 a 4:

Para encontrar el trabajo de 3 a 4, partimos de 2 áreas bajo la trayectoria 3-4:

$W_{34} = \text{área del rectángulo + área del triángulo}$

$W_{34} = (2 \times 10^6 Pa)(3-2)\ \text{m}^3 + \left(\frac{1}{2}\right)(3-2)\ \text{m}^3[(6 \times 10^6) - (2 \times 10^6)]Pa$

$W_{34} = (2 \times 10^6 J) + \left(\frac{1}{2}\right)(4 \times 10^6 J)$
$W_{34} = (2 \times 10^6) J + (2 \times 10^6) J$
$W_{34} = +4 \times 10^6 J$

k. Cálculo del trabajo de 4 a 2:

Para encontrar el trabajo de 4 a 2 utilizamos el área de un rectángulo:

$W_{42} = \text{lado} \times \text{lado}$
$W_{42} = (2 \times 10^6\ Pa) \cdot (4-2)\ \text{m}^3$
$W_{42} = +4 \times 10^6\ J$

l. Cálculo del trabajo de 1 a 2:

Para el trabajo de 1 a 2, se deben sumar todas las áreas bajo la curva 1-2:

$W_{12} = W_{13} + W_{34} + W_{42}$
$W_{12} = (+6 \times 10^6\ Pa) + (+4 \times 10^6\ J) + (+4 \times 10^6\ J)$
$W_{12} = +14 \times 10^6\ J$

p. 57

Unidad 2

Tratamiento del error

Para evitar errores en la notación científica, enfatice que el signo del exponente define el movimiento del punto decimal: positivo hacia la derecha y negativo hacia la izquierda. Por ejemplo, al convertir 0.0068 a 6.8×10^3 a (incorrecto) en lugar de 6.8×10^{-3} (correcto).

Semana 8 Leyes de la termodinámica. Parte 2

Contenido

Segunda ley de la termodinámica
- Máquinas térmicas
- Planteamientos de la segunda ley de la termodinámica
- Eficiencia térmica
- Ciclo de Carnot

Indicadores de logro

2.9. Explica un proceso irreversible de extracción de calor por medio de trabajo mecánico.
2.10. Resuelve problemas acerca de la máxima eficiencia posible en una reversión parcial con máquinas térmicas.



Preparaciones de la semana

A. Procesos irreversibles

- Solicite a los estudiantes que lleven un vaso, agua helada, una pinza de madera para ropa, un martillo, un clavo, un trozo de madera y un termómetro.
- Se recomienda organizar equipos de trabajo.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.
https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

El objetivo de esta etapa es que el estudiantado comprenda, a través de experimentos sencillos, que la energía térmica fluye de manera espontánea del cuerpo o región más caliente a la fría y que no puede revertirse la dirección del flujo de energía térmica sin ayuda de la intervención de un proceso externo. Por ejemplo, el trabajo realizado por el compresor de una refrigeradora sería el proceso externo que revierte el flujo de energía térmica natural de lo frío (donde se alojan el alimento) a lo caliente (la atmósfera).

- Explique que un proceso espontáneo es aquel que ocurre de manera natural, sin requerir intervención externa y avanza en una dirección determinada hasta alcanzar el equilibrio y no puede revertirse sin alterar el entorno, por lo que se considera irreversible.
- Mencione algunos ejemplos de procesos espontáneos e irreversibles como el derretimiento del hielo cuando la temperatura ambiente es superior a 0 °C; y la oxidación del hierro al reaccionar naturalmente con el oxígeno y la humedad, formando herrumbre.
- Exponga que la espontaneidad de un proceso depende de las condiciones naturales del sistema y su entorno, y que, aunque la energía total se conserva (primera ley de la termodinámica), su distribución cambia de manera irreversible.

Indagación

Leyes de la termodinámica. Parte 2

Hasta este momento, hemos resuelto varios problemas poniendo atención a que la energía se conserve durante los procesos. De hecho, el proceso de enfriamiento obedece a la primera ley de la termodinámica. Entonces, ¿por qué es necesaria una segunda ley? ¿Acaso no son suficientes la ley cero y la primera ley para analizar y operar sistemas de refrigeración y máquinas térmicas? Justifiquemos la necesidad y la utilidad de la segunda ley de la termodinámica realizando la siguiente actividad.

30 min

A. Procesos irreversibles

En esta actividad, llevaremos dos sistemas a un estado inicial, y después, analizaremos el calentamiento y el enfriamiento de ambos sin ninguna intervención externa de trabajo o calor de nuestra parte. ¿Tomará la transferencia de calor cierta dirección específica en cada proceso espontáneo?

Materiales:

- 1 vaso de agua helada
- 1 pinza de madera para ropa
- Martillo, clavo y un trozo de madera
- Termómetro

Procedimiento:

1. Deja el vaso de agua helada sobre el pupitre o la mesa. Este será el sistema.
2. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   a. La temperatura ambiente (entorno: aire) y la del agua.
   b. La temperatura final del equilibrio térmico entre el agua y aire.
   c. En el esquema, dibuja en los vasos que lo requieran, la dirección y la intensidad (longitud) del calor, usando flechas.
   d. Lee el proceso que atraviesa el agua y subraya las palabras correctas.
   e. Registra la temperatura ambiente. Esta se considera igual a la temperatura inicial del clavo.
3. Toca el clavo y recuerda lo que percibiste (estado 1). Luego, agarra la punta del clavo con la pinza de ropa y golpea el clavo (sistema) con el martillo sobre la madera hasta insertar la mitad.
4. Registra lo siguiente en el Cuaderno de Trabajo:
   f. Toca el clavo, ¿cómo lo percibes ahora (estado 2)?
   g. En el esquema, dibuja una flecha indicando la dirección del calor.
   h. Lee el proceso que atraviesa el clavo y subraya las palabras correctas.

p. 32

¿Podemos regresar el agua al estado inicial (bajar su temperatura) luego de alcanzar la temperatura ambiente? Sí, pero no mediante un proceso espontáneo, ya que el calor se transfiere por sí solo de un medio caliente a uno frío. Entonces, necesitamos un dispositivo auxiliar como un refrigerador; pero, esta máquina consume energía eléctrica. Esto produce un cambio a la planta hidroeléctrica (entorno) o a quien le suministra la electricidad.

Unidad 2

PROCESO IRREVERSIBLE

Los fuegos artificiales son un ejemplo de procesos químicos irreversibles, porque una vez que explotan es imposible regresarlos a su forma inicial.

Enfriar agua es un proceso irreversible porque deja un rastro o cambio en el entorno respecto a su estado inicial, que se reflejará en la factura de electricidad. De forma análoga, calentar el clavo es un proceso irreversible.



Con la Realidad Aumentada explique que, durante la combustión los compuestos pirotécnicos tienen una reacción química exotérmica que convierte la energía química en calor, luz y movimiento de gases. En este proceso, los gases calientes se expanden rápidamente, disipando la energía en el entorno como calor y ondas sonoras, evidenciando que es un proceso químico y termodinámico irreversible.

El objetivo de esta etapa es que se comprenda que cualquier máquina térmica no llegará a convertir el 100 % de energía térmica en trabajo. No es posible convertir completamente el calor (energía térmica en tránsito) en trabajo sin liberar parte de este calor a un sumidero de menor temperatura (la atmósfera u otro entorno). Esta imposibilidad no es de origen tecnológico, sino que se explica con la segunda ley de la termodinámica (página 115).

Creatividad

La combustión de la cera de las velas constituyó el combustible sólido de la máquina térmica que diseñamos en la *actividad C* de la *Semana 7*, y la energía liberada en forma de calor y luz durante este proceso se transfirió al agua de la lata como calor ($Q_{entrada}$) para que la cantidad de trabajo ($W_{neto,salida}$) que entregara el vapor de agua se expandiera en la veleta. Por esta razón, sin combustible, ninguna máquina térmica trabaja. Completemos, pues, el análisis de transferencias de energía por calor y trabajo que presentan las máquinas termodinámicas.

135 min

B. Máquinas termodinámicas

En esta actividad registrarás las respuestas, una vez planteada la terminología que se usa en las máquinas termodinámicas. De aquí en adelante, el sistema se llamará máquina termodinámica y el fluido (gas o líquido), fluido de trabajo.

Procedimiento:

1. Lee lo que está a continuación:

   Tanto la máquina térmica y el refrigerador operan bajo un ciclo mecánico, en general, requieren un fluido hacia y desde el cual se transfiere energía térmica mientras experimentan un ciclo termodinámico cerrado, es decir, el fluido vuelve al estado inicial al final del ciclo y recircula. A este fluido se le denomina **fluido de trabajo**.

   También es máquina térmica, el dispositivo que opera en un ciclo mecánico, donde el fluido de trabajo no recorre un ciclo termodinámico completo (ciclo termodinámico abierto), es decir, que el fluido de trabajo se renueva al final de cada ciclo en lugar de recircular, como en el motor de combustión interna y los motores de los automóviles. Las máquinas térmicas se clasifican en **máquinas de combustión externa**, donde la combustión es fuera de la máquina y la energía térmica liberada durante este proceso se transfiere al fluido de trabajo como calor, y **máquinas de combustión interna**, donde el quemado del combustible se hace dentro de los límites de la máquina.

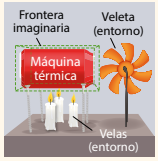
   En la página 44, sección *Comunicación*, la temperatura del agua disminuyó de 80 °C a 30 °C mientras que el aire atmosférico del entorno absorbió energía térmica en forma de calor del agua, sin calentarse (30 °C = constante). A este cuerpo que puede suministrar o absorber cantidades finitas de energía térmica sin experimentar ningún cambio de temperatura se le llama **depósito de energía térmica**. Al depósito que suministra o cede energía en forma de calor se le llama **fuente** (T_{alta}) y al depósito de energía térmica que absorbe energía en forma de calor se le llama **sumidero** (T_{baja}).

2. Analiza los esquemas de tu Cuaderno de Trabajo e indica:
   a. La dirección del calor que experimenta el fluido de trabajo donde se te indique. Usa una flecha.
   b. La clasificación del ciclo termodinámico del fluido de trabajo: ciclo cerrado o ciclo abierto.

p. 33

Ojo al dato...

Las máquinas térmicas difieren bastante entre sí; sin embargo, poseen las siguientes características: reciben energía térmica de un cuerpo a temperatura alta ($Q_{entrada}$), convierten parte de esta energía en trabajo ($W_{neto,\ salida}$), rechazan el calor de desecho hacia un cuerpo de baja temperatura (Q_{salida}) y operan en un ciclo.



Asocie el fluido de trabajo con la máquina mediante la cual actúa:

Máquinas térmicas. La mezcla de aire y vapor de gasolina con el motor de combustión interna (gasolina); la mezcla de aire y vapor de diésel con el motor diésel; el vapor de agua con una turbina de vapor (centrales eléctricas); el helio o hidrógeno con el motor Stirling; el oxígeno líquido y el combustible (keroseno o hidrógeno líquido) con los cohetes espaciales.

Sistemas de refrigeración. los refrigerantes R-134a o R-600a con el refrigerador doméstico; los refrigerantes R-410A o R-22 con el aire acondicionado; el agua y anticongelante (mezcla de etilenglicol) con sistemas de enfriamiento en automóviles.

Posible dificultad

Si confunden la máquina térmica con la fuente de energía, o asume que el sumidero «produce» calor, guíelo mediante preguntas reflexivas: «¿Qué cuerpo entrega energía y cuáles la absorben?» o «¿Por qué el sumidero recibe calor en lugar de generarlo?». Es vital aclarar que la función del sumidero es absorber la energía térmica que la máquina no logró transformar en trabajo.

Un aspecto importante de la diferencia entre las máquinas térmicas y los refrigeradores es que las máquinas térmicas producen trabajo mecánico y los refrigeradores, por su parte, consumen trabajo eléctrico, porque necesitan de un motor eléctrico para «bombear el calor». En resumen, las máquinas térmicas convierten calor en trabajo, y los refrigeradores utilizan trabajo para mover calor de un lugar frío a uno caliente.

Explique el ciclo de refrigeración en la unidad interior, donde el refrigerante absorbe energía térmica del aire de una habitación y la libera al exterior (atmósfera):
El refrigerante llega a la válvula de expansión como un líquido a alta presión, y al pasar la presión disminuye, lo que provoca que parte del líquido se evapore y se enfríe. El refrigerante frío y a baja presión entra al evaporador, ubicado dentro de la habitación, donde absorbe la energía térmica, evaporándose completamente en el proceso, esta transferencia de calor enfría el aire de la habitación. Un ventilador distribuye el aire frío, asegurando una temperatura uniforme.

c. La clasificación de las máquinas térmicas: combustión interna o externa.
d. La fuente y el sumidero de los depósitos de energía térmica.

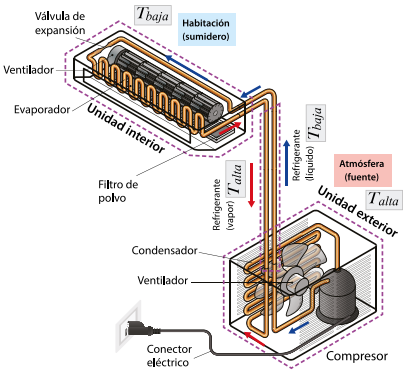
3. Explica por qué son depósitos térmicos los cuerpos especificados en las siguientes situaciones:
e. El proceso de hornear papas en un horno convencional. El depósito térmico es el aire caliente del horno.
f. La energía generada por un celular. El depósito térmico es el aire circundante de la habitación que encierra el celular.





Los refrigeradores y las máquinas térmicas tienen aplicaciones diferentes, aunque ambos sean dispositivos cíclicos. La de la máquina térmica es la generación de potencia. Estas máquinas son dispositivos productores de trabajo ($W_{neto,\ salida}$) donde la energía térmica se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente, es decir, del medio con temperatura alta (fuente) hacia el de temperatura baja (sumidero). La central eléctrica de vapor opera bajo un ciclo termodinámico llamado **ciclo de potencia** en el que intervienen cuatro componentes principales: turbina, condensador, bomba eléctrica y caldera.

En cambio, para transferir energía térmica de un medio que se halla a baja temperatura (sumidero) hacia otro de temperatura alta (fuente) se necesitan dispositivos especiales llamados **refrigeradores**, aplicados en la refrigeración (el aire acondicionado, por ejemplo). Estos dispositivos requieren de consumo de trabajo ($W_{neto,\ entrada}$).



El fluido de trabajo que usan se denomina **refrigerante** y opera bajo un ciclo termodinámico llamado ciclo de refrigeración. El ciclo que se utiliza con frecuencia es el **ciclo de refrigeración** de compresión de vapor, donde intervienen cuatro componentes principales: compresor, válvula de expansión, evaporador y condensador.

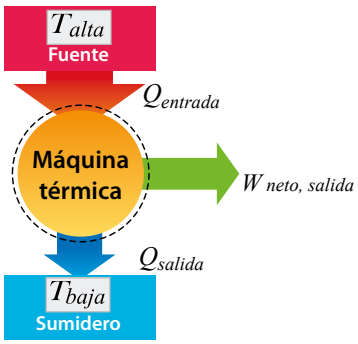
En El Salvador, los ingenios azucareros Central Izalco, Ingenio Chaparrastique, Ingenio El Ángel, Ingenio La Cabaña e Ingenio Jiboa, utilizan como combustible la energía liberada por la biomasa del bagazo de caña ($Q_{entrada}$) para calentar agua y generar vapor. El vapor a alta presión es conducido por una tubería hacia una turbina transmitiéndole energía cinética rotacional; la turbina a su vez va conectada a un generador eléctrico quien realiza trabajo ($W_{neto,\ salida}$) produciendo la electricidad. La mayor parte de la energía térmica suministrada al agua para hervirla en la caldera, se expulsa a través del condensador como calor residual hacia la atmósfera (Q_{salida}). Nota que lo que se expulsa es la energía térmica del fluido de trabajo y no la masa. El ciclo del fluido termina cuando se comprime el agua a la presión de la caldera ($W_{entrada}$).

Explique el ciclo de refrigeración en la unidad exterior: Al salir del evaporador, el refrigerante en forma de gas a baja presión es succionado por el compresor, impulsado por un motor eléctrico que comprime el gas, aumentando su presión y temperatura, convirtiéndolo en un gas caliente a alta presión. Un ventilador ayuda a disipar el calor del condensador.

La identificación de la frontera de una máquina térmica, su fuente y el sumidero, que se hizo en la página 60 del Libro de Texto sobre un prototipo real, facilita la aplicación de la primera ley de la termodinámica (ecuación 2.8) al primer esquema de la máquina térmica de abajo y la preparación del planteamiento matemático de la eficiencia de una máquina térmica de la sección *Así se calcula*.

El funcionamiento de una máquina térmica es complicado, pero, podemos representar sus características de la siguiente forma:

- Se representa con el esquema dado abajo.
- Recibe energía térmica desde una fuente, $Q_{entrada}$.
- Convierte parte de la energía térmica que recibe en trabajo mecánico, $W_{neto,\ salida}$.
- Rechaza el resto de la energía térmica hacia un sumidero, Q_{salida}.
- Funciona según un ciclo.



En un sistema cerrado, las variables del estado del fluido de trabajo coinciden en cada ciclo mecánico, entonces, $\Delta U_{ciclo} = 0$, y la restricción del principio de conservación de energía (ecuación 2.8) queda así:

$$0 = Q_{neto,\ entrada} - W_{neto,\ salida}$$

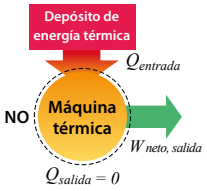
$$W_{neto,\ salida} = Q_{neto,\ entrada} \qquad 2.9$$

Sumando las dos transferencias de calor del esquema (usando el convenio de signos de Q):

$$Q_{neto,\ entrada} = Q_{entrada} + (-Q_{salida})$$
$$Q_{neto,\ entrada} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}|$$

Sustituye esta expresión en la ecuación (2.9).

$$W_{neto,salida} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}| \qquad 2.10$$



Incluso, bajo condiciones ideales, el calor Q_{salida} desperdiciado de la máquina es inevitable. Esta limitación forma la base de la segunda ley.

Enunciado de Kelvin-Planck de la segunda ley de la termodinámica:
«Es imposible construir un dispositivo o sistema que, funcionando según un ciclo termodinámico, ceda una cantidad neta de trabajo a su entorno mientras recibe energía por transferencia de calor procedente de un único depósito de energía térmica». Su expresión matemática es:

$$W_{ciclo} \leq 0 \text{ (un único depósito de energía térmica)} \qquad 2.11$$



Observa que el enunciado no niega la posibilidad de que un sistema produzca una cantidad neta de trabajo ($W_{ciclo} > 0$) hacia el entorno, mientras recibe una transferencia de energía térmica (o calor) procedente de un solo depósito. Solo niega la posibilidad de que este sistema funcione según un ciclo termodinámico. De hecho, esto hace aproximadamente la célula fotovoltaica de un panel solar: genera energía eléctrica ($W_{eléctrico} > 0$) a una casa (entorno) mientras recibe luz solar (el único depósito de energía térmica). Aclaramos que la generación de electricidad en la célula fotovoltaica no se debe a un ciclo termodinámico, ni a la transferencia de calor proveniente del sol, sino, al efecto fotoeléctrico.

62

Explique en la ecuación 2.9 que la variación de la energía interna del fluido de trabajo es 0 J en cada ciclo mecánico de una máquina térmica ($\Delta U_{ciclo} = 0$ J) porque, al completar cada ciclo termodinámico el fluido de trabajo regresa a su estado inicial (nos referimos a las variables termodinámicas que describen completamente el sistema, y que incluyen la presión, el volumen y la temperatura del fluido), lo que implica que su energía interna no cambia. Según la primera ley de la termodinámica, esto significa que el calor neto añadido al fluido ($Q_{neto,entrada}$) debe ser igual al trabajo neto realizado por el fluido durante el ciclo ($W_{neto,salida}$). Esto significa que el calor neto que entra o sale de la máquina por ciclo, debe ser igual al trabajo realizado por la máquina durante el ciclo, asegurando así la conservación de la energía.

- Explique que un depósito de energía térmica es un reservorio que absorbe (sumidero) o cede (fuente) calor sin experimentar un cambio en su temperatura.
- Advierta que no existe la máquina térmica del segundo esquema porque no es posible ningún ciclo termodinámico que transforme íntegramente el calor absorbido ($Q_{entrada}$) en trabajo ($W_{neto,salida}$).

La interpretación física de haber sustituido la ecuación 2.10 de la página anterior en la definición de eficiencia, ecuación 2.13, implica que siempre habrá una pérdida de eficiencia, jamás es 100 %. Sin embargo, es posible calcular la eficiencia máxima teórica de una máquina de Carnot (modelo idealizado, no existe físicamente) que podría alcanzar una máquina térmica real operando entre las mismas dos temperaturas alta y baja. Conocer la eficiencia teórica nos sirve como referencia para evaluar el desempeño de la máquina real.

- Realice este ejemplo para interpretar la potencia media y la eficiencia del rendimiento de una máquina térmica. Una máquina realiza un trabajo neto de salida de 500 J (W_{salida}) en (Δt) y recibe una energía de entrada de 1000 J ($Q_{entrada}$).

  Potencia media $P = 500\ J / 10\ s = 50\ W$

  Interpretación. la máquina convierte 50 J de energía en trabajo útil cada segundo. Esta variable da una idea de la rapidez con la que la máquina realiza trabajo.

  Eficiencia. $\varepsilon = 500\ J / 1000\ J \times 100\ \% = 50\ \%$.

  Interpretación la máquina convierte el 50 % de la energía de entrada en trabajo útil, mientras que el otro 50 % se pierde en forma de calor, fricción u otras pérdidas. Esta variable indica qué tan bien la máquina utiliza la energía suministrada.

También, podemos expresar el enunciado de Kelvin-Planck como «Ninguna máquina térmica puede tener una eficiencia térmica del 100 por ciento». Observa que esta imposibilidad no se debe a la fricción o a otros efectos de disipación de la máquina térmica y aplica tanto para las máquinas térmicas ideales como para las reales.

La eficiencia energética en cualquier dispositivo o proceso se define como:

$$Eficiencia = \frac{producción\ de\ energía\ o\ trabajo}{entrada\ de\ energía\ o\ trabajo}\ x\ 100\ \% \qquad 2.12$$

La eficiencia de cualquier ciclo de potencia es < 100 % e indica el porcentaje de conversión de energía térmica a trabajo. En las máquinas térmicas, la eficiencia, ε, por ciclo, se expresa como:

$$\varepsilon = \frac{|W_{neto,\ salida}|}{|Q_{entrada}|}\ x\ 100\ \% \qquad 2.13$$

Sustituyendo la ecuación 2.8 en la anterior, también se expresa como:

$$\varepsilon = \frac{|Q_{entrada}| - |Q_{salida}|}{|Q_{entrada}|}\ x\ 100\ \% \qquad 2.14$$

Es cierto que hay máquinas térmicas reales que utilizan procesos inherentemente más eficientes que otros. Sin embargo, todas ellas tienen un límite teórico superior que no pueden alcanzar, el cual está limitado por las temperaturas de los depósitos de energía térmica en los que operan. A esta eficiencia máxima térmica se le denomina **eficiencia de la máquina de Carnot**, ε_c. La eficiencia de esta máquina ideal, por cada ciclo, es:

$$\varepsilon_C = \frac{T_{alta} - T_{baja}}{T_{alta}}\ x\ 100\ \% \qquad 2.15$$

Ojo al dato...

La potencia media P de una máquina es el cociente del trabajo por ciclo $W_{neto,\ salida}$ y su tiempo de duración Δt.

$$P = \frac{W_{neto,\ salida}}{\Delta t}$$

Notación...

T_{alta} y T_{baja} son las temperaturas absolutas, en K, de los depósitos de energía térmica, fuente y sumidero, respectivamente.

Así se calcula...

A continuación, efectuarás cálculos sobre la eficiencia de Carnot y de máquinas térmicas, para descubrir si hay leyes de la termodinámica que no se cumplen.

Problema 1. Mientras un motor de gasolina está funcionando, existe cierto volumen de gasolina que contiene 15 000 J de energía potencial química que se quema en 1 s. Durante ese segundo, el motor realiza 3 000 J de trabajo.

a. Dibuja el esquema del motor de gasolina y escribe la información disponible del enunciado.
b. Calcula la eficiencia del motor de gasolina e interprétala.
c. Calcula e interpreta la eficiencia de Carnot si la gasolina que se quema en el motor tiene una temperatura aproximada de 2 227 °C (2 500 K) y el calor residual del combustible quemado sale a la atmósfera a 27 °C (300 K).

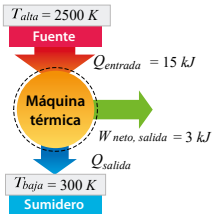
Solución

La fuente es la cámara de combustión donde se quema la gasolina y se genera la energía térmica; y el sumidero, la atmósfera.

a. El esquema es:

- Identifique cómo las restricciones de las leyes de la termodinámica evitan resultados imposibles en la realidad.
- Indique que comparen los valores obtenidos con los límites teóricos de eficiencia y reflexionen sobre las razones por las cuales ninguna máquina térmica real puede superar dichos límites.

A partir de la pregunta, ¿puede cumplir una máquina la segunda ley de la termodinámica y tener una eficiencia mayor que la de una máquina de Carnot? Argumente que no es posible, ya que, si una máquina tuviera una eficiencia mayor a la de Carnot, infringiría la segunda ley de la termodinámica, ya que implicaría la conversión completa de calor en trabajo sin pérdidas, lo cual es imposible.



b. Sustituye los valores en la ecuación 2.13.

$$\varepsilon = (W_{neto,\ salida} / Q_{entrada})\ 100\ \%$$
$$\varepsilon = \frac{|3\ kJ|}{|15\ kJ|} x\ 100\ \%$$
$$\varepsilon = 20\ \%$$

Interpretación: es la eficiencia real del motor de gasolina. De toda la energía potencial química (contenida en el combustible de la gasolina) que entra en el motor, solo una quinta parte ($20\ \% = 0.20 = 1/5$) se transforma en trabajo útil (por ejemplo, trabajo mecánico como mover el vehículo). Las cuatro quintas partes restantes ($80\ \%$) de esta energía se pierden, liberándose en forma de calor a la atmósfera y disipándose en otras formas de energía no aprovechables, como la fricción entre piezas.

c. Sustituye las temperaturas de los depósitos térmicos del motor en la ecuación 2.15.

$$\varepsilon_c = [(T_{alta} - T_{baja})/T_{alta}]\ 100\ \%$$
$$\varepsilon_c = \frac{2500\ K - 300\ K}{2500\ K} x\ 100\ \%$$
$$\varepsilon_c = 88\ \%$$

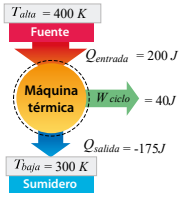
Interpretación: es la eficiencia máxima teórica de la máquina de Carnot que opera entre dos depósitos de energía térmica a las temperaturas dadas. Este valor indica que nadie podría superar la eficiencia de $88\ \%$ del motor de gasolina. Hay que aclarar que la eficiencia del $20\ \%$ se compara con el $88\ \%$ (ε_c) y no con el $100\ \%$.

Problema 2. Una máquina térmica opera entre depósitos de energía térmica a temperatura constante, $400\ K$ y $300\ K$. Los datos de la máquina, por ciclo de funcionamiento, son los siguientes: $Q_{entrada} = 200\ J$, $Q_{salida} = -175\ J$, y $W_{neto,\ salida} = 40\ J$.

a. Dibuja el esquema de la máquina térmica y escribe la información disponible del enunciado.
b. Calcula la eficiencia de Carnot.
c. De la primera y segunda ley de la termodinámica, determina cuál (si hubiera) ley no se cumple.

Solución

a. El esquema es:



b. Introduce los valores de las temperaturas del sumidero y la fuente, en la ecuación 2.15.

$$\varepsilon_c = [(T_{alta} - T_{baja})/T_{alta}]\ 100\ \%$$
$$\varepsilon_c = \frac{400\ K - 300\ K}{400\ K} x\ 100\ \%$$
$$\varepsilon_c = 25\ \%$$

c. Si la igualdad de valores de la ecuación 2.10, es verdadera, se cumple la primera ley.

$$W_{neto,\ salida} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}|$$
$$+40\ J = |200\ J| - |-175\ J|$$
$$+40\ J = 200\ J - 175\ J$$
$$+40\ J \neq +25\ J$$

Por tanto, no se cumple la primera ley.

Si la desigualdad $\varepsilon < \varepsilon_c$ es verdadera, en la máquina se cumple la segunda ley; de lo contrario, no se cumple. Dado que el valor $+40\ J$ (W_{ciclo}) está incorrecto, calcula la eficiencia con la ecuación 2.14, $\varepsilon = [(Q_{entrada} - Q_{salida})/Q_{entrada}]\ x\ 100\ \%$ y no con la 2.13. Sustituyendo valores:

$$\varepsilon_c = \frac{|200\ J| - |-175\ J|}{|200\ J|} x\ 100\ \%$$
$$\varepsilon = 12.5\ \%$$

Por tanto, sí se cumple la segunda ley, porque $12.5\ \% < 25\ \%$.

64

Tratamiento del error

Corregir un posible error que el estudiante puede cometer en el literal c del *problema 2*, al interpretar el valor absoluto de un número creyendo que cambia los signos de forma similar a cómo lo hace la resta de números negativos. Por ejemplo, al calcular $|200\ \text{J}| - |-175\ \text{J}|$, podría pensar equivocadamente que esta operación se hace: $200\ \text{J} - (-175\ \text{J}) = 200\ \text{J} + 175\ \text{J} = 375\ \text{J}$. El razonamiento matemático correcto es reconocer que el valor absoluto de $|-175\ \text{J}| = 175\ \text{J}$, lo que llevaría a: $200\ \text{J} - 175\ \text{J} = 25\ \text{J}$. El valor absoluto no actúa como un paréntesis que invierte el signo al salir de la expresión.

Discuta el argumento, ¿una máquina térmica puede tener una eficiencia negativa? La respuesta es no, ya que la eficiencia de una máquina térmica se define como la relación entre el trabajo útil producido y el calor absorbido de la fuente. Esta relación siempre será un valor positivo o cero, ya que el trabajo útil no puede ser negativo. Además, según la segunda ley de la termodinámica, la eficiencia de cualquier máquina térmica está limitada por la eficiencia de una máquina de Carnot, que es siempre menor que $1\ (\equiv 100\ \%)$.

En esta etapa, los estudiantes aplican lo aprendido sobre la segunda ley de la termodinámica mediante el cálculo de eficiencias en diferentes máquinas térmicas. Analizan la máquina de Carnot como el modelo ideal que define el límite máximo de eficiencia que cualquier máquina térmica real puede alcanzar al operar entre dos temperaturas dadas, y comparan sus resultados con casos prácticos para identificar si cumplen o no las leyes de la termodinámica. Esta reflexión conecta teoría, resolución de problemas y aplicaciones reales.

Describa situaciones cotidianas donde el trabajo realizado sobre el sistema se convierte directamente en un aumento de su energía térmica, tales como: comprimir aire (sistema) rápidamente dentro de una bomba, el trabajo mecánico aumenta la temperatura del gas en su interior; frotar las manos rápidamente, el trabajo mecánico se transforma en calor debido a la fricción, aumentando la temperatura de la piel; frenar un coche, el trabajo realizado por la fuerza de fricción entre las pastillas de freno y el disco se convierte en calor, elevando la temperatura de los frenos.

Comunicación

1 h

El trabajo realizado sobre un objeto se convierte de manera directa y por completo en un aumento de su energía térmica. No obstante, la conversión de la transferencia de energía térmica (o calor) a trabajo requiere de una máquina térmica que opere en contacto térmicamente con una fuente y un sumidero, y, a la vez, de un fluido de trabajo que desarrolle un ciclo de potencia (ciclo termodinámico). Al igual que la primera ley, la segunda está muy vinculada a las máquinas termodinámicas. Esta ley se refiere a la dirección de las transferencias de energía. Tiene varios enunciados, todos equivalentes; sin embargo, nosotros solo estudiamos el de Kelvin-Planck, que también se puede expresar como «Es imposible construir un dispositivo o sistema cuyo único efecto sea transformar una cantidad dada de calor completamente en trabajo». Por ejemplo, $100\ J$ de calor generados resulta[n] en algo menos que $100\ J$ de trabajo.

Una idea teórica que jugó un papel importante en el establecimiento y la comprensión de la segunda ley es la **máquina de Carnot**; la cual es un modelo ideal de máquina térmica, que no existe en la práctica. Esta es una referencia fundamental para comprender las eficiencias máximas teóricas que se pueden lograr en cualquier máquina térmica. Antes de conocer más acerca de ella, ejecutemos la siguiente actividad.

C. Calculemos las eficiencias de máquinas térmicas

Ejercitemos el cálculo de eficiencias y determinemos si cumplen la primera y la segunda ley de la termodinámica.

Procedimiento:

1. Analiza los ejemplos resueltos de la sección *Así se calcula*.
2. Resuelve los ejercicios que se proponen en tu Cuaderno de Trabajo.
3. Investiga qué otros nombres reciben los depósitos de energía térmica.

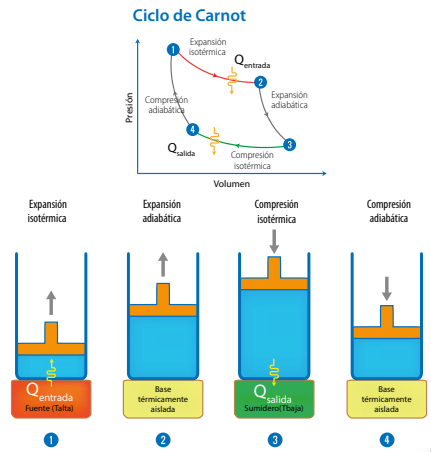
p. 34

La máquina de Carnot tiene aire como fluido de trabajo encerrado en un cilindro; en el cual, se mueve un pistón sin fricción. Las paredes del cilindro-pistón están aisladas térmicamente. El ciclo de potencia es ideal y consta de dos procesos adiabáticos alternados con dos procesos isotermos, siendo todos estos procesos reversibles. Los cuatro procesos son los siguientes:

Trayectoria	Procesos del ciclo de Carnot
1-2	Expansión isotérmica
2-3	Expansión adiabática
3-4	Compresión isotérmica
4-1	Compresión adiabática

La eficiencia del ciclo de potencia de esta máquina es independiente de la naturaleza del fluido de trabajo, solo depende de la temperatura de los depósitos térmicos.

A la derecha, se muestra la forma del ciclo de potencia de Carnot en el gráfico P vs. V, debajo del cual aparece el dispositivo cilindro-pistón en los cuatro procesos.



Describa el ciclo de Carnot: [1-2] Expansión isotérmica: el fluido se expande a temperatura constante [2-3]: el fluido sigue expandiéndose sin intercambio de calor hasta alcanzar la temperatura más baja (T_{baja}). [3-4] Compresión Isotérmica: el fluido se comprime a temperatura constante (T_{baja}), liberando calor ($Q_{frío}$ o Q_{salida}) a un sumidero mientras realiza trabajo sobre el fluido. [4-1] Compresión adiabática: el fluido se comprime sin transferencia de calor, aumentando su temperatura a (T_{alta}), completando el ciclo. (T_{alta}) mientras recibe calor ($Q_{caliente}$ o $Q_{entrada}$) de una fuente térmica.

En esta sección el estudiantado determinará la dirección del flujo de calor a partir de una variación (gradiente o diferencia) de temperatura localizada en el sistema y su entorno; el signo de la variación que tendrá la energía interna del sistema cuando eleva o baja su temperatura sin realizar trabajo; y reconocerá el trabajo como un mecanismo de transferencia de energía hacia el sistema.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

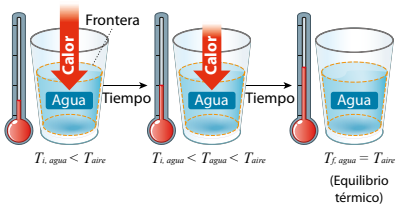
Leyes de la termodinámica. Parte 2

A. Procesos irreversibles

a. Temperatura del aire: _____ °C
Temperatura inicial del agua: _____ °C

b. Temperatura final del agua: _____ °C

c. Observa la frontera del agua en cada vaso y dibuja con flechas, de diferentes tamaños, la dirección y la intensidad de la transferencia de calor en los vasos que lo requieran.



d. Subraya las palabras correctas y escribe el signo correspondiente (+, −) de Q y ΔU.

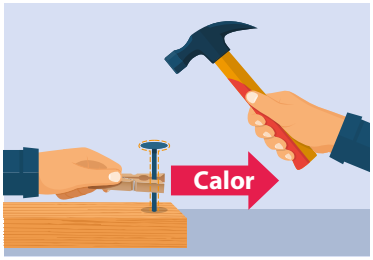
Al inicio del proceso, a una temperatura inferior a la del aire atmosférico, el agua absorbe / cede calor del aire, + Q. Debido a esta negativa / positiva diferencia finita de temperaturas, el agua disminuye / aumenta su energía interna, + ΔU, lo que causa que las moléculas del agua vibren y se muevan más rápidamente / lentamente, descendiendo / aumentando así la temperatura.

El trabajo es despreciable, $W = 0$. El proceso finalizará hasta que el agua y el aire se hallen en equilibrio térmico. El proceso del agua es de calentamiento / enfriamiento.

e. Temperatura inicial del clavo: _____ °C

f. El clavo está:
Frío ($T_2 < T_1$): ____. Caliente ($T_2 > T_1$): X

g. Dibuja una flecha indicando la dirección del calor.



h. Subraya las palabras correctas y escribe el signo que corresponda (+, −) a Q y ΔU.

En cada golpe sobre el clavo, una parte de la variación de energía cinética que tenían el martillo y la mano se transforma en trabajo sobre el clavo porque la fuerza del impacto provoca un desplazamiento hacia el interior de la tabla. Durante el desplazamiento, mediante trabajo mecánico se transfiere al clavo energía interna, elevando / bajando su temperatura.

La energía térmica del clavo fluye naturalmente desde / hacia el aire y la madera, a las áreas que están a temperaturas más bajas / altas. Este flujo de energía aumenta / disminuye la energía interna del clavo, ya que pierde / gana energía térmica porque se enfría / calienta. Con el tiempo, el clavo y el entorno (madera y aire) alcanzan el equilibrio térmico. El proceso del clavo después de insertarlo a la mitad es de enfriamiento / calentamiento.

p. 59

32

En la imagen del *literal c* de la *actividad A*, indique la flecha más larga representar una mayor intensidad de transferencia de calor, y la flecha más pequeña indica una menor intensidad de transferencia de calor. Cuando no hay transferencia de calor, no se coloca ninguna flecha sobre el vaso.

Sugiera que determinen la dirección del flujo de calor en los vasos que no han alcanzado el equilibrio térmico a partir de las temperaturas del sistema y entorno.

Ejemplifique el concepto dado en la pág. 113 de esta Guía Metodológica sobre las máquinas térmicas de combustión interna en estos ámbitos de aplicación: los automóviles y las motocicletas operan con motor de gasolina; los camiones, autobuses y maquinaria pesada operan con motor diésel, ambos motores son de ciclo abierto.

Criterios de evaluación

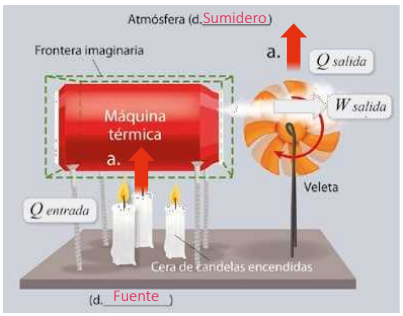
- Reconoce si el ciclo es cerrado o abierto, observando en la ilustración cómo el ciclo regresa a su estado inicial en un ciclo cerrado o cómo intercambia materia con el entorno en un ciclo abierto.
- Identifica si la combustión es interna o externa observando en la ilustración si el combustible se quema dentro del límite de la máquina en la combustión interna o si se quema fuera en la combustión externa.
- Evidencia el depósito térmico como un cuerpo de gran tamaño o masa que permite absorber o liberar calor sin experimentar cambios significativos en su temperatura.

Cuaderno de Trabajo

Creatividad

B. Máquinas termodinámicas

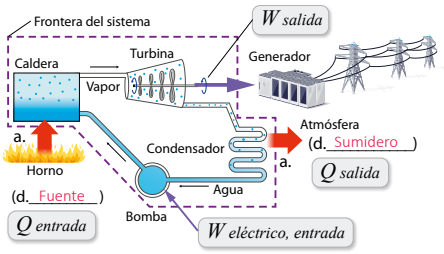
Máquina térmica: *actividad C, Semana 7.*
Fluido de trabajo: vapor de agua.



b. Ciclo termodinámico: cerrado _____ Abierto __X__.

c. Tipo de máquina térmica: combustión interna _____ Combustión externa __X__.

Máquina térmica: central eléctrica de vapor.
Fluido de trabajo: vapor de agua.



b. Ciclo termodinámico: cerrado __X__ Abierto _____.

c. Tipo de máquina térmica: combustión interna _____ Combustión externa __X__

e. ¿Por qué el aire caliente del horno es un depósito térmico?
Porque mantiene la T = constante durante el horneado.

f. ¿Por qué el aire de la habitación es un depósito térmico?
Porque absorbe energía térmica del celular y mantiene su T = constante.

p. 61

Unidad 3

El concepto de combustión externa con su máquina térmica se puede ejemplificar con estos ámbitos de aplicación: los trenes a vapor y los barcos antiguos que operan con máquinas de vapor (hay de ciclo abierto o cerrado, dependiendo del diseño); las centrales termoeléctricas y las plantas nucleares (con calor de fisión en lugar de combustión) operan con turbina de vapor (ciclo cerrado); y los generadores de biomasa (residuos agrícolas, madera, *pellets*) que operan con motor *Stirling* (ciclo cerrado).

En el *literal a*, recuerde que el esquema debe tener los componentes principales: la fuente de calor, el sumidero de calor, la máquina térmica. También deben incluir las flechas para indicar la dirección de los tres flujos de energía que son el del trabajo, y los dos de la energía térmica (o calor).

Cuaderno de Trabajo

Comunicación

C. Calculemos las eficiencias de máquinas térmicas

2. Resuelve los ejercicios que se proponen a continuación:

Calcula la eficiencia máxima que podría tener una máquina térmica operando entre las temperaturas de ebullición y congelación del agua a presión atmosférica normal. Las propiedades del agua a $101.3\ kPa$ son las siguientes:
$T_{ebullición} = 100\ °C\ (373\ K)$
$T_{congelación} = 0\ °C\ (273\ K)$

Primero, se identifican la temperatura de la fuente y la temperatura del sumidero de la máquina térmica respecto a las temperaturas de los cambios de fase del agua. Entonces, en la fuente, $T_{alta} = T_{ebullición} = 373\ K$; y en el sumidero, $T_{baja} = T_{congelación} = 273\ K$.

Después, se sustituyen los valores de temperatura en la ecuación 2.13:

$$\varepsilon_c = \left[\frac{(T_{alta} - T_{baja})}{T_{alta}}\right] 100\ \%$$

$$\varepsilon_c = \frac{373\ K - 273\ K}{373\ K} \times 100\ \%$$

$$\varepsilon_c = 26.8\ \%$$

Es la eficiencia máxima teórica de la máquina de Carnot que opera entre dos depósitos de energía térmica a las temperaturas dadas.

Hay tres máquinas térmicas que operan entre los mismos depósitos de energía térmica a temperatura constante, $400\ K$ y $300\ K$. Los datos de cada máquina, por ciclo de funcionamiento, son:

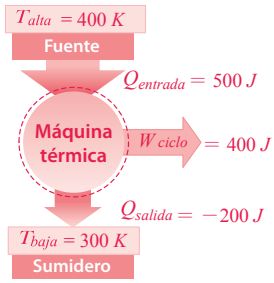
Máquina A (B), $Q_{entrada} = 500$ J, $Q_{salida} = -200\ J$, y $W_{ciclo} = 400\ J$;
Máquina B (C), $Q_{entrada} = 600$ J, $Q_{salida} = -200\ J$, y $W_{ciclo} = 400$ J;
Máquina C (D), $Q_{entrada} = 100$ J, $Q_{salida} = -90\ J$, y $W_{ciclo} = 10\ J$.

Para cada máquina térmica, realiza lo que se te solicita a continuación:

a. Dibuja el esquema de la máquina.
b. Calcula la eficiencia de Carnot.
c. De las leyes de la termodinámica, encuentra cuál (si hubiera) ley es la que no cumple cada máquina térmica.

Solución para la máquina A

a. Esquema de la máquina térmica A.



b. Se halla la eficiencia de Carnot de la máquina A, sustituyendo los valores de la temperatura en la ecuación 2.13:

$$\varepsilon_c = \frac{400\ K - 300\ K}{400\ K} \times 100\ \%$$

$$\varepsilon_c = 25\ \%$$

c. Si la igualdad de valores de la ecuación 2.8 es verdadera, se cumple la primera ley:

$$W_{neto,\ salida} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}|$$
$$+400\ J = |500\ \text{J}| - |-200\ \text{J}|$$
$$+400\ J \neq +300$$

Por tanto, no se cumple la primera ley. Luego, si la desigualdad $\varepsilon < \varepsilon_c$ es verdadera, en la máquina A se cumple la segunda ley; de lo contrario, no se cumple esta ley. Dado que el valor $+400\ J$ (W_{ciclo}) está incorrecto, calcula la eficiencia con la ecuación 2.12 y no con la 2.11.

34

Criterio de evaluación

Calcula la eficiencia del ciclo, comparándola con la eficiencia máxima teórica de un ciclo de Carnot operando entre las mismas temperaturas, y explica las razones de cualquier discrepancia con las leyes de la termodinámica.

Tratamiento del error

Se debe advertir en el numeral 2 que se debe utilizar en la ecuación 2.13 las temperaturas T_{baja} (temperatura del foco frío) y T_{alta} (temperatura del foco caliente) en la escala absoluta (kelvin) y no en grado Celsius.

- Aclare que, por simplicidad, se dibuja la máquina térmica con una circunferencia. Aunque en la realidad ahí puede estar un motor o cualquier mecanismo (un pistón, una turbina, etc.) que convierte la energía térmica en trabajo mecánico.
- Mencione que el detalle del fluido de trabajo que transporta energía térmica a través de la máquina térmica no se representa en estos esquemas de máquinas.

Mencione que, si el signo del trabajo diera negativo en algún cálculo, la flecha correspondiente al trabajo se dibujará señalando hacia la circunferencia y no hacia el exterior. Se trataría de una máquina frigorífica o refrigerador. También se invierten los sentidos de las dos flechas de los flujos de energía térmica (o calor).

- Asegúrese de que en las soluciones para las máquinas A, B y C, el estudiantado etiquete claramente cada componente y flecha en el esquema de las máquinas térmicas.
- Indique que el incumplimiento de la primera y la segunda ley de la termodinámica constituyen las discrepancias.

Criterios de evaluación

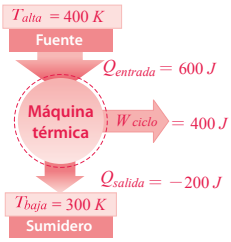
- Identifica que la eficiencia de una máquina térmica es menor que la eficiencia de una máquina de Carnot.
- Identifica que en una máquina térmica operando en un ciclo termodinámico, el calor neto añadido es igual al trabajo neto realizado.

$$\varepsilon = \frac{|Q_{entrada}| - |Q_{salida}|}{|Q_{entrada}|} \times 100\,\%$$
$$\varepsilon = \frac{|500\ J| - |-200\ J|}{|500J|} \times 100\,\%$$
$$\varepsilon = \frac{500J - 200J}{|500J|} 100\,\%$$
$$\varepsilon = 60\,\%$$

Por lo tanto, no se cumple la segunda ley en la máquina A, debido a que, $60\,\% < 25\,\%$ es falso, ya que $60\,\% > 25\,\%$.

Solución para la máquina B

a. Esquema de la máquina térmica B.



b. La eficiencia de Carnot de la máquina B será idéntica a la de la máquina A, porque se trata de los mismos depósitos de energía térmica, $\varepsilon_C = 25\,\%$.

c. Si la igualdad de valores de la ecuación 2.8: $W_{neto,\ salida} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}|$, resulta verdadera, se cumple la primera ley.

$$+400\ J = |600\ J| - |-200\ J|$$
$$+400\ J = 600\ J - 200\ J$$
$$+400\ J \neq +400$$

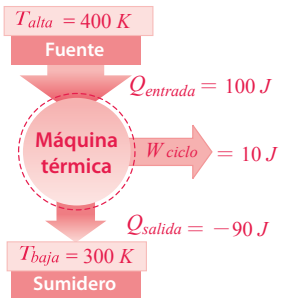
Cumple la primera ley. Ahora, si la desigualdad $\varepsilon < \varepsilon_C$ es verdadera, se cumple la segunda ley. Ya que se cumple la primera ley, pueden usarse las ecuaciones 2.11 o 2.12:

$$\varepsilon = \frac{400J}{600J} \times 100\,\%$$
$$\varepsilon = 67\,\%$$

Por lo tanto, no se cumple la segunda ley en la máquina B porque $67\,\% > 25\,\%$.

Solución para la máquina C

a. Esquema de la máquina térmica C.



b. La eficiencia de Carnot de la máquina C será idéntica a las de las máquinas A y B porque se trata de los mismos depósitos de energía térmica, $\varepsilon_C = 25\,\%$.

c. Encontrando cuál (si hubiera) es la ley que no cumple la máquina térmica C. Si la igualdad de valores de la ecuación 2.8: $W_{neto,\ salida} = |Q_{entrada}| - |Q_{salida}|$, es verdadera, se cumple la primera ley.

$$+10\ J = |100\ J| - |-90\ J|$$
$$+10\ J = 100\ J - 90\ J$$
$$+10\ J = +10$$

Por lo tanto, cumple la primera ley. Ya que la primera ley se cumple, pueden emplearse las ecuaciones 2.11 o 2.12. Usando la 2.11:

$$\varepsilon = \frac{|10\ J|}{|100\ J|} 100\,\%$$
$$\varepsilon = 10\,\%$$

Entonces, se cumple la segunda ley en la máquina C porque $10\,\% < 20\,\%$.

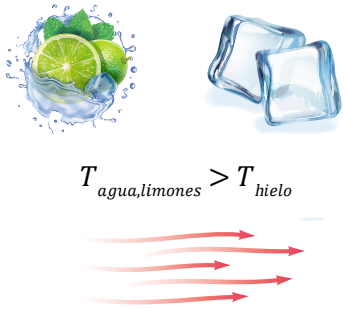
Fundamento teórico

Energía térmica

Para enfriar un refresco de limonada hecho con agua a temperatura ambiente ($25\ °C$), se puede introducir la jarra al refrigerador, si se dispone de uno. Otra forma de enfriarlo rápidamente es echar unos cuantos cubitos de hielo ($0\ °C$) adentro, la temperatura de la limonada se reducirá. Lo que ocurre cuando el refresco y los cubitos de hielo entran en contacto entre sí, es que la temperatura del hielo (sustancia más fría) aumenta y la del refresco (sustancia más caliente) disminuye, hasta que ambos llegan a una temperatura intermedia (ley cero de la termodinámica. ¿Tiene dirección el tipo de energía que está fluyendo?



Refresco de limonada con cubitos de hielo



Dirección del calor

Se utiliza el término flujo de calor (o calor) para referirse a la cantidad de energía térmica que pasa de una sustancia (tomado como sistema) a otra (tomado como entorno) cuando ambas se hallan a diferente temperatura. Esta interacción puede darse a distancia o por contacto físico, es decir, es un proceso de transferencia de energía térmica que atraviesa la frontera del sistema. Está claro que, si la frontera está fabricada por un material aislante térmico, no hay transferencia de calor entre el sistema y el entorno.

Cuando se calienta el hielo, se le está transfiriendo energía térmica al ponerlo en contacto con un entorno que tiene una temperatura más alta. Tal es el caso de la figura de arriba a la derecha. El hielo se coloca dentro de un refresco de limonada que está a temperatura ambiente. El agua y los limones están a una temperatura mayor que el hielo, por lo que el hielo gana energía térmica mediante calor y, por el contrario, el agua y los limones pierden esa misma energía térmica mediante calor.

Capacidad calorífica (C)

Si en un minuto, $800\ g$ de agua y $800\ g$ de aceite de cocina reciben cada uno $30\ kj$ de energía térmica de las hornillas de una cocina de inducción, nos percataríamos de que los aumentos de las temperaturas de estas dos sustancias son diferentes. La temperatura del aceite se eleva en $20\ °C$ más; y la del agua solo $9\ °C$ más respecto de sus temperaturas iniciales desconocidas: tienen diferentes incrementos de temperatura, aunque absorban la misma de energía térmica.



Con este hecho descubrimos que, con la misma cantidad de energía térmica, la elevación de la temperatura varía de una sustancia a otra. ¿Y qué si calentamos $1600\ g$ de agua y $400\ g$ de aceite de cocina con la misma energía térmica? Se duplicará el incremento de temperatura en el aceite, no incrementará $20\ °C$ sino $40\ °C$ ($20\ °C \times 2$), se calentará dos veces más rápido. Por el contrario, en el agua, disminuirá por la mitad el incremento, no incrementará $9\ °C$ sino solo $4.5\ °C$ ($9\ °C \div 2$).

La anterior evidencia obtenida de que las sustancias responden de manera diferente a las variaciones de la temperatura cuando se les transfiere energía térmica (calor), nos permite escribir que la variación de la temperatura que experimentan estas sustancias es directamente proporcional al calor (energía térmica transferida): $\Delta T\ \alpha\ Q$, o bien, $Q\ \alpha\ \Delta T$. Al sustituir el signo de proporcionalidad por el de igualdad e incorporar la constate de proporcionalidad «**capacidad calorífica**», la relación se expresa como $Q = C\ \Delta T$. Esta relación entre calor y temperatura se cumple para cualquier sustancia que no esté experimentando un cambio de fase.

En sistemas con múltiples componentes como la lasaña que está hecha de diferentes ingredientes (pasta, carne, vegetales, queso, mantequilla, etc.) distribuidos de manera no uniforme en su interior; o un pastel de zanahoria, debe considerarse la suma de las capacidades caloríficas de cada ingrediente.



Pastel de zanahoria



Lasaña

En el horno cada parte interior de estos sistemas absorbe y conduce el calor de manera diferente por estar compuestos por diferentes sustancias (ingredientes). En estos sistemas complejos las propiedades térmicas varían de un punto entre sus componentes.

En general, como ambos sistemas tienen diferente capacidad calorífica, la cual se interpreta como la cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de la mezcla en $1\ °C$. El valor de la capacidad calorífica de una sustancia depende de la masa y de la composición química de sus materiales constituyentes. Este valor se determina experimentalmente. Evidentemente altos valores indican mayores cantidades de energía térmica para elevar (bajar) su temperatura en $1\ °C$, siempre y cuando nos encontremos en las temperaturas donde no haya cambio de fase de las sustancias.

Sustancias diferentes de igual masa. En $800\ g$ de agua, la capacidad calorífica vale $C_{800\ g,\ agua} = 3344\ J\ °C$, esto significa que el agua requiere absorber $3344\ J$ de energía térmica para elevar/bajar su temperatura solo $1\ °C$. Eso es mayor que en $800\ g$ de aceite de cocina, $C_{800\ g,\ aceite} = 1440\ J\ °C$.

Diferentes masas, pero de la misma sustancia. En $1600\ g$ de agua, $C_{1.6\ kg,\ agua} = 6688\ J\ °C$, es mayor que la capacidad calorífica en $800\ g$ de agua ($3344\ J\ °C$). En $400\ g$ de aceite de cocina $C_{400\ g,\ aceite} = 720\ J\ °C$, menor que en $800\ g$ de aceite de cocina ($1440\ J\ /°C$).

Con base en los resultados anteriores, es fácil responder la interrogante de por qué no se encuentran tablas de capacidad calorífica. No sería práctico; la capacidad calorífica depende de la masa que conforma el sistema, no es una propiedad intrínseca.

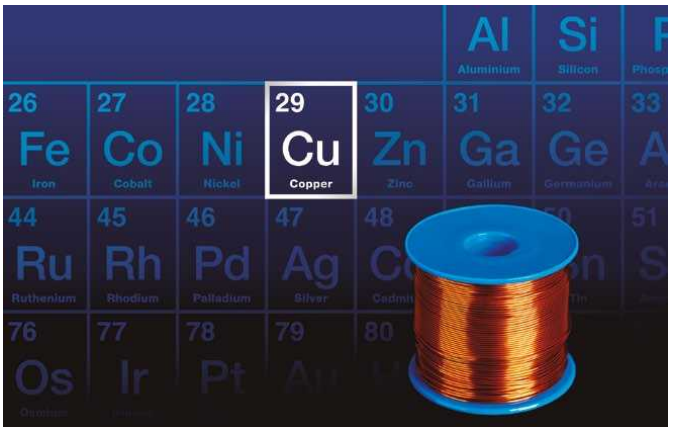
Calor específico (c)

Para cualquier sustancia que no experimenta cambio de fase, la variación de temperatura es directamente proporcional al calor transferido hacia/desde la sustancia e inversamente proporcional a su masa. Es decir: $\Delta T\ \alpha\ Q/m$ o bien, $Q/m\ \alpha\ \Delta T$. De nuevo, al sustituir el signo de proporcionalidad por el de igualdad e incorporar la constate de proporcionalidad «**calor específico**», la relación se expresa como $Q/m = c\ \Delta T$, despejando, $Q = mc_{sustancia}\ \Delta T$. El calor específico es una propiedad intrínseca de las sustancias y es una propiedad intensiva (su valor es independiente de la masa). Existen tablas de calor específico (denominado también capacidad calorífica específica). El calor específico depende de la temperatura y la presión a la que está siendo sometida la sustancia o el material.

En sistemas como el agua y el cobre que son sustancias puras, el calor específico es idéntico en todo su volumen, es decir, esta propiedad térmica no cambia y el calor se distribuye de manera uniforme.



Agua pura



Cobre puro

El agua pura tiene de calor específico $c_{agua} = 4.186 \times 10^3\ J/(kg.\ k)$. Este valor significa que 1 kilogramo de agua requiere absorber (liberar) $4.186\ kJ$ de energía térmica para elevar (bajar) su temperatura en $1\ °C$ ($1\ K$). Desde luego, en $800\ g$ de agua, el calor específico no cambia.

El calor específico es constante para cada estado de agregación de la sustancia, por lo tanto, se puede tabular independientemente de la masa.

Al disponer los datos del agua y del aceite de cocina dados al inicio y al considerar que la potencia (calor/tiempo) en cada hornilla de inducción es $500\ \text{W}$, obtenemos los aumentos de temperatura de estas dos sustancias que solo escribimos al inicio. Para el agua:

$$\Delta T_{\text{agua}} = Q/\ (m_{\text{agua}}\ c_{\text{agua}})$$
$$\Delta T_{\text{agua}} =$$
$$(500\ \text{J/s} \times 60\ \text{s}) / [0.8\ \text{kg} \times 4.186\ \text{k J/}\ (\text{kg}\cdot\text{K}]$$
$$\Delta T_{\text{agua}} = 9\ \text{K} = 9\ ^\circ\text{C}\ \text{(intervalo de temperatura)}.$$

Para el aceite de cocina:

$$\Delta T_{\text{aceite}} = Q/\ (m_{\text{aceite}}\ c_{\text{aceite de cocina}})$$
$$\Delta T_{\text{aceite}} =$$
$$(500\ \text{J/s} \times 60\ \text{s}) / [0.8\ \text{kg} \times 1.8\ k\ \text{J/}\ (\text{kg}\cdot\text{K})]$$
$$\Delta T_{\text{aceite}}\ 20.8\ \text{K} = 2.08 \times 10\ \text{K}$$
$$\Delta T_{\text{aceite}} = 2 \times 10\ \text{K} = 20\ \text{K} = 20\ ^\circ\text{C}\ \text{(intervalo de temperatura)}.$$

Calor latente, L

Como acabamos de calcular, el agua y el aceite de cocina aumentaron su temperatura $9\ ^\circ\text{C}$ y $20\ ^\circ\text{C}$, respectivamente, debido a que absorbieron cada uno $30\ \text{kJ}$ de la hornilla, pero mantuvieron el estado líquido. Hay situaciones en las que la transferencia de energía térmica no resulta en un cambio de temperatura. Esto ocurrirá en cualquier cambio de fase.

El calor transferido hacia/desde una sustancia de cierta composición para cambiar su fase es directamente proporcional a su masa. Es decir: $Q\ \alpha\ m$. Al sustituir el signo de proporcionalidad por la igualdad e incorporar la constate de proporcionalidad «**calor latente**», la relación se expresa como $Q = m\ L$.

Es posible calcular cuánta energía térmica debe absorber hasta fundirse completamente uno de los cubitos de hielo sumergidos totalmente en el refresco de limonada referido al título energía térmica. Suponga que acaba de dejar caer en el refresco el cubito de hielo a $0.0\ ^\circ\text{C}$. Si las dimensiones son $2.5 \times 2.5 \times 2.5\ \text{cm}^3$, entonces su masa es $14\ \text{g} = 0.014\ \text{kg}$ $(\rho_{\text{hielo}} = 917\ \text{kg/m}^3)$. La mezcla de hielo y agua se mantiene a esta temperatura, a pesar de que se está añadiendo energía térmica al hielo.

El cálculo de la energía térmica requerida para derretir $0.014\ \text{kg}$ de hielo a $0.0\ ^\circ\text{C}$ es: $Q_{\text{fusión}} = m_{\text{hielo}}\ L_{\text{fusión}} = 0.014\ \text{kg} \times 3.33 \times 10^5\ \text{J/kg} = 4662\ \text{J} = 4.662 \times 10^3\ \text{J} = 4.7\ \text{kg}$ (el calor latente de fusión del hielo es $3.33 \times 10^5\ \text{J/kg}$). Obviamente, durante el cambio de fase, la temperatura del refresco descenderá. Una vez que haya finalizado el cambio de fase (fusión), la temperatura del agua del hielo derretido ascenderá hasta la temperatura final de equilibrio entre el refresco y el agua del hielo derretido.

Finalmente, resolveremos el problema de encontrar la temperatura final del **sistema termodinámico** refresco-hielo. Para ello plantee la ecuación del **principio de conservación de la energía**. En este caso, el calor perdido por el refresco será igual al calor ganado por el cubito de hielo hasta que ambos alcancen el equilibrio térmico (**ley cero de la termodinámica**), o sea, hasta que ambos alcancen igual temperatura final. El cubito de hielo se fundirá y la temperatura del agua se elevará. El refresco de limonada se enfría.

A efecto de cálculo: sea un volumen de refresco de limonada $V_r = 350\ \text{mL}$, masa $m_r = 350\ \text{g} = 0.35\ \text{kg}$ $(\rho_r \approx \rho_{\text{agua}} = 1\ \text{g}\ /\ \text{ml}\ )$. El refresco está a temperatura ambiente $T_{\text{inicial del refresco}} = 28\ ^\circ\text{C}$. Además, supondremos el calor específico del refresco igual al del agua, $C_r \approx C_{\text{agua}} = 4.186\ \text{kJ}\ /\ (\text{kg}\cdot\text{K})$

$$Q_{\text{absorvido}} = -Q_{\text{liberado}}$$
$$Q_{\text{fusión}} + Q_{\text{calentamiento del agua del hielo derretido}} = -Q_{\text{enfrieamiento del refresco}}$$
$$Q_{\text{fusión}} + m_{\text{hielo}}\ C_{\text{agua}}\ (T_f = -0.0\ ^\circ\text{C})$$
$$= -m_r c_r\ (Tf - 28\ ^\circ\text{C})$$

Despejamos la temperatura de equilibrio, T_f.

$$T_f = \frac{Q_{\text{fusión}} - (28\ ^\circ\text{C})\ m_r\ C_{\text{agua}}}{-(m_r + m_{\text{hielo}})\ C_{\text{agua}}}$$
$$T_f = 23.86\ ^\circ\text{C}$$

Enlaces de interés:

- Termodinámica en la industria alimentaria. https://qrs.ly/uch45w7

Cierre de unidad

En esta unidad es importante que los estudiantes hayan aprendido a interpretar gráficos de cambio de fase; realizar experimentos sobre procesos termodinámicos y resolver problemas utilizando gráficas, lo que fomenta el pensamiento crítico y la aplicación de teorías a situaciones prácticas; además explicar el concepto de equilibrio térmico con sus propias palabras, promoviendo la comprensión conceptual y la capacidad de comunicación científica.

Resumen

La termodinámica tiene que ver con dispositivos como motores de combustión interna (máquina térmica) y refrigeradores, cuyo propósito de este último es realizar trabajo mecánico y mantener frío un compartimiento, respectivamente. El trabajo no es una nueva forma de energía, ni lo posee un sistema. Es solo un proceso, mediante el cual dos cuerpos o sistemas intercambian energía. El otro proceso de intercambio de energía que hemos estudiado es el calor, que consiste en la transferencia espontánea de energía térmica del cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. Por la segunda ley, el calor es un proceso irreversible.

También, estudiamos cuatro cambios de fase del agua. Las fases involucradas y el efecto del cambio sobre la energía interna del agua o de otra sustancia son:

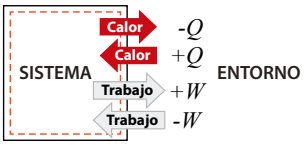
Nombre	Fases implicadas	Efecto
Vaporización	Líquido a gaseoso	$\Delta U > 0$
Condensación	Gas a líquido	$\Delta U < 0$
Fusión	Sólido a líquido	$\Delta U > 0$
Solidificación	Líquido a sólido	$\Delta U < 0$

Un $\Delta U > 0$ indica que la energía interna de la sustancia aumenta. En la vaporización, aumenta la energía interna de la sustancia al pasar del estado líquido al gaseoso; y disminuye la energía interna ($\Delta U < 0$) en la condensación.

Podemos aprender mucho sobre los gases reales analizando el gas ideal, aquel que obedece la ley $PV = nRT$. De ahí su interés. Cualquier gas real se acerca al comportamiento ideal si su densidad es lo suficientemente baja.

Por otro lado, a un fluido se le puede someter a una serie de procesos consecutivos que lo hagan retornar a su estado inicial de temperatura, presión volumen y energía interna. A eso se le llama **ciclo termodinámico**. En esta unidad vimos el ciclo de potencia que es usado en las máquinas térmicas.

Las convenciones de los signos se deben aplicar cada vez que planteamos la primera ley, interpretamos un sistema o magnitud termodinámica. Si es necesario, el signo debe ser antepuesto. Las convenciones ilustradas para el calor Q y el trabajo W son las siguientes:



En el gráfico P vs. V, el trabajo hecho por un gas es el área bajo la curva. El proceso isobárico $P = cte.$, es inmediato, pues $W = P(V_f - V_i)$. En la práctica, hay otros tipos de trabajo (fuerza × desplazamiento) que no son mecánicos. Uno de ellos es el trabajo eléctrico, en el que la fuerza equivale al voltaje (potencial eléctrico) y el desplazamiento, a la carga eléctrica. Como tal, se debe aplicar el convenido de signos.

Dos leyes fundamentales de la termodinámica que proporcionan un marco teórico sólido para comprender y predecir el comportamiento de las máquinas termodinámicas en diversas condiciones son, la primera y segunda ley, ambas se basan en observaciones experimentales.

La primera ley para un sistema cerrado (o masa constante), considerando la convención de signos antes dada, se expresa como $\Delta U = Q - W$. Una de las aplicaciones de esta ley es la obtención de variables en los procesos termodinámicos: proceso adiabático, $Q = 0, \Delta U = -W$; proceso isométrico, $W = 0, \Delta U = Q$; y proceso cíclico, $\Delta U = 0, Q = W$.

Con respecto a la segunda ley, vimos el enunciado de Kelvin-Planck, que se puede expresar como «Ninguna máquina térmica puede tener una eficiencia térmica del 100 %».

Explique que el trabajo y el calor son mecanismos de transferencia de energía y no nuevas formas de energía. Toda transferencia de energía tiene la misma dirección espontánea o natural que va de una región de menor temperatura hacia otra de mayor temperatura. Realizar el proceso inverso no ocurre de manera natural, pero sí es posible fabricando una máquina (sistema de refrigeración).

También se espera que los estudiantes hayan elaborado un dispositivo que transforme calor en trabajo mecánico, integrando conocimientos teóricos con habilidades prácticas de diseño e ingeniería; resolver problemas aplicando la primera ley de la termodinámica, lo que ayuda a entender la conservación de la energía en sistemas cerrados; y a explicar procesos irreversibles y calcular la eficiencia máxima posible en máquinas térmicas, lo que introduce a los estudiantes a la segunda ley de la termodinámica y sus implicaciones prácticas.

Adicional a la propuesta de evaluación, puede considerar el proceso experimental realizado por los estudiantes cada semana, ya que a través de la experiencia es posible identificar si han desarrollado la competencia de Unidad y las habilidades.

- Recomiende que en los *numerales* del *1* al *4*, recuerden la proporcionalidad o comportamiento conjunto de las variables obtenidas en las conclusiones de los experimentos realizados.
- En el numeral 2, explique que subrayen los términos «calor» o el término «trabajo».
- En los numerales 6 al 8 recomiende que desarrollen los cálculos para obtener las respuestas.

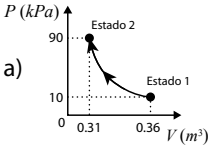
Evaluación

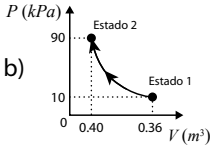
Selecciona la respuesta correcta.

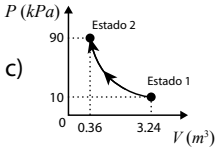
1. Durante la condensación:
   a. El vapor cede energía térmica $(U_f < U_i)_{vapor}$ hacia el entorno a medida que se transforma en líquido, lo cual hace aumentar la energía térmica del entorno $(U_f > U_i)_{entorno}$.
   b. El vapor absorbe energía térmica $(U_f > U_i)_{vapor}$ del entorno a medida que se transforma en líquido, lo cual hace aumentar la energía térmica del entorno $(U_f > U_i)_{entorno}$.
   c. El vapor cede energía térmica $(U_f < U_i)_{vapor}$ hacia el entorno a medida que se transforma en líquido, lo cual disminuye la energía térmica del entorno $(U_f < U_i)_{entorno}$.

2. En cada proceso descrito, la energía que fluye del objeto A hacia el objeto B se transfiere por calor o trabajo. Subraya el concepto correcto.
   a. Se calienta el agua (B) dentro de un pocillo metálico que descansa sobre un quemador encendido de una cocina eléctrica (A) por calor o trabajo.
   b. La electricidad que fluye del tomacorriente (A) calienta el alambre (B) por calor o trabajo.
   c. Un vaso de agua (B) en tu mano (A) se calienta por calor o trabajo.

3. Manteniendo constante la temperatura, la presión absoluta de un gas en un cilindro con pistón móvil aumenta de $10\ kPa$ a $90\ kPa$. El volumen inicial del gas en el cilindro es $0.36\ m^3$. Encierra el numeral del diagrama *P vs. V* que presenta la trayectoria y el volumen final del gas después de que la presión se incrementa:

a)


b)


c)


4. Considera un pescado congelado a -10 °C (sistema) sumergido completamente en agua al tiempo (entorno). Dibuja la frontera imaginaria del sistema y con una flecha, la dirección de la transferencia de calor.



5. Aplica el convenido de signos usado. El trabajo realizado sobre 18.0 g de agua a 100 °C que hierve y se convierte en 18.0 g de vapor a 100 °C, a $1.00\ atm$, es:
   a. $-3.10\ kJ$ b. $+3.10\ kJ$ c. $0\ kJ$

6. (Continuación del 5). Dado el calor latente de vaporización del agua, $2\,260\ kJ/kg$, la energía térmica (Q) que se requiere para evaporar esta masa de agua a presión constante es:
   a. $+40.7\ kJ$ b. $-40.7\ kJ$ c. $0\ kJ$

7. (Continuación del 5). El cambio en la energía interna del sistema agua-vapor es:
   a. $-37.6\ kJ$ b. $0\ kJ$ c. $+37.6\ kJ$

8. Una máquina térmica opera entre un depósito a 25.0 °C $(298\ K)$ y uno a 375 °C $(648\ K)$. La máxima eficiencia posible de esta máquina es:
   a. 93 % b. 54 % c. 46 %

36

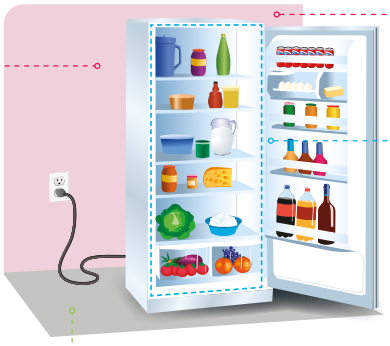
En esta unidad se busca que el estudiantado formule conclusiones propias acerca de los procesos termodinámicos y la eficiencia de máquinas térmicas, a partir de la experimentación y la resolución de problemas, para potenciar habilidades como el pensamiento crítico, la aplicación de teorías a situaciones prácticas, la comprensión conceptual y la capacidad de comunicación científica.

En esta sección se busca que los estudiantes observen la dirección que toma el flujo de energía térmica (calor) en un sistema de refrigeración tomando de ejemplo el refrigerador de la infografía. Esencialmente, es una máquina térmica que opera en reversa. Es decir, utiliza trabajo eléctrico del tomacorriente (la red eléctrica es un entorno) para mover la energía térmica del reservorio de baja temperatura (donde se colocan los alimentos para ser enfriados) al reservorio de alta temperatura (atmósfera, es un entorno).

Tecnología

Refrigeradora: ¿cómo enfría los alimentos un refrigerador doméstico?

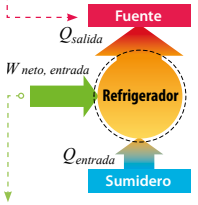
La refrigeradora utiliza un refrigerante (fluido de trabajo) el cual experimenta un ciclo de refrigeración (ciclo termodinámico) que traslada la energía térmica (o calor) de una región de menor temperatura (alimento) a una de mayor temperatura (aire del entorno), a pesar de que la dirección natural del flujo de calor sería al revés. Este proceso requiere trabajo eléctrico para comprimir y expandir el refrigerante.

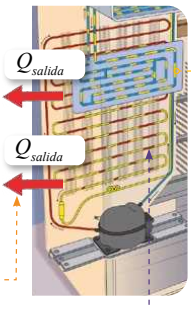


1. El aire del entorno actúa como **fuente**.

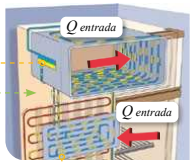
2. El compartimiento interior es el espacio refrigerado y actúa como **sumidero** o depósito térmico de baja temperatura.

3. El fluido de trabajo es un **refrigerante** que circula por las tuberías (R-134a, por ejemplo).

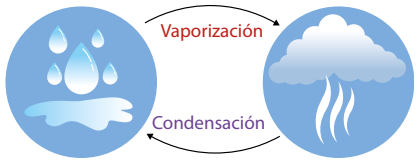




La energía térmica ($Q_{entrada}$) extraída desde los alimentos hacia el refrigerante.



4. El refrigerante líquido (de muy baja temperatura) circula por las tuberías del compartimiento de alimentos; y va aumentando la energía interna al absorber la energía térmica del alimento (quien está a mayor temperatura que el refrigerante) mientras cambia al estado gaseoso. La **vaporización** ($\Delta U > 0$) del refrigerante enfría el compartimiento interior.



5. El refrigerante gaseoso (ahora a mayor temperatura que el aire del entorno) pasa por los serpentines cediendo su energía térmica y **condensándose** ($\Delta U < 0$).

6. Para transferir la energía térmica (o calor) del sumidero a la fuente, el refrigerador requiere entrada de trabajo, W_{ciclo}, en forma de trabajo eléctrico.

La energía térmica liberada (Q_{salida}) desde el refrigerante hacia el aire exterior.

- Promueva la discusión sobre cada numeral de la infografía.
- Extienda la discusión a la máquina térmica para relacionar por qué opera en reversa, pues convierte calor en trabajo mecánico. Toma energía térmica de un reservorio a alta temperatura, realiza trabajo, y libera la energía térmica (calor residual) a un reservorio a baja temperatura.
- Explique que un ejemplo común es el motor de combustión interna del automóvil. Como vemos, el funcionamiento y los propósitos de ambos son opuestos.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia

Carrera: Licenciatura en Física



Bachilleratos sugeridos:
general, mecánica general, electricidad, electrónica.

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que conducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

La Licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Fuentes renovables de energía
- Investigación y desarrollo en termodinámica aplicada
- Diseño y optimización de sistemas de refrigeración y aire acondicionado

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Química



Bachilleratos sugeridos:
general

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La Ingeniería Química se enfoca en el desarrollo, diseño, operación, monitoreo, optimización y control de los procesos de fabricación a nivel industrial, buscando la mayor eficiencia y calidad, respetando así mismo al medio ambiente.

En esta carrera los estudiantes podrán desempeñarse en áreas como las siguientes:

- Ingeniería de procesos y tecnología química
- Agroindustria
- Energía

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Actividad avanzada

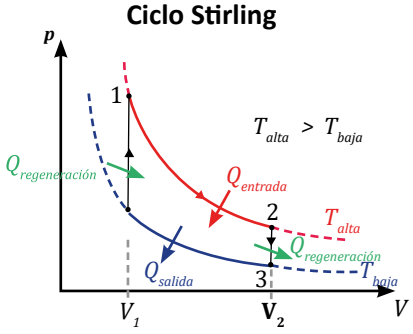
Indicador avanzado:

- Compara las eficiencias de un motor Stirling con la de un motor a vapor.

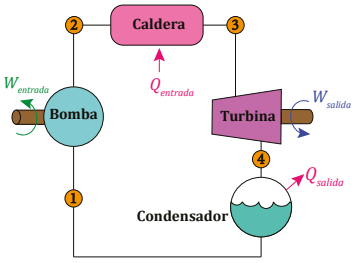
A. Los motores Stirling y a vapor

Esta actividad se centra en la comparación entre las eficiencias de un motor Stirling y un motor a vapor operando bajo procesos idealizados.

Ciclo Stirling



Ciclo Rankine



Ciclo Striling

T_{alta}	623.15 K
T_{baja}	364.91 k

Ciclo Rankine:

$2-3$ *Caldera* $Q_{entrada}$	2729 $\frac{kJ}{kg}$
$3-4$ *Turbina* w_{salida}	713 $\frac{kJ}{kg}$
$1-2$ *Bomba* $w_{entrada}$	2 $\frac{kJ}{kg}$
$4-1$ *Condensador* Q_{salida}	2018 $\frac{kJ}{kg}$

Procedimiento:

1. Lee la información que se presenta:

Cálculo de las eficiencias

La eficiencia es «lo que se desea sacar o producir del proceso» relacionado con «la entrada como recursos energéticos, que debe invertir». La ecuación 2.13 de la página 116 define la eficiencia como:

$$\epsilon = \frac{|W_{neto,salida}|}{|Q_{entrada}|} \times 100\ \%$$

Para el caso de la eficiencia térmica del motor Stirling, que trabaja entre una fuente a temperatura T_{alta} (en kelvin) y un sumidero a temperatura T_{baja} (en kelvin), se calcula bajo el ciclo termodinámico llamado **ciclo Stirling**. Consiste en un ciclo ideal reversible basado en dos procesos isotérmicos y dos isocóricos.

$$\epsilon_{Stirling} = 1 - \left(\frac{T_{baja}}{T_{alta}}\right) \times 100\ \%$$

Dado que los procesos de compresión y expansión son reversibles, la máxima eficiencia teórica del motor Stirling ideal coincide con la eficiencia del ciclo de Carnot entre las mismas temperaturas (ecuación 2.15, pág. 116).

Por su parte, la eficiencia térmica del motor a vapor se calcula bajo el **ciclo Rankine**. En el diagrama del ciclo Rankine se han colocado cuatro puntos clave: antes y después de la caldera (2-3), la turbina (3-4), el condensador (4-1) y la bomba (1-2). Estos nos sirven para calcular $W_{neto,salida}$, el trabajo neto producido por este ciclo, que es trabajo realizado por la turbina menos el trabajo consumido por la bomba. La eficiencia térmica del motor a vapor viene dada por:

$$\epsilon_{Rankine} = \frac{W_{turbina} - W_{bomba}}{Q_{entrada}} \times 100\ \%.$$

Esta eficiencia representa la fracción del calor absorbido en la caldera convertida en trabajo útil. El resto del calor se pierde en el condensador y hacia el entorno (sumideros). Como cualquier máquina térmica, el motor a vapor trabaja entre una fuente (T_{alta}) y un sumidero (T_{baja}).

2. Con las fórmulas de las eficiencias del motor Stirling y el motor a vapor:
   a. Calcula las eficiencias con los datos de la tabla.
   b. Compara la eficiencia de un motor Stirling y la de un motor a vapor.

La eficiencia del ciclo Stirling es igual a la del ciclo de Carnot, que es la eficiencia teórica máxima alcanzable de una máquina térmica. En el ciclo Rankine, debido a las pérdidas adicionales en la condensación y el bombeo, la eficiencia es menor.

Unidad 3
Equilibrio químico

Eje integrador: interacciones

Dominio clave

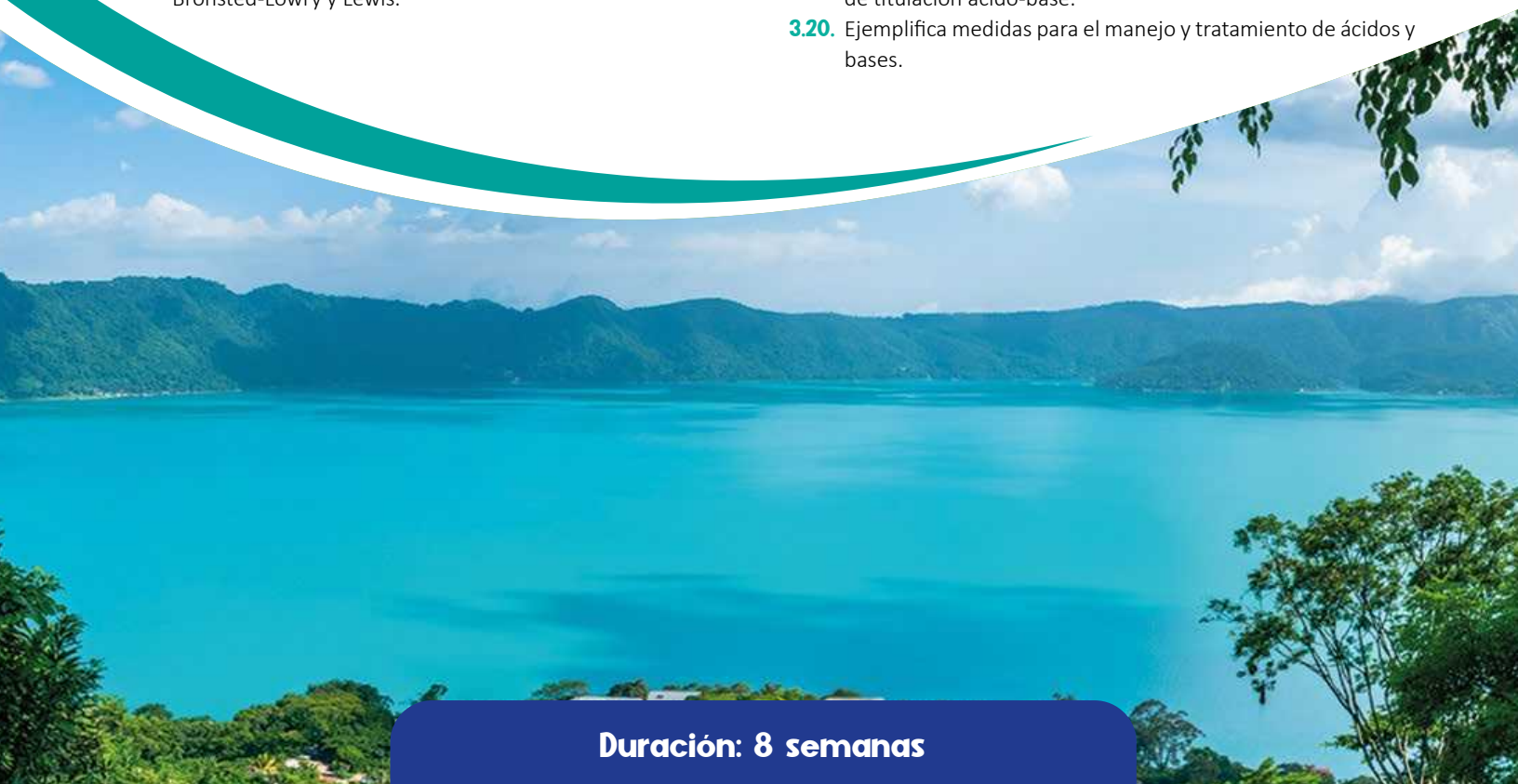
En el equilibrio dinámico las concentraciones de reactivos y productos se gastan a la misma velocidad que se forman.

Competencia

Aplicar principios de equilibrio químico para predecir la dirección de una reacción y explicar la importancia del equilibrio ácido base en procesos habituales.

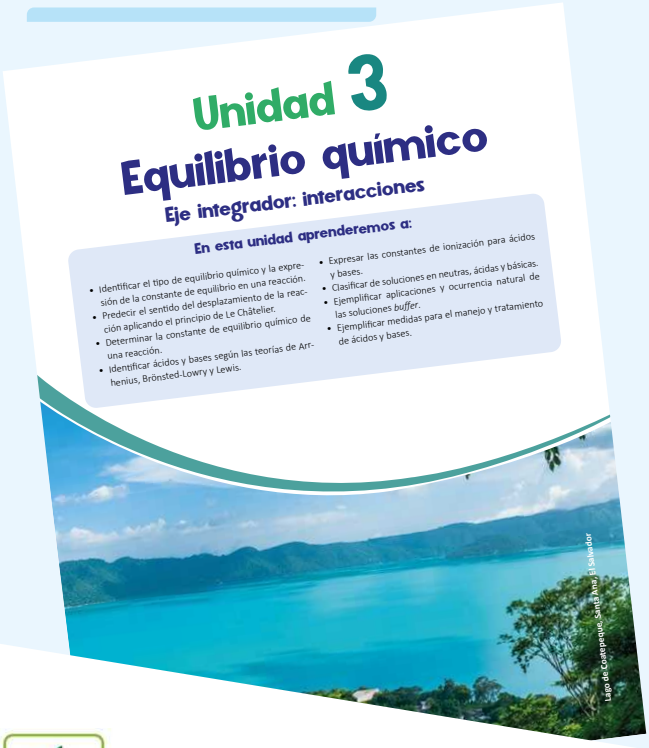
Indicadores de logro

3.1. Define con sus palabras el concepto de equilibrio químico.
3.2. Identifica los factores que afectan la rapidez de reacción.
3.3. Identifica el tipo de equilibrio químico y la expresión de la constante de equilibrio en una reacción.
3.4. Identifica los fatores que afectan el equilibrio químico.
3.5. Predice el sentido del desplazamiento de la reacción aplicando el principio de Le Châtelier.
3.6. Representa la constante de equilibrio a partir de ecuaciones de reacción química.
3.7. Determina la constante de equilibrio químico de una reacción.
3.8. Distingue, por sus características, entre sustancias ácidas y básicas.
3.9. Identifica ácidos y bases según las teorías de Arrhenius, Bronsted-Lowry y Lewis.
3.10. Extrae un indicador natural para la identificación cualitativa de ácidos y bases.
3.11. Calcula el valor del pH de una solución.
3.12. Clasifica soluciones en neutras, ácidas y básicas.
3.13. Reconoce ácidos y bases fuertes y débiles de acuerdo con su disociación en agua.
3.14. Expresa las constantes de ionización para ácidos y bases.
3.15. Explica la función de las soluciones buffer.
3.16. Comprueba el efecto amortiguador del pH de las soluciones *buffer*.
3.17. Ejemplifica aplicaciones y ocurrencia natural de las soluciones *buffer*.
3.18. Aplica el principio de Le Châtelier en el equilibrio ácido base.
3.19. Detecta el punto de equivalencia a partir de un experimento de titulación ácido-base.
3.20. Ejemplifica medidas para el manejo y tratamiento de ácidos y bases.



Duración: 8 semanas

Presentación



Esta unidad ayudará al estudiantado a comprender el concepto de equilibrio químico, además de cómo se llega a alcanzar este estado donde las concentraciones de reactivos y productos se consumen y se forman a la misma velocidad. Para esto, los estudiantes pondrán en práctica habilidades como la observación, la manipulación de dispositivos y de técnicas experimentales, el registro, la síntesis y la representación de información cuantitativa, junto con el uso de un lenguaje científico.

Además, se empleará el análisis matemático y la interpretación de gráficos para determinar las distintas constantes de equilibrio. Asimismo, esta unidad destacará la relevancia del equilibrio químico y su aplicación en varios avances tecnológicos, especialmente en la producción de sustancias que utilizamos cotidianamente.

Preparaciones de la unidad

En el desarrollo de la unidad habrá actividades donde se tendrán que realizar preparaciones previas o esperar un resultado posterior. Por otra parte, de no contar con un espacio de laboratorio, tendrá que reconocer la zona donde desarrollarán las diferentes actividades, con el objetivo de alcanzar resultados de manera eficaz.

Solicitud de implementos	
Semana 9	Actividades A, B, C, D y E
Semana 10	Actividad A
Semana 12	Actividad B
Semana 13	Actividad A
Semana 14	Actividades A y B
Semana 15	Actividad A
Semana 16	Actividades A y B

Ensayos experimentales	
Semana 9	Actividad A
Semana 10	Actividad A
Semana 12	Actividad B
Semana 13	Actividad A
Semana 14	Actividades A y B
Semana 15	Actividad A
Semana 16	Actividades A y B

Montaje de dispositivo	
Semana 14	Actividad A

Organización de equipo de trabajo	
Semana 9	Actividades A, B, C, D y E
Semana 10	Actividad A
Semana 11	Actividades A y B
Semana 13	Actividad A
Semana 14	Actividades A y B
Semana 15	Actividad A
Semana 16	Actividades A y B

Semana 9 Introducción al equilibrio químico

Contenido

Introducción al equilibrio químico
- Cinética de reacción
- Factores que afectan la rapidez de reacción
- Tipos de equilibrio químico

Indicadores de logro

3.1. Define con sus palabras el concepto de equilibrio químico.
3.2. Identifica los factores que afectan la rapidez de reacción.
3.3. Identifica el tipo de equilibrio químico y la expresión de la constante de equilibrio en una reacción.



Preparaciones de la semana

A. Botella azul
- Realice ensayos previos del experimento.
- Solicite una botella con tapón, limón, agua destilada, azúcar y soda cáustica.
- Organice equipos de trabajo.

B. Burbujas instantáneas
- Solicite bicarbonato de sodio, vinagre, 2 vasos iguales, 2 recipientes pequeños y 1 cuchara.

C. Fruta que se oscurece
- Solicite 1 cuchillo, 1 fruta (manzana, banana, aguacate o pera) y 2 platos pequeños.

D. Burbujas lentas
- Solicite a los estudiantes que lleven bicarbonato de sodio, vinagre, hielo, 1 recipiente hondo, 2 vasos iguales, 2 recipientes pequeños y 1 cuchara.

E. Espuma de papa
- Solicite a los estudiantes que lleven 1 papa cruda, 1 papa cocida, agua oxigenada, cuchillo y 2 vasos.

Las actividades *B*, *C*, *D*, y *E* pueden realizarlas organizando equipos de trabajo, para que cada equipo haga un experimento específico o que cada grupo realice todos los experimentos.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

En esta etapa se realiza un breve repaso de la clasificación de las reacciones químicas, con el fin de establecer un contexto que despierte la curiosidad de los estudiantes. Luego, se lleva a cabo un experimento diseñado para mostrar un proceso de reacción química reversible, lo que provoca que los estudiantes se planteen diversas preguntas sobre el fenómeno observado. Se concluye que en las reacciones químicas hay un punto en el proceso donde se alcanza un equilibrio, el cual, en algunos casos, puede ser identificado a través de los diferentes productos que se forman.

- Realice un recordatorio de en qué consiste cada uno de los tipos de reacción. Mencione algún ejemplo que se puede visualizar en la cotidianidad, como la reacción de síntesis en la que dos o más reactivos forman un producto más complejo. Un ejemplo de esto es la formación de óxidos de hierro por oxidación del metal debido a la exposición a la humedad y el aire.
- Puede escanear el siguiente código para más ejemplos de reacciones.

https://bit.ly/C09GM39a

1 h

Indagación

Introducción al equilibrio químico

Recuerda que a tu alrededor intervienen reacciones químicas, y que la mayoría van acompañadas de evidencias de que ocurrió un cambio, estas pueden ser la formación de un precipitado o de algún gas, el cambio de color y la absorción o liberación de calor. Estas evidencias en algunas ocasiones se manifiestan de manera rápida y en otras, con el paso del tiempo. Existen diferentes criterios para clasificar las reacciones, por tanto, podemos comenzar clasificándolas en tres grandes categorías: precipitación, neutralización y oxidación-reducción, tomando en cuenta esto último podemos agruparlas de la siguiente manera:

- Reacción de síntesis o composición.

  $A + B \rightarrow AB$

  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

- Reacción de descomposición.

  $AB \rightarrow A + B$

  $2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} \uparrow + O_{2(g)} \uparrow$

- Reacción de desplazamiento o sustitución.

  $A + BC \rightarrow AC + B$

  $Zn_{(s)} + 2HCl_{(ac)} \rightarrow ZnCl_{2(ac)} + H_{2(g)} \uparrow$

- Reacción de doble desplazamiento.

  $AB + CD \rightarrow AC + BD$

  $H_2SO_{4(ac)} + Ca(OH)_{2(ac)} \rightarrow CaSO_{4(ac)} + 2H_2O_{(l)}$

- Reacción de combustión.

  $Combustible + Comburente \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

  $CH_{4(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

- Reacción de neutralización.

  $Ácido + Base \rightarrow Sal + Agua$

  $HCl_{(ac)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow NaCl_{(ac)} + H_2O_{(ac)}$



Ahora analiza lo siguiente, cuando caminas por la calle, tal vez te has balanceado en la acera como se muestra en la imagen; al hacerlo, experimentas un equilibrio dinámico y estático, esto es un ejemplo de equilibrio físico, que es fácil de observar. De manera semejante, en las reacciones químicas se puede establecer un equilibrio, llamado **equilibrio químico**, que también es dinámico, pero ¿qué es el equilibrio químico? ¿Por qué se dice que es dinámico? Para responder a estas interrogantes, realicemos el siguiente experimento.

A. Botella azul

Con este experimento podrás evidenciar por qué se considera al equilibrio químico como un equilibrio dinámico.

Materiales:

- Botella con tapón
- Sacarosa (azúcar común)
- Hidróxido de sodio (soda cáustica)
- Gotas de limón
- Azul de metileno
- Mechero
- Agua

70

- Organice equipos de trabajo.
- Si se dispone de cantidades limitadas de los materiales, realice la actividad de manera demostrativa.

Si la institución educativa dispone de un laboratorio, existe la posibilidad de llevar a cabo el experimento de una manera diferente. Lea la variante.

Procedimiento:

1. Prepara dos soluciones y anota tus observaciones:
   - Solución A: en $100\ mL$ de agua coloca 2 gramos de azúcar, agrega $2\ mL$ de jugo de limón, calienta hasta ebullición, deja enfriar.
   - Solución B: en $100\ mL$ de agua disuelve 2 gramos de hidróxido de sodio.
2. Agrega A y B en la botella y añade unas gotas de azul de metileno.
3. Tapa y agita hasta homogenizar la solución; luego, responde:
   a. ¿De qué color es la solución?
4. Ahora, deja en reposo la solución por un tiempo y responde:
   b. ¿Qué observas?
5. Agita nuevamente.
   c. Explica con tus palabras por qué crees que sucede.
6. Repite el procedimiento 3 y 4, las veces que quieras.
7. Realiza la siguiente lectura y luego investiga la ecuación química que representa a la reacción ocurrida.

p. 38

Recuerda siempre utilizar gafas, guantes y gabacha cuando trabajes con sustancias irritantes como el hidróxido de sodio.



Recuerda que las reacciones químicas pueden ser irreversibles, estas tienen lugar en un solo sentido, es decir, hacia los productos, la flecha en color rojo indica que es irreversible.

$$aA + bB \rightarrow cC + dD\ Irreversible$$

Por otro lado, las reacciones químicas reversibles pueden evolucionar en ambos sentidos, la flecha en color rojo indica que es reversible; la reacción que ocurre de izquierda a derecha se denomina directa y la que ocurre de derecha a izquierda inversa.

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD\ Reversible$$

El experimento «Botella azul» se basa en una reacción de reducción-oxidación (redox) del azul de metileno, este compuesto presenta en su forma oxidada un color azul intenso, mientras que en su forma reducida es incoloro.

$$Azul\ de\ metileno + Glucosa \rightleftharpoons Azul\ de\ leucometileno + Ácido\ glucorónico$$

Al mezclar azul de metileno y glucosa en un medio alcalino, el azul de metileno se reduce a azul de leucometileno, y la glucosa es oxidada a ácido glucorónico. Al agitar la botella se incorpora oxígeno al medio, lo que provoca la oxidación del azul de leucometileno, retomando de nuevo la coloración azul, esto sigue ocurriendo mientras haya glucosa disponible.

Esta es una reacción reversible, la transformación de reactivos en productos es parcial, pues llega un momento en que las partículas de los productos empiezan a reaccionar y formar de nuevo los reactivos, alcanzándose el estado de equilibrio dinámico cuando la velocidad de las reacciones directa e inversa se igualan. En ocasiones, es posible que a nivel macroscópico no se observen cambios, pero a nivel molecular las reacciones inversa y directa se están produciendo.



Variantes

Materiales:

- Erlenmeyer con tapón de hule
- Glucosa o dextrosa
- Hidróxido de sodio
- Azul de metileno

1. Coloque 2 gramos de glucosa en $100\ ml$ de agua, para preparar la solución A.
2. Agregue 2 gramos de hidróxido de sodio en $100\ ml$ de agua. Esta es la solución B.
3. Mezcle ambas soluciones y agregue azul de metileno.
4. Desarrolle los pasos 3, 4, 5 y 6 del procedimiento.

La dextrosa se puede adquirir en distribuidores de productos de panadería y pastelería.

El experimento la «"botella azul»" es una reacción redox (reducción-oxidación) y un proceso reversible donde se observa un cambio de color cíclico. La sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) funciona como agente reductor; el $NaOH$ proporciona un medio básico para que ocurran las reacciones; el azul de metileno actúa como indicador redox; y el limón (ácido cítrico), en algunas versiones, se utiliza para ajustar el pH del sistema o regular la velocidad de la reacción. Cuando la solución está en reposo, la sacarosa dona electrones al azul de metileno, reduciéndolo a una forma incolora. Al agitar la botella, se introduce oxígeno y, este oxida nuevamente el azul de metileno. Este experimento implica una catálisis donde medio básico acelera la transferencia de electrones.

Creatividad

En esta etapa el objetivo es que el estudiante, mediante la realización de experimentos, desarrolle la capacidad de observar, analizar y comprender cómo los resultados obtenidos se ven afectados por los diversos factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas. De esta manera, el aprendizaje experimental permite conectar la teoría con la práctica y desarrollar pensamiento crítico, al tiempo que fortalece competencias científicas esenciales para la resolución de problemas.

Explique que, en la *actividad B,* a mayor cantidad de $NaHCO_3$ la reacción que ocurre es más rápida, produciendo burbujas de CO_2 en menos tiempo. A menor cantidad de $NaHCO_3$ se genera una reacción más lenta debido a una menor cantidad de moléculas reactivas. A mayor concentración del reactivo, hay más moléculas disponibles para reaccionar, lo que aumenta la frecuencia de colisiones efectivas y acelera la reacción. Esto demuestra que la concentración es un factor clave en la velocidad de las reacciones químicas.

Variante

Pueden utilizar vinagre artesanal hecho de frutas, pero obtendrán mejores resultados con vinagre blanco.

Indique que, para obtener mejores resultados en la *actividad C*, dejen con anticipación la fruta pelada y picada, para facilitar la observación de su oxidación.

30 min

30 min

Creatividad

Como hemos visto, algunas reacciones se evidencian de manera rápida y otras con el paso del tiempo, pero para el estudio de las reacciones químicas no basta solo con conocer lo que sucede a nivel macroscópico, sino también a nivel microscópico, por ejemplo, es necesario conocer la velocidad con la que los reactantes se transforman en productos. En sentido estricto, en química definiremos a la velocidad como «la cantidad de producto que se genera o la cantidad de reactantes que se consumen en un tiempo determinado», de hecho, es muy común intentar «apurar» una reacción que queremos que se desarrolle rápido o, «ralentizar» una reacción que queremos que ocurra de la manera más lenta posible. Para ello, debemos tener en cuenta ciertos factores que afectan la velocidad de la reacción, entre ellos podemos mencionar **la concentración de reactivos, el grado de fraccionamiento, la temperatura y los catalizadores.**

B. Burbujas instantáneas

Con este experimento, comprobarás el efecto de la concentración de reactivos en la velocidad de reacción.

Materiales:

- Bicarbonato de sodio
- Ácido acético (vinagre)
- 2 vasos iguales
- 2 recipientes pequeños
- 1 cuchara

Procedimiento:

1. Enumera cada vaso.
2. Agrega $50\ mL$ de vinagre tanto en el vaso 1 como en el 2.
3. Enumera los recipientes pequeños.
4. Agrega 1 cucharada de bicarbonato de sodio al recipiente 1 y 2 cucharadas al recipiente 2.
5. Empareja los recipientes del mismo número.
6. Vierte al mismo tiempo el bicarbonato de sodio en los vasos con vinagre. Luego, responde:
   a. ¿En qué vaso hubo mayor desprendimiento de gas?
   b. ¿Qué factor es el que afecta la reacción? Analiza por qué.

p. 39

Con este experimento se concluye que la concentración de los reactivos es directamente proporcional a la velocidad de la reacción.





C. Fruta que se oscurece

En este experimento, verificarás el efecto que genera el grado de fraccionamiento de los reactivos a la velocidad de reacción.

Materiales:

- 1 cuchillo
- 1 fruta (manzana, banana, aguacate o pera)
- 2 platos pequeños

Procedimiento:

1. Corta la fruta por la mitad.
2. Corta una de las mitades en pequeños trozos y colócalos en un plato.

72

Explique que los trozos más pequeños se oscurecen más rápido porque tienen mayor superficie de contacto con el oxígeno del aire. Los trozos más grandes se oxidan más lentamente, ya que exponen menos superficie al aire. El fraccionamiento de los reactivos aumenta la superficie de contacto, lo que permite más interacción y acelera la reacción.

- Puede formar grupos de trabajo para llevar a cabo los diversos experimentos de la etapa de Creatividad, lo que hará el proceso de experimentación más ágil.
- Guíe a los estudiantes para que organicen el área de trabajo de manera eficiente y se evite el desperdicio. Esto ayuda al desarrollo de habilidades como la toma de decisiones, la organización y el trabajo en equipo.

3. Deja la otra mitad como está y colócala en el otro plato. p. 39
4. Deja reposar por 1 hora.
5. Escribe tus observaciones y responde las siguientes preguntas.
   a. ¿Qué cambio observaste en la fruta después de 1 hora?
   b. ¿Qué factor crees que afecta la reacción? Analiza por qué.

A mayor grado de fraccionamiento mayor es la superficie de contacto. Por tanto, la velocidad de la reacción aumenta.



D. Burbujas lentas

Con esta experiencia, confirmarás el efecto de los cambios de temperatura en la velocidad de reacción.

Materiales:

- Bicarbonato de sodio
- Vinagre
- Hielo
- 1 cuchara
- 1 recipiente hondo
- 2 vasos iguales
- 2 recipientes pequeños

Procedimiento:

1. Enumera cada vaso.
2. Agrega aproximadamente $50\ mL$ de vinagre en el vaso 1.
3. Agrega aproximadamente $50\ mL$ de vinagre en el vaso 2 y colócalo en un baño de hielo, hasta que esté bien frío.
4. Agrega 1 cucharada de bicarbonato de sodio en cada recipiente pequeño.
5. Vierte al mismo tiempo el bicarbonato de sodio en los vasos con vinagre. Luego, responde:
   a. ¿En qué vaso se dio más rápido la reacción?
   b. ¿Qué factor es el que afecta la reacción? Analiza por qué. p. 39

Una disminución en la temperatura provoca que la reacción ocurra a menor velocidad.



E. Espuma de papa

Con esta experiencia, conocerás el efecto que provoca la presencia de un catalizador en la velocidad de reacción.

Materiales:

- 1 papa cruda
- 1 papa cocida en trozos
- 2 vasos
- Peróxido de hidrogeno
- Cuchillo
- 2 recipientes

Procedimiento:

1. Corta la papa cruda en trozos y colócalos en un vaso.
2. En el otro vaso, coloca los trozos de papa cocida.
3. Agrega en cada recipiente $50\ mL$ de peróxido de hidrogeno.
4. Vierte simultáneamente los $50\ mL$ de peróxido de hidrógeno en cada uno de los vasos con papa. Luego, responde:
   a. ¿En qué vaso se dio más rápido la reacción?
   b. ¿Por qué la reacción ocurrió más rápido con la papa cruda? p. 39

Un catalizador acelera la velocidad de una reacción.



30 min

30 min

Unidad 3

Variantes

- Para la *actividad D*, pueden refrigerar previamente el vinagre y luego colocarlo en el vaso.
- Puede solicitar apoyo a personas de las tiendas escolares para refrigerar.

Explique que la reacción con vinagre a temperatura ambiente será más rápida, produciendo burbujas más intensas, comparada con la reacción con vinagre frío, que es más lenta debido a la menor energía cinética de las partículas. Al aumentar la temperatura, las partículas tienen más energía cinética, lo que incrementa la frecuencia y eficacia de las colisiones, acelerando la reacción. Esto demuestra que la temperatura es un factor determinante en la velocidad de las reacciones químicas.

Para la *actividad E* la papa se puede cocer un día antes pero sin sal. Para el experimento esta debe estar a temperatura ambiente. El agua oxigenada la venden en farmacias, supermercados y otras tiendas.

La papa cruda produce muchas burbujas rápidamente porque contiene catalasa activa, que acelera la descomposición del H_2O_2 en agua y oxígeno. La papa hervida genera pocas o ninguna burbuja porque la cocción desnaturaliza la catalasa, impidiendo que actúe como catalizador. Este experimento muestra cómo un catalizador puede aumentar la velocidad de una reacción sin consumirse en el proceso.

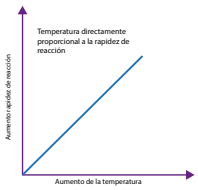
Comunicación

En esta etapa se presenta un enfoque teórico del contenido, abordando conceptos como el equilibrio químico, los diferentes tipos de equilibrio, las teorías del complejo activado y de las colisiones, así como la ley de acción de masas. Se busca que el estudiantado comprenda que el equilibrio químico implica la ocurrencia de estos fenómenos para llegar a establecerse.

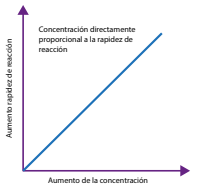
- Fomente el análisis de los gráficos que muestran el comportamiento de cada factor que influye en la velocidad de reacción. Es posible que algunos estudiantes encuentren difícil interpretarlos, por lo que es importante dedicar tiempo a clarificar cualquier duda que pueda surgir.
- Realice un debate donde expliquen cómo afecta cada factor a la velocidad de una reacción.
- Explique que, a mayor temperatura, mayor velocidad de reacción; a menor tamaño de partícula, mayor velocidad de reacción; y, a mayor concentración, mayor será la velocidad de reacción.
- Enfatice la importancia de escribir correctamente todos los componentes de una ecuación química.

45 min

Comunicación







Una reacción química es un proceso de cambio, en el que los reactivos se convierten en productos, cada una de las reacciones ocurre a una velocidad determinada y puede ser modificada por diferentes factores, en los experimentos anteriores hemos comprobado cómo afectan estos factores, por ejemplo, que a mayor concentración de los reactivos la velocidad de la reacción es mayor.

El grado de fraccionamiento está relacionado con el tamaño de las partículas de los reactivos, si el grado de fraccionamiento es alto, el tamaño de las partículas es menor, por tanto, hay mayor superficie de contacto entre las partículas de los reactivos, esto permite que la reacción ocurra a una mayor velocidad que si las partículas fueran de gran tamaño.

Por otra parte, un incremento en la temperatura del sistema reaccionante provoca un incremento en la velocidad de la reacción, ya que incrementan las colisiones entre las partículas, por tanto, la temperatura es directamente proporcional a la velocidad de reacción.

El último factor que experimentamos es la intervención de un catalizador; este es una sustancia o agente cuya única función es acelerar la reacción, mas no reaccionar. En el experimento «Espuma de papa» el catalizador que interviene es la enzima catalasa que acelera la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, en cambio, en la papa cocida esta encima se desnaturalizó.

$$\underset{\text{Peróxido de hidrógeno}}{2H_2O_{2(l)}} \xrightarrow{catalasa} \underset{\text{Agua}}{H_2O_{(l)}} + \underset{\text{Oxígeno}}{O_{2(g)}}$$

Los equilibrios se clasifican en **homogéneos** y **heterogéneos**, en función del estado de agregación en el que se encuentran los reactivos y los productos.

En los equilibrios homogéneos, los reactivos y productos se encuentran en el mismo estado de agregación, por ejemplo:

En estado gaseoso:

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

En solución acuosa:

$$HNO_{2(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)}\ NO^-_{2(ac)}$$

En los equilibrios heterogéneos, los reactivos y productos se encuentran en distinto estado de agregación, por ejemplo:

Entre sustancias sólidas y gaseosas:

$$Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons 2\,FeO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

Entre una disolución saturada y su precipitado:

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(ac)} + SO^{-2}_{4(ac)}$$

Existen dos teorías que explican cómo se dan las interacciones entre los reactantes para la formación de productos.

La teoría del complejo activado sostiene que cuando los reactantes se aproximan se produce la formación de un estado intermedio de alta energía, muy inestable y de corta duración, que se denomina complejo activado.



Esta energía es necesaria para alcanzar el estado de transición donde los reactivos se convierten en productos, en un intervalo de tiempo determinado.

74

La realidad aumentada (RA) busca que los estudiantes comprendan cómo se interpreta el gráfico de energía de activación para una reacción química. Utilizando esta nueva tecnología, se hace énfasis sobre el uso adecuado de los dispositivos móviles como herramientas para el aprendizaje.

Discuta y analice los gráficos donde se esquematiza la energía de activación (Ea) para reacciones endergónicas y exergónicas; tenga en cuenta que puede que a algún estudiante se le dificulte su interpretación. Los gráficos de energía de activación muestran la cantidad mínima de energía necesaria para que los reactivos se conviertan en productos.

La energía que necesitan los reactantes para alcanzar este complejo se llama **energía de activación (Ea)**; si esta incrementa, la velocidad de reacción disminuye. De acuerdo con la diferencia de energía entre los productos y reactivos, las reacciones se clasifican en:

- **Endergónicas**: absorbe energía (endotérmicas).
- **Exergónicas**: libera energía (exotérmicas).

Los diagramas de la energía de activación para cada caso se muestran a la derecha. La **teoría de las colisiones** explica cómo ocurren las reacciones químicas y por qué unas ocurren más rápido que otras.

Para que una reacción química ocurra debe haber colisiones efectivas entre las partículas de los reactantes, para lograrlo, las partículas deben tener la orientación adecuada y poseer energía suficiente para que ocurra el rompimiento de los enlaces, el reordenamiento de las partículas y la formación de los productos. Entre más choques con energía y geometría adecuada existan, mayor es la velocidad de la reacción.

Las concentraciones de los productos y reactivos se pueden calcular a partir del número de moles, al inicio de la reacción; en el equilibrio la relación entre las concentraciones de los productos y los reactivos es una magnitud constante y se expresa por medio de la **constante de equilibrio** (K_c). Por ende, si tenemos un equilibrio de la forma:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

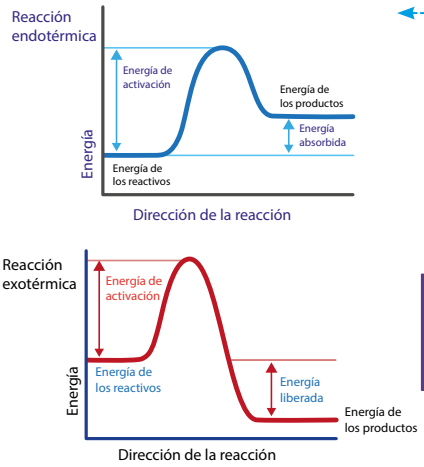
Donde a, b, c y d son coeficientes estequiométricos de las especies A, B, C y D, por tanto, a una temperatura dada se tiene que:

$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d \leftarrow Productos}{[A]^a[B]^b \leftarrow Reactivos} \qquad 3.1$$

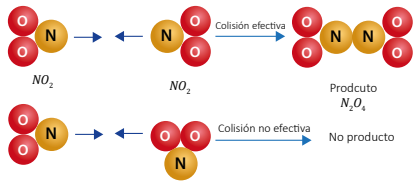
Esta es la expresión matemática de la **ley de acción de masas** y establece que «en toda reacción química en equilibrio, para una temperatura determinada, el producto de las concentraciones molares de los productos dividido entre el producto de las concentraciones molares de los reactivos, elevadas cada una de ellas a su respectivo coeficiente estequiométrico, tiene un valor «constante».

a. Expresa las constantes de equilibrio de las ecuaciones que se presentan.

p. 40



Teoría de las colisiones



Fijate que...

En la expresión de la constante de equilibrio solo se incluyen las especies gaseosas o en disolución. Para las especies en estado sólido o líquido se consideran concentraciones constantes y, por tanto, no se incluyen en el cálculo de la constante de equilibrio.

Explique que, en una reacción endotérmica, se absorbe energía del entorno. El gráfico muestra que la energía final de los productos es mayor que la energía inicial de los reactivos. Se presenta un pico de energía de activación, pero no regresa a la energía inicial, indicando que la reacción requiere energía del entorno para completarse.

Una reacción exotérmica libera energía al entorno en forma de calor. El gráfico muestra que la energía inicial de los reactivos es mayor que la energía final de los productos. Se observa un pico que representa la energía de activación necesaria para iniciar la reacción. Después, la energía disminuye significativamente, indicando la liberación de calor.

En ambos casos, la energía de activación es necesaria para superar la barrera energética inicial. La diferencia es que, en una reacción exotérmica, se libera energía, mientras que en una endotérmica se necesita un aporte constante de energía para que ocurra.

- Realice algunos ejercicios previos para expresar la constante de equilibrio. Estos ejercicios deben ser diferentes a los que se plantean en el Cuaderno de Trabajo.
- En el siguiente QR encontrara propuesta.
  https://bit.ly/C09GM39b

El Cuaderno de Trabajo se le proporciona al estudiante para facilitar el registro de las observaciones y resultados de todas las experiencias que realizará; por tanto, anímelos a registrar todas las observaciones, por mínimas que parezcan. Es importante respetar y tener en cuenta todas las respuestas, ya que el registro se realiza bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

Introducción al equilibrio químico

A. Botella azul

1. Escribe todo lo que percibas en el desarrollo del experimento:

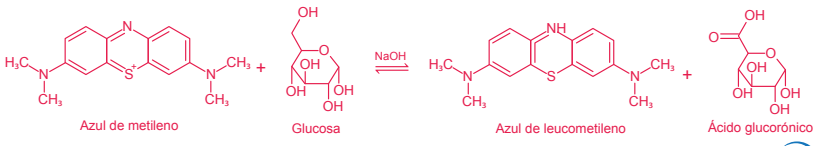


a. ¿De qué color es la solución?
Al mezclar, la solución es de color azul.

b. ¿Qué observas?
Observo que la solución se decolora.

c. Explica con tus palabras por qué crees que sucede:
Porque las reacciones químicas pueden ser reversibles, esto hace que la solución recupere el color azul o se torne incolora.

7. Escribe la ecuación química que representa la reacción ocurrida en el experimento Botella azul:



P. 71

38

- Estas son las respuestas deseadas que se espera que el estudiante proporcione.
- Indique que, para el numeral 7, deben investigar la ecuación química de la reacción. Si no logran encontrarla o formularla correctamente, proporcióneselas usted.

En la ecuación química se representa cómo el azul de metileno recibe de la glucosa un ion hidronio (H^+) y dos electrones, dando lugar a la pérdida de coloración azul. En la reacción inversa se pierden dos electrones y un H^+ frente al oxígeno del aire, formando nuevamente el azul de metileno.

- Toda respuesta debe ser respetada y tomada en cuenta, ya que las observaciones registradas reflejan las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento.
- Las respuestas de los estudiantes deben evidenciar su capacidad para identificar los factores que influyen en la velocidad de reacción. Si esto no queda claro en sus respuestas, se debe intervenir creando un contexto de análisis para cada experimento realizado.

Cuaderno de Trabajo

Creatividad

B. Burbujas instantáneas

a. ¿En qué vaso hubo mayor desprendimiento de gas?
En el vaso al que se agregó una cantidad mayor de bicarbonato de sodio se observó una mayor cantidad de espuma, la cual contenía gas.

b. ¿Qué factor crees que es el que afecta la reacción? Analiza por qué:
El factor de concentración, porque está relacionado con la cantidad de reactivos que intervienen, por tanto, al aumentar la concentración de los reactivos se aumenta la rapidez de la reacción. p. 72

C. Fruta que se oscurece

a. ¿Qué cambio observaste en la fruta después de 1 hora?
Se observó que la fruta tiende a oscurecerse.

b. ¿Qué factor crees que afecta la reacción? Analiza por qué:
El grado de fraccionamiento. Esto está relacionado con el tamaño o área de interacción de los reactivos, por tanto, a mayor grado de fraccionamiento (menor tamaño de partícula) la rapidez de la reacción será mayor. p. 73

D. Burbujas lentas

a. ¿En qué vaso se dio más rápido la reacción?
En este caso, en el vaso a temperatura ambiente la reacción fue más rápida.

b. ¿Qué factor es el que afecta la reacción? Analiza por qué:
El factor temperatura, ya que a mayor temperatura mayor rapidez de reacción. p. 73

E. Espuma de papa

a. ¿En qué vaso se dio más rápido la reacción?
Se observó que en el vaso donde estaba la papa cruda se formó más rápido espuma o burbujas que en el que contenía papa cocida.

b. ¿Por qué la reacción ocurrió más rápido con la papa cruda?
La papa cruda contiene una sustancia que en este caso actúa como catalizador, aumentando la rapidez de la reacción. p. 73

Criterio de evaluación

Identifica que la concentración de los reactivos es directamente proporcional a la velocidad de la reacción.

Criterio de evaluación

Identifica que la superficie de contacto es inversamente proporcional a la velocidad de reacción.

Criterio de evaluación

Identifica que la temperatura es directamente proporcional a la velocidad de reacción.

Criterio de evaluación

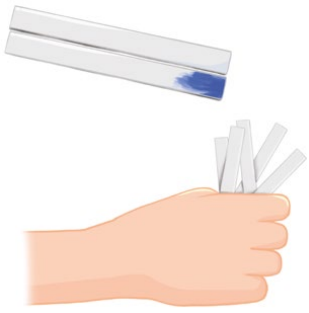
Identifica que la presencia de un catalizador aumenta le velocidad de reacción.

Criterios de evaluación

- Expresa las constantes de equilibrio a partir de las ecuaciones químicas planteadas.
- Aplica las condiciones que se han establecido para expresar la constante de equilibrio.

Para hacer un poco activo el desarrollo de los ejercicios, puede realizar la siguiente dinámica:

1. Elaborar tiras pequeñas de papel de $1\ cm$ de ancho y $12\ cm$ de largo. Según sea la cantidad de alumnos que integran la sección, así será la cantidad de tiras a elaborar.
2. Pintar 8 tiras en un extremo.
3. Tome todas las tiras con la mano como un ramo de flores, teniendo en cuenta que su mano debe esconder el color de las tiras.
4. Cada estudiante tomará una y el que saque la tira pintada pasará a la pizarra a realizar y justificar el ejercicio.



Cuaderno de Trabajo

Comunicación

a. Expresa las constantes de equilibrio K_c de las ecuaciones que se presentan:

$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$	$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][B_2]}$
$2H_{2(g)} + 2S_{(s)} \rightleftharpoons 2H_2S_{(g)}$	$K_c = \frac{[H_2S]^2}{[H_2]^2}$ En la expresión de la constante de equilibrio solo se incluyen las especies gaseosas y/o en disolución.
$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$	$K_c = \frac{[H_2O][CO]}{[H_2][CO_2]}$
$Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(g)}$	$K_c = \frac{[Br]^2}{[Br_2]}$
$2HgO_{(s)} \rightleftharpoons 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$	$K_c = [O_2]$ En la expresión de la constante de equilibrio solo se incluyen las especies gaseosas y/o en disolución.
$NH_4CO_2NH_{2(s)} \rightleftharpoons 2HN_{3(g)} + CO_{2(g)}$	$K_c = [NH_3]^2[CO_2]$ En la expresión de la constante de equilibrio solo se incluyen las especies gaseosas y/o en disolución.
$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$	$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$
$2ICl_{(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + Cl_{2(g)}$	$K_c = \frac{[I_2][Cl_2]}{[ICl]^2}$

40

Semana 10 ¿Se puede afectar el equilibrio químico?

Contenido

Constante de equilibrio y su interpretación
- Factores que afectan el equilibrio químico
- Principio de Le Châtelier

Indicadores de logro

3.4. Identifica los fatores que afectan el equilibrio químico.
3.5. Predice el sentido del desplazamiento de la reacción aplicando el principio de Le Châtelier.



Preparaciones de la semana

A. Reloj de yodo

- Solicite a los estudiantes que lleven ácido ascórbico (tabletas de vitamina C comerciales), agua destilada o desmineralizada, almidón de maíz (maicena), peróxido de hidrógeno 3 % (agua oxigenada), tintura de yodo 5 %, cucharas, 10 vasos con capacidad de 500 ml, papel filtro, embudo, olla o pichel pequeño, cocina eléctrica, cronómetro (pueden utilizar el teléfono o tableta), termómetro.
- Realice los cálculos antes para la elaboración de las soluciones A y B.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

Para esta semana, en la etapa de Indagación se busca ejemplificar una modificación del equilibrio visualizando un fenómeno natural y cómo este se ve afectado por diversos factores. En algunos casos, como en la naturaleza, estos factores no se pueden controlar tan fácilmente, por ejemplo, la presión atmosférica o la temperatura ambiente. Sin embargo, en un laboratorio experimental sí es posible controlarlos, y es esta modificación de los factores la que hace posible que se lleven a cabo reacciones químicas para la elaboración óptima de sustancias y nuevos materiales.

- Es importante tener cuidado de no mencionar específicamente qué factores afectan el equilibrio. Durante el transcurso de la semana, se espera que el estudiantado deduzca estos factores a través de la realización de experimentos.
- Incentive a los estudiantes a leer el artículo que se encuentra en el código QR, puede usarlo como herramienta para que puedan dar respuesta a las preguntas que se le realizan. Los estudiantes deben saber que en nuestro país también se realizan investigaciones importantes.

45 min

Indagación

¿Se puede afectar el equilibrio químico?

El equilibrio químico está presente en diversos procesos que se efectúan constantemente en el ambiente, por ejemplo, en nuestro país desde septiembre del año 2012 el lago de Coatepeque presentó un inusual color turquesa, que generó preocupación entre la población; este fenómeno es el resultado de la proliferación de cianobacterias nocivas o tóxicas, predominantemente la *Microcystis aeruginosa y escasamente la Oscillatoria limosa*, causando un desequilibrio en este ambiente limnológico; entre las investigaciones que se han realizado por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de El Salvador, han determinado que el equilibrio en el cuerpo de agua ha sido afectado por diversos factores, que han permitido la proliferación de cepas tóxicas de cianobacterias, entre estos factores destacan:

- El incremento en la disponibilidad de nutrientes.
- El valor inusual de temperatura que registró el cuerpo de agua.
- La medida del grado de acidez o alcalinidad del agua.
- La densidad celular, en la cual interviene el volumen.
- El aumento de vientos norte, relacionados estrechamente a la diferencia en la presión atmosférica que incide en la velocidad del viento.



Si quieres saber más sobre el lago de Coatepeque y su color turquesa, puedes leer el artículo escaneando el siguiente código:
https://bit.ly/093S10a

Así como el ejemplo anterior que sucede en el ambiente y es observable, ocurren algunas reacciones químicas que se dan a nivel de la industria o a nivel de laboratorios experimentales, estas se ven afectadas por diversos factores capaces de modificar el estado de equilibrio en un proceso químico.

De acuerdo con tu criterio, trata de responder las siguientes preguntas:

a. ¿Cuáles crees que son los factores que afectan el equilibrio químico en una reacción?

b. ¿Será posible controlar estos factores que afectan el equilibrio químico? p. 41

$$Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) + 4\ I^-(ac) \underset{}{\overset{\Delta H > 0}{\rightleftharpoons}} CuCl_4^{2-}(ac) + 4H_2O(l)$$



$$Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) \rightleftharpoons Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) \qquad Cu(H_2O)_4^{2+}(ac) \rightleftharpoons CuCl_4^{2-}(ac)$$

Creatividad

Con las actividades de Creatividad, los estudiantes deben realizar un experimento con el cual comprobarán factores que afectan el equilibrio. Además, se busca que asuman situaciones desafiantes donde deben de preparar las soluciones de manera cuidadosa, eficiente y ordenada, porque de ello dependerán los resultados que obtengan.

Creatividad

Como te has dado cuenta, existen factores que alteran el equilibrio en una reacción química, ahora vamos a estudiar algunos de estos factores, iniciando con el siguiente experimento.

A. Reloj de yodo

Con este experimento, comprobarás el efecto de la concentración de los reactivos en el equilibrio de una reacción; para ello, debes preparar las soluciones A y B con el procedimiento a continuación.

Materiales:

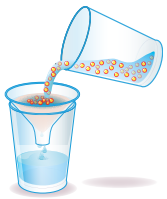
- Ácido ascórbico (4 tabletas de vitamina C de 500 mg)
- Peróxido de hidrógeno 3 % (agua oxigenada
- Almidón de maíz (maicena)
- Tintura de yodo 5 %
- 10 Erlenmeyer de 500 mL
- Mortero y pistilo
- Cocina eléctrica
- Agua destilada
- Cronómetro
- Termómetro
- Papel filtro
- Cucharas
- Embudo

Procedimiento:

1. Tritura las tabletas de vitamina C, con ayuda del mortero y pistilo, si la tableta contiene una cantidad diferente de ácido ascórbico debes triturar las tabletas necesarias para obtener 2 g de ácido ascórbico. Anota cualquier cambio realizado u observación general.
2. Coloca el triturado de ácido ascórbico en un Erlenmeyer.
3. Agrega 60 mL de agua destilada y disuelve la mayor cantidad posible.
4. Identifica otro Erlenmeyer como solución A.
5. Filtra la solución del *paso 3* en el Erlenmeyer identificado como solución A y guárdalo.
6. En otro Erlenmeyer coloca 0.4 g de almidón de maíz.
7. Luego, incorpora 350 mL de agua destilada y mezcla bien.
8. Calienta la mezcla, sin dejar de agitar, hasta que ebulla.
9. Identifica un Erlenmeyer como solución B.
10. Filtra la solución de almidón de maíz en el Erlenmeyer identificado como solución B.
11. Luego, incorpora 150 mL de peróxido de hidrógeno al 3 %, con esto ya tienes lista la solución B.
12. En la solución A, incorpora 12.5 mL de tintura de yodo al 5 %, agita vigorosamente y responde:
    a. ¿Qué sucedió?
13. Luego, agrega agua destilada hasta alcanzar un volumen total de 250 mL, con esto ya tienes lista la solución A. Ten el cronómetro listo para registrar el tiempo de reacción desde el instante en que mezcles A y B.

p. 41

Sistema de filtración



Sistema de calentamiento



90 min

Unidad 3

- Puede hacer equipos de trabajo dependiendo de la cantidad de estudiantes a su cargo.
- Solicite a cada equipo los materiales. Verifique que a la hora de la práctica todos los equipos los tengan completos.
- Para agilizar, la práctica realice los cálculos el día previo al experimento.
- Puede preparar muestras grandes de las soluciones A y B, y luego proporcionar a cada grupo la cantidad de muestras que necesiten.

Si no tienen a disposición cocina eléctrica, mecheros Bunsen o placas de calentamiento (*hot plate*), puede elaborar mecheros de alcohol casero. Vea el siguiente video escaneando el QR para conocer el paso a paso.
https://bit.ly/C09GM310a

En el experimento del reloj de yodo ocurre una reacción química clásica que ilustra la cinética de las reacciones, es decir, la velocidad a la que ocurren. En este experimento, dos soluciones se mezclan, y tras un período de tiempo, la mezcla cambia repentinamente de incolora a un color azul oscuro. La clave de esta demostración es que el cambio de color no ocurre de forma gradual, sino súbitamente, lo que simula el comportamiento de un reloj.

Puede ampliar la explicación de las reacciones que ocurren en el experimento:

- Reacción entre yodo y ácido ascórbico: al mezclar la tintura de yodo con ácido ascórbico, el yodo elemental (I_2) se reduce rápidamente a yoduro (I^-), sin mostrar coloración azul. $I_2 + C_6H_2O_6 \rightarrow 2I^- + C_6H_6O_6 + 2H^+$ aquí, el ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) se oxida a deshidroascorbato ($C_6H_6O_6$), evitando que el yodo elemental reaccione con el almidón.
- Generación de yodo por peróxido de hidrógeno: una vez que el ácido ascórbico se ha consumido por completo, el peróxido de hidrógeno oxida los iones de yoduro (I^-) presentes, regenerando yodo elemental (I_2): $2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow I_2 + 2H_2O$, este yodo es libre para interactuar con el almidón.
- Formación del complejo azul: cuando el yodo (I_2) se genera y ya no queda ácido ascórbico para reducirlo, reacciona con el almidón de maíz, formando un complejo azul oscuro.



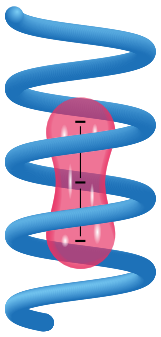
14. En otro Erlenmeyer coloca 50 mL de solución A y a continuación, agrega 50 mL de solución B, agita y espera hasta que haya un cambio de color; luego, registra el tiempo de reacción.
15. Repite el *paso 14* con las proporciones de A y B de la tabla en tu Cuaderno de Trabajo.
    b. ¿Qué factor afectó el equilibrio de la reacción?
    c. Grafica la tendencia que sigue la reacción «Concentración vs. tiempo».
16. Agrega 50 mL de solución A en un Erlenmeyer y en otro 50 mL de solución B.
17. Calienta las muestras de A y B hasta alcanzar una temperatura de 70 °C.
18. Cuando alcancen la temperatura deseada mézclalas en un tercer recipiente, cronometra y registra el tiempo de reacción en la tabla.
19. Repite el *paso 16*.
20. Coloca ambas soluciones en un baño de hielo hasta alcanzar una temperatura de 5 °C.
21. Repite el *paso 18*.
22. Registra la temperatura ambiente, en la tabla del *paso 18*, consultando tu teléfono celular.
    d. ¿Qué factor afectó el equilibrio de la reacción?
23. Grafica la tendencia que sigue la reacción «Temperatura vs. tiempo».

En el experimento «Reloj de yodo» se tienen dos soluciones A y B transparentes, cuando las soluciones se mezclan, comienzan a reaccionar entre ellas, ocurriendo simultáneamente dos reacciones.

En la primera, el peróxido intenta oxidar al yodo pasando de yoduro (I^{-1}) a yodo (I_2) pero el ácido ascórbico lo reduce, pasando de yodo (I_2) a yoduro (I^{-1}), esta reacción ocurre muy rápido y no permite que el yodo (I_2) exista por mucho tiempo.

$$2H^+_{(ac)} + 2I^-_{(ac)} + H_2O_{2(ac)} \rightarrow I_{2(ac)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$I_{2(ac)} + C_6H_8O_{6(ac)} \rightarrow 2H^+_{(ac)} + 2I^-_{(ac)} + C_6H_6O_{6(ac)}$$



Complejo I^{-3}-almidón

Por otro lado, en la segunda reacción, el ácido ascórbico se consume por el exceso de peróxido, es entonces cuando el yodo (I_2) aumenta en conjunto con el yoduro (I^{-1}) formando el complejo triyoduro con el almidón, en este punto es donde observamos el color azul, cabe mencionar que estas reacciones ocurren extremadamente rápido.

$$I^{-3}_{(ac)} + almidón \rightleftharpoons complejo\ I^{-3}\text{-}almidón$$

Los factores de concentración y temperatura determinan cuánto tiempo tardará el cambio de color. Por lo tanto, al aumentar la concentración, el cambio de color ocurrió más rápido. Además de las concentraciones, otro factor que afecta el equilibrio químico es la temperatura, por lo que al aumentar la temperatura el cambio de color fue aún más rápido.

78

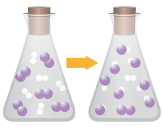
- Enfatice que todo registro lo deben realizar en el Cuaderno de Trabajo.
- Puede hacer un juego con los estudiantes como se muestra en el QR.
  https://bit.ly/C09GM310b

La teoría puede despertar aún más la curiosidad y plantear interrogantes en el estudiantado. En el caso del principio de Le Chatelier, debe quedar claro que este se establece cuando un sistema en equilibrio es perturbado por un cambio en presión, temperatura o concentración; este se ajusta para contrarrestar dicha perturbación y restaurar el equilibrio.

Ahora ya comprobaste que existen diversos factores que pueden modificar el estado de equilibrio en un proceso químico, estos factores son:

- La concentración
- La temperatura
- La presión

Esto significa que, si al desarrollarse una reacción química se modifica alguno de estos factores, la reacción evolucionará en uno u otro de los sentidos hasta alcanzar de nuevo su estado de equilibrio.



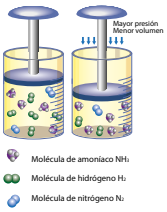
Equilibrio de moléculas ($H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$)

En 1888 se formuló el **principio de Le Châtelier** que ayuda a predecir la dirección en que se desplazará una reacción en equilibrio cuando hay un cambio en la concentración, la presión o la temperatura. Dicho principio se enuncia de la siguiente forma: «Si un sistema químico en equilibrio se somete a un cambio, el equilibrio se desplazará en el sentido que contrarreste ese cambio». Estudiemos cómo afecta cada factor.

Presión

Las variaciones de presión solo afectan a los equilibrios en los que interviene algún gas y cuando hay variaciones de volumen en la reacción. Por ejemplo, en la reacción de formación del amoníaco, hay cuatro moles de gases en los reactantes y dos en los productos:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$



Un aumento de la presión significa que hay una disminución en el volumen, por lo que hay menos espacio. En consecuencia, el equilibrio se desplazará hacia el lado de la reacción con menor número de moles. En el caso del amoníaco, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.

Por otro lado, una disminución de la presión significa que hay un aumento de volumen, por lo que hay más espacio. En este escenario, el equilibrio se desplazará hacia el lado con mayor cantidad de moles. En la reacción del amoníaco, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda.

Temperatura

La variación del equilibrio causada por un cambio de temperatura dependerá de si la reacción es exotérmica o endotérmica.

Reacción exotérmica

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + energía$$

- Al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la izquierda.
- Al disminuir la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la derecha.

Reacción endotérmica

$$N_2O_{4(g)} + energía \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

- Al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la derecha.
- Al disminuir la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la izquierda.

Apoye al estudiante para que los factores queden claros de la siguiente manera:

- Cambio en la presión (solo gases).

Aumento de presión: el sistema favorece la reacción que produce menos moles de gas. Disminución de presión: el sistema favorece la reacción que produce más moles de gas.

- Cambio en la temperatura.

Reacción exotérmica (libera calor): a mayor temperatura, se favorece la reacción inversa.

Reacción endotérmica (absorbe calor): a mayor temperatura, se favorece la reacción directa.

En resumen, el sistema siempre se ajusta en la dirección que minimiza el cambio aplicado.

- También puede apoyarse con el siguiente video, ya sea de manera personal o compartiéndolo con la clase.
  https://bit.ly/C09GM310c

Comunicación

En esta etapa, en términos generales, se fomenta el trabajo en equipo entre los estudiantes, así como el respeto hacia las diversas formas de análisis y opiniones dentro de cada grupo. Esto les permite justificar sus propuestas, resultados y conclusiones frente a los demás compañeros de clase.

90 min

Apoye al estudiante para que los factores queden claros de la siguiente manera:

- Cambio en la concentración:
  Aumento en la concentración de los reactivos: el sistema favorece la formación de productos.
- Disminución de la concentración de los productos: el equilibrio se desplaza hacia los productos para compensar la pérdida y reestablecer el equilibrio.

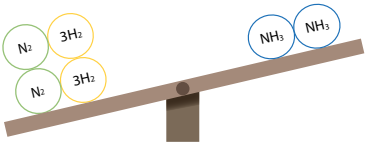
Apóyese con el video que aparece en el QR de la página 145.

Comunicación

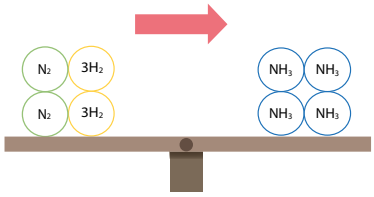
Concentración

Cuando aumenta la concentración, el equilibrio se desplaza hacia el lado opuesto de la reacción. Si consideramos el siguiente equilibrio químico:

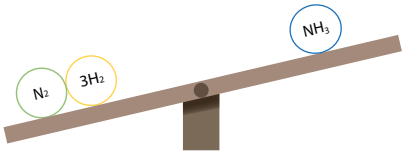
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$



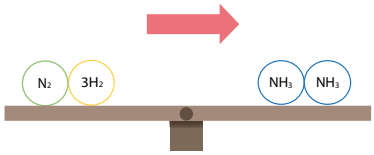
Si se añade mayor cantidad de nitrógeno o hidrógeno molecular, el sistema se desestabiliza y se pierde el equilibrio.



Para contrarrestar el efecto, el sistema formará más NH_3, con el fin de eliminar el exceso de N_2 o H_2; por tanto, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.



Si la concentración de NH_3 disminuye, el sistema se desestabiliza y se pierde el equilibrio.



Para contrarrestar este efecto, el equilibrio se desplaza a la derecha produciéndose más NH_3.

PRINCIPIO DE LE CHÂTELIER

Si un sistema químico en equilibrio se somete a un cambio, el equilibrio se desplazará en el sentido que contrarreste el cambio.

El equilibrio químico, es muy importante, ya que tiene muchas aplicaciones a nivel de laboratorio o industria, pues ayuda a los científicos a predecir las condiciones propicias «presión, temperatura y concentración» que optimicen el rendimiento de una reacción química.

Ejemplo de cómo analizar una reacción química aplicando el principio de Le Châtelier

Para la siguiente reacción exotérmica a un volumen constante:

$$2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)}$$

Determina el efecto que tendrán en el equilibrio, las siguientes acciones:

- Una disminución de la temperatura: el equilibrio se desplaza hacia los productos (derecha).
- Un incremento de la presión: la presión no afecta al equilibrio.
- Un descenso de la concentración de $N_{2(g)}$: el equilibrio se desplaza hacia los productos para generar más $N_{2(g)}$.

80

Con el recurso de RA, se busca que el estudiantado entienda de manera lúdica el principio de Le Châtelier y, también, reforzar el balanceo de ecuaciones utilizando esta nueva tecnología. Asimismo, se hace énfasis sobre el uso adecuado de los dispositivos móviles como herramientas para el aprendizaje.

- Dependiendo del número de estudiantes, puede formar grupos o parejas. Recuérdeles que deben justificar la respuesta.
- Para la explicación, puede apoyarse de estos ejercicios o solicitar a los estudiantes que los desarrollen.
https://bit.ly/C09GM310d

B. Práctica de Le Châtelier

Reúnete en grupo o parejas según lo indique tu docente, y aplicando el principio de Le Châtelier resuelve lo siguiente:

Procedimiento:

1. Desarrolla los siguientes ejercicios, tomando en cuenta la opinión de tu pareja o compañeros de grupo.
2. Haz una presentación a los miembros de tu grado, explicando el análisis hecho y por qué proponen esa solución.

P. 43



a. Para la siguiente reacción exotérmica en equilibrio:

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

Indica con flechas hacia dónde se desplaza el equilibrio en los siguientes casos:

- Aumento de la concentración de $O_{2(g)}$
- Disminución de la concentración de $H_2O_{(g)}$
- Aumento del volumen del sistema
- Reducción de la temperatura del sistema
- Introducción de un catalizador

b. Al calentar yodo $I_{2(g)}$ en una atmósfera de dióxido de carbono ($CO_{2(g)}$), se produce monóxido de carbono ($CO_{(g)}$) y pentaóxido de diyodo ($I_2O_{5(g)}$):

$$H_{2(g)} + 5CO_{2(g)} \rightleftharpoons 5CO_{(g)} + I_2O_{5(s)}$$

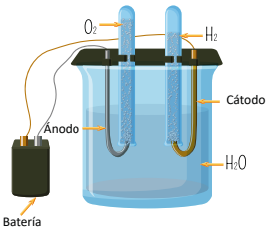
Justifica el efecto que tendrán los cambios que se indican:

- Adición de $I_{2(g)}$ sobre la cantidad de $CO_{(g)}$
- Reducción de la temperatura sobre la cantidad de $CO_{2(g)}$

Cuando un sistema de reacción se encuentra en equilibrio y este se ve modificado por cambios en las variables que lo afectan, el sistema busca la manera de reestablecer el equilibrio, ya sea incrementando o disminuyendo las concentraciones de las partículas en el medio, regulando los cambios de presión o reestableciendo la temperatura, absorbiendo o liberando calor.

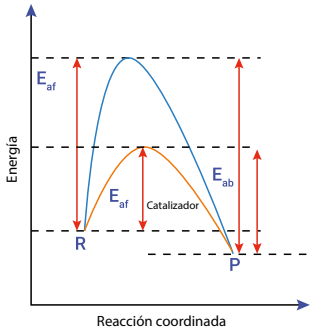
Por otra parte, el efecto de un catalizador es acelerar la reacción directa, por tanto, su incorporación va a desplazar el equilibrio a la derecha.

Electrolisis del agua



$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

Efecto de un catalizador en la energía de activación



Explique que la electrólisis del agua es un proceso en el que se descompone agua en sus elementos (hidrógeno y oxígeno) mediante el paso de corriente eléctrica a través de una celda electrolítica.

En el ánodo (electrodo positivo) ocurre la oxidación del agua, liberando oxígeno, y en el cátodo (electrodo negativo) ocurre la reducción de protones, liberando hidrógeno.

Para este proceso se requiere una fuente de corriente eléctrica que suministre energía al sistema.

Este proceso es utilizado en la producción de hidrógeno como combustible limpio.

Un catalizador disminuye la energía de activación (Ea) de una reacción, es decir, la cantidad de energía mínima necesaria para que los reactivos se transformen en productos. En el gráfico de energía de activación con y sin catalizador, en el eje Y se representa la energía, y en el eje X, el progreso de la reacción. La curva sin catalizador muestra una barrera de energía más alta; mientras que, con un catalizador, la curva es más baja, aunque la energía libre total (ΔG) de la reacción no cambia. Por tanto, un catalizador: acelera la reacción, permitiendo que más moléculas superen la barrera de energía en un menor tiempo y no se consume en el proceso, no altera el equilibrio químico, solo hace que se alcance más rápido.

En el Cuaderno de Trabajo los estudiantes registran sus opiniones, presaberes, observaciones y resultados. Es importante que en la etapa de Indagación se respeten todas las opiniones, pues responderán desde su presaber o comprensión.

Si el estudiante no logra deducir los factores que afectan el equilibrio, no hay ningún problema. En el transcurso de la semana aprenderá a identificarlos y controlarlos a través de experimentos.

Criterio de evaluación

Registra sus observaciones y los datos obtenidos en el experimento.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

¿Se puede afectar el equilibrio químico?



De acuerdo con tu criterio, trata de responder las siguientes preguntas:

a. ¿Cuáles son los factores que afectan el equilibrio químico en una reacción?
La concentración, temperatura ambiente y presión atmosférica.

b. ¿Es posible controlar estos factores que afectan el equilibrio químico? Explica:
Sí, es posible, si se realiza la reacción en un sistema cerrado, se puede controlar la temperatura y presión, y la concentración se puede modificar colocando las cantidades adecuadas de reactivos.

p. 76

Creatividad

A. Reloj de yodo

1. Observaciones generales:

a. ¿Qué sucedió?
La solución se decoloró.

p. 77

14.

Solución A (mL)	Solución B (mL)	Tiempo $(min$ o $s)$
50	50	

15.

Muestra	Solución A (mL)	Solución B (mL)	Tiempo $(min$ o $s)$
1	5	20	
2	10	20	
3	30	20	
4	40	20	

Unidad 3

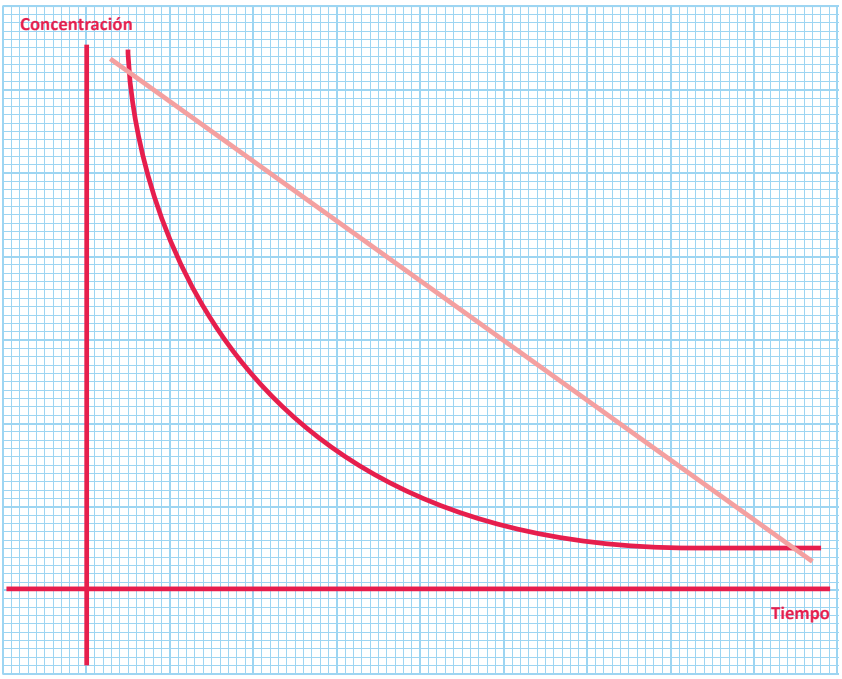
Criterios de evaluación

- Identifica por medio de lo experimentado el factor que afectó al equilibrio químico.
- Grafica la tendencia de la reacción «concentración versus tiempo».

Cuaderno de Trabajo

b. ¿Qué factor afectó el equilibrio de la reacción?
El factor concentración, ya que para cada muestra se ha variado la cantidad de solución A que se mezcla; por tanto, hace que el tiempo aumente para observar la reacción.

c. Grafica la tendencia que sigue la reacción Concentración vs. Tiempo:



18.

Muestra	Solución A (mL)	Solución B (mL)	Temperatura (°C)	Tiempo $(min$ o $s)$
1	50	50	70	
2	50	50	5	
3	50	50	Ambiente _____	

d. ¿Qué factor afectó el equilibrio de la reacción?
El factor temperatura, ya que es esta la que se ha variado con cada muestra.

42

- Los resultados se obtienen dependiendo de las condiciones en las que se efectúa el experimento; por tanto, los estudiantes podrían tener dos tipos de tendencia: la recta color naranja con pendiente negativa o la curva roja cóncava hacia arriba (ambas descendentes).
- Pueden también graficar utilizando Google Sheets, herramienta en la cual se grafica de manera rápida datos en hojas de cálculo. Los gráficos que se generan pueden ser de líneas, barras, dispersión y más.

Criterio de evaluación

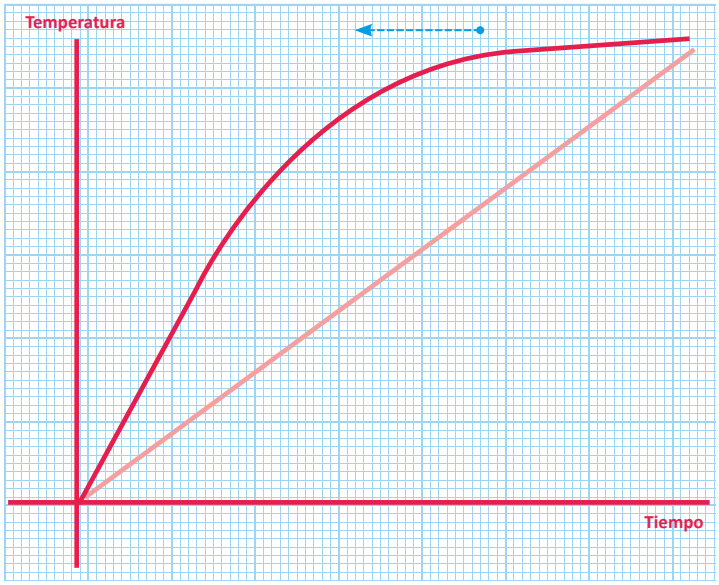
Grafica la tendencia de la reacción «temperatura versus tiempo»

- Los resultados se obtienen dependiendo de las condiciones en las que se efectúa el experimento; por tanto, los estudiantes podrían tener dos tipos de tendencia: la recta color naranja con pendiente positiva o la curva roja cóncava hacia abajo (ambas ascendentes).
- Pueden también graficar utilizando Google Sheets, herramienta en la cual se grafica de manera rápida de datos en hojas de cálculo. Los gráficos que se generan pueden ser de líneas, barras, dispersión y más.

Para ampliar las respuestas de los ejercicios, escanee el siguiente código:
https://bit.ly/C09GM310e

Cuaderno de Trabajo

23. Grafica la tendencia que sigue la reacción Temperatura vs. Tiempo:



p. 78

Comunicación

B. Práctica de Le Châtelier

a. Indica con flechas hacia dónde se desplaza el equilibrio en cada caso:

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2\,(g)} + O_{2(g)}$$

- Aumento de la concentración de $O_{2(g)}$: ←
- Disminución de la concentración de $H_2O_{(g)}$: ←
- Aumento del volumen del sistema: →
- Reducción de la temperatura del sistema: →
- Introducción de un catalizador: →

b. Indica hacia dónde se desplaza el equilibrio con cada cambio:

$$H_{2(g)} + 5CO_{2(g)} \rightleftharpoons 5CO_{(g)} + I_2O_{5(s)}$$

- Adición de I_2O_5: ←
- Reducción de la temperatura: ←

p. 81

Criterio de evaluación

Predice el desplazamiento de la reacción aplicando el principio de Le Châtelier.

Semana 11 Constante de equilibrio y su interpretación

Contenido

Constante de equilibrio y su interpretación
• Constante de equilibrio químico

Indicadores de logro

3.6. Representa la constante de equilibrio a partir de ecuaciones de reacción química.
3.7. Determina la constante de equilibrio químico de una reacción.



Preparaciones de la semana

A. Ejercita tu mente

- Forme parejas o equipos dependiendo del número de estudiantes asignados.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

Esta semana se enfocará principalmente en el desarrollo teórico. Sin embargo, en la etapa de Indagación, el objetivo es que el estudiantado comprenda la importancia de determinar la constante de equilibrio y cómo esta influye en la producción de numerosas sustancias que utilizamos en nuestra vida diaria.

Puede mostrar otros ejemplos, donde es importante el equilibrio químico. Aquí tienes algunas aplicaciones:

- Industria química: producción de amoníaco mediante el proceso Haber-Bosch. Obtención de ácido sulfúrico por el proceso de contacto.
- Fisiología humana: regulación del pH sanguíneo mediante el equilibrio ácido-base. Transporte de oxígeno por la hemoglobina en función del equilibrio entre O_2 y la proteína.
- Procesos ambientales: equilibrio del CO_2 en los océanos, afecta la acidificación. Formación y disolución de carbonatos en ecosistemas acuáticos.
- Industria farmacéutica: diseño de medicamentos optimizando el equilibrio entre formas ionizadas y no ionizadas para mejorar la absorción.

45 min

Indagación

Constante de equilibrio y su interpretación

El equilibrio químico tiene una gran importancia en la vida diaria, desde su participación en los procesos biológicos de los seres vivos hasta en la manufactura de productos que se emplean en el día a día.



Por ejemplo, su aplicación en la fabricación de perfumes, cuando se elabora un determinado aroma se busca que sea atractivo y compatible con los usuarios, definitivamente esto obedece a las reacciones químicas involucradas en la producción y las cantidades exactas de moléculas aromáticas, que deben encontrarse en equilibrio químico en el producto final, para que este sea efectivo y duradero en el tiempo.

Ante el ejemplo anterior, podemos decir que el equilibrio químico en el laboratorio o en la industria permite predecir las condiciones de presión, temperatura y concentración, para aumentar el rendimiento de una reacción química. Por tanto, recordemos que para hablar de equilibrio químico nos planteamos la siguiente ecuación general de un proceso reversible:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

Esta ecuación química indica que se tienen los reactivos A y B, los cuales, al combinarse forman los productos C y D, con sus respectivos coeficientes estequiométricos, es decir, a, b para los reactivos y c, d para los productos. Al iniciar la reacción, A y B se empiezan a consumir para formar C y D, después de un tiempo, cuando hay suficientes partículas de C y D estas también empiezan a interaccionar y vuelven a formar A y B, estableciendo así un ciclo de formación y consumo de productos y reactivos. Es en ese punto donde se alcanza el equilibrio químico. Aunque pensemos que este proceso ha parado, porque no observamos cambios macroscópicos, este sigue y por se dice que el equilibrio químico es dinámico. Por tanto, cuando se plantea esta ecuación de manera cinética, es decir, analizando la **velocidad de la reacción**, tenemos el siguiente planteamiento:

Notación...

El término velocidad de reacción (v) es utilizado para expresar el cambio en las concentraciones de los reactivos o productos con respecto al tiempo y se expresa en $mol/L/s$

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD \qquad v_d = k_d\,[A]^a[B]^b$$

Donde:
v_d y k_d son la velocidad y la constante de la reacción directa.

$$cC + dD \rightleftharpoons aA + bB \qquad v_i = k_i\,[C]^c\,[D]^d$$

Donde:
v_i y k_i son la velocidad y la constante de la reacción inversa.

82

Puede explicar un poco la deducción de las ecuaciones.
La constante de equilibrio (K_c) se deduce a partir de la expresión de la ley de acción de masas para una reacción reversible en equilibrio:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

Es importante proporcionar una explicación más detallada del gráfico, mostrando cómo los reactivos se consumen para formar productos y, a su vez, cómo los productos se consumen para formar reactivos hasta que se alcanza el equilibrio químico.

Cuando estas velocidades se igualan, es decir, la velocidad directa es igual a la velocidad inversa $v_d = v_i$ se ha alcanzado el equilibrio, puedes observarlo en el gráfico de la derecha.

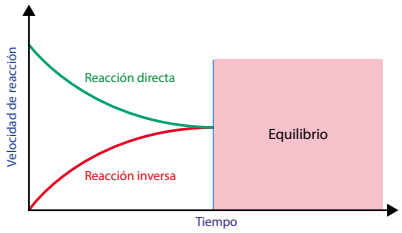
Al inicio, la velocidad directa es muy elevada pues las concentraciones de A y B son altas, pero a medida que transcurre el tiempo estos se consumen y la velocidad directa alcanza un valor constante como se observa en la curva de color verde.

Consecuentemente, al inicio la velocidad inversa es menor, pero a medida que se gastan los reactivos, la velocidad inversa aumenta hasta que se alcanza el equilibrio, en ese punto, ya no hay cambios netos y las dos velocidades son iguales.

$$v_d = v_i$$
$$k_d\,[A]^a[B]^b = k_i[C]^c[D]^d$$

Despejamos para ambas constantes y concentraciones:

$$\frac{K_d}{k_i} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$



Como k_d y k_i son constantes a una temperatura dada, su cociente también es una contante K_c denominada constante de equilibrio, que ya conoces.

$$\frac{k^d}{k_i} = K_c$$

Por tanto:

$$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

Con lo aprendido hasta el momento responde lo siguiente:

a. ¿En qué estado de agregación deben estar las especies A, B, C y D para considerarlas en la fórmula del equilibrio químico?

p. 44

Si ahora escribimos la reacción inversa, su constante de equilibrio se puede obtener así:

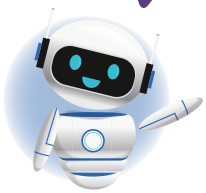
$$cC + dD \rightleftharpoons aA + bB$$

$$K_c' = \frac{[A]^a[B]^b}{[C]^c[D]^d} = \frac{1}{k_c}$$

La magnitud de K_c nos informa sobre la proporción de reactivos y productos en el equilibrio, así:

- Cuando $K_c > 1$, nos dice que la mayoría de los reactivos se ha convertido en productos.
- Cuando $K_c < 1$, indica que la mayoría de los reactivos quedan sin reaccionar, formándose solo pequeñas cantidades de productos.
- Cuando $K_c \to \infty$, indica que prácticamente solo existen los productos.

Los valores que se emplean para K_c están numéricamente relacionados con las concentraciones molares de las especies en el equilibrio. K_c se considera adimensional, es decir, no tiene unidades



Explique que el gráfico muestra cómo varían las velocidades de ambas reacciones hasta alcanzar el equilibrio.

- Inicio de la reacción: la velocidad de la reacción directa es alta porque hay muchos reactivos disponibles. La reacción inversa comienza con velocidad baja, ya que no hay productos suficientes al inicio.
- Aproximación al equilibrio: La velocidad de la reacción directa disminuye a medida que se consumen los reactivos. La velocidad de la reacción inversa aumenta a medida que se forman más productos.
- Equilibrio dinámico: las velocidades de las reacciones directa e inversa se igualan, aunque ambas siguen ocurriendo simultáneamente. En este punto, las concentraciones de reactivos y productos permanecen constantes.

El gráfico refleja cómo el equilibrio es dinámico, ya que las reacciones continúan, pero sin cambios netos en las concentraciones.

Creatividad

Es fundamental comprender el origen de las fórmulas químicas. Por ello, en esta etapa, se pretende brindar a los estudiantes la teoría y ejemplos que les permitan representar la constante de equilibrio a partir de ecuaciones de reacciones químicas.

- Recuerde que el estudio de la ecuación de estado del gas ideal se abordó en la *semana 6* del Libro de Texto de Ciencia y Tecnología de 9.º grado. Al final de esta página se presenta una breve deducción del concepto.
- Con el recurso de RA, se busca que el estudiantado comprenda lo importante que es tener el control de la constante de equilibrio para la manufactura de nuevos medicamentos. Por otra parte, se hace énfasis sobre el uso adecuado de los dispositivos móviles como herramientas para el aprendizaje.

90 min

Creatividad

Ahora ya conoces la expresión de la constante de equilibrio, esta es deducida en función de las concentraciones de las sustancias que participan en el equilibrio, pero para sistemas con sustancias gaseosas se puede expresar otra constante en función de las presiones, veamos cómo se calcula esa constante.

Fíjate que...

Si se trata de sistemas heterogéneos, en la K_p solo intervienen especies en estado gaseoso.

Notación...

K_p se considera adimensional, es decir, no tiene unidades. P_i representa a la presión parcial donde i puede ser cualquiera de los componentes gaseosos que participan en la reacción.

CONSTANTE DE EQUILIBRIO

La importancia de constante de equilibrio en la farmacología para facilitar reacciones eficaces en la producción de nuevos medicamentos.

La presión de un gas es proporcional al número de moles por litro, y a partir de la ecuación 2.3 se puede expresar así:

$$P = \frac{n}{V} RT$$

Con esta expresión se puede representar el cambio necesario para establecer el equilibrio en términos de las presiones parciales (P_i) de las sustancias gaseosas que intervienen en el equilibrio. A esta constante la reconocerás como K_p siempre y cuando en la reacción:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

Intervengan especies gaseosas. Obtenemos:

$$K_p = \frac{[P_c]^c[P_D]^d}{[P_A]^a[P_B]^b} \qquad 3.2$$

Debes saber que, K_c no es igual que K_p debido a que las presiones parciales de los reactivos y productos no son iguales a las concentraciones molares. Entonces, se puede deducir la relación entre K_c y K_p de la siguiente manera:

$$aA_{(g)} \rightleftharpoons bB_{(g)}$$

Donde a y b son los coeficientes estequiométricos, la constante de equilibrio viene dada por:

$$K_c = \frac{[B]^b}{[A]^a}$$

Y la expresión de la constante de equilibrio para gases (K_p) es:

$$K_p = \frac{[P_B]^b}{[P_A]^a}$$

Donde P_A y P_B; son las presiones parciales de A y B; para un comportamiento de gas ideal, podemos llegar a la deducción de la siguiente fórmula:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \qquad 3.3$$

Donde: $\Delta n = b - a$ (moles de producto – moles de reactivo)

84

La deducción de la ecuación de los gases ideales se hace combinando las leyes que describen el comportamiento de los gases ideales. Ley de Boyle: para un gas a T constante $P \propto \frac{1}{V}$, la P es inversamente proporcional al V. Ley de Charles: a P constante: $V \propto T$, el V es directamente proporcional a la T. Ley de Avogadro: a P y T constantes: $V \propto n$, el volumen es directamente proporcional al número de moles del gas.

A pesar de que los ejemplos estén resueltos, es crucial que se desarrollen para que los estudiantes comprendan cómo se analizan los enunciados de los problemas propuestos. Esto les permitirá aplicar un tratamiento matemático adecuado a los datos que se les proporcionan.

A. Aprende cómo se calcula la constante de equilibrio

Ejemplo 1. En un recipiente de un litro de capacidad, se somete a reacción el dióxido de azufre y oxígeno. Al alcanzarse el equilibrio se tienen 0.6 moles de trióxido de azufre, 0.2 moles de dióxido de azufre y 0.3 moles de oxígeno. Calcular la constante de equilibrio. Primero, debemos plantearnos la ecuación de la reacción:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$
$$[0.2] + [0.3] \leftrightarrow [0.6]$$

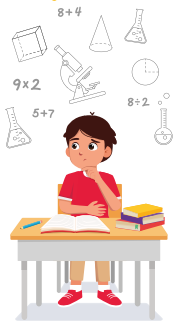
Luego, planteamos la fórmula de la constante de equilibrio:

$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$$

Finalmente, sustituimos los valores de concentración de las sustancias:

$$K_c = \frac{[0.6]^2}{[0.2]^2[0.3]}$$

$$K_c = \frac{[0.36]}{[0.04][0.3]} = 30$$



Ejemplo 2. Un recipiente de 400 mL de capacidad a 30 °C contiene una mezcla de 0.42 g de NO_2 y 1.8 g de N_2O_4. Calcular la constante de equilibrio. Primero, debemos plantearnos la ecuación de la reacción:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$
$$1.8\ g \rightleftharpoons 0.42\ g$$

Como en este caso nos están dando los gramos de reactivos y productos, primero se tendrá que determinar la concentración molar que viene dada en moles por litro; para ello, aplicamos la fórmula que ya conocemos y tenemos:

$$[N_2O_4] = \frac{g}{MM \times L}$$

$$[N_2O_4] = \frac{1.8\ g}{92\ \frac{g}{mol} \times 0.4\ L}$$

$$[N_2O_4] = 0.048\ \frac{mol}{L}$$

$$[NO_2] = \frac{g}{MM \times L}$$

$$[NO_2] = \frac{0.42\ g}{46\ g/mol \times 0.4\ L}$$

$$[NO_2] = 0.02\ mol/L$$

Expresando en notación científica:

$$K_c = 8.3 \times 10^{-3}$$

Planteamos la fórmula de la constante de equilibrio:

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$$K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.048]}$$

$$K_c = 0.0083$$

Unidad 3

Los problemas propuestos están desarrollados de manera resumida. Puede que sea necesario el desarrollo paso a paso. Por ejemplo:

1. Leer el enunciado e identificar qué datos están proporcionando.

Datos:

$V = 1$ L
$n_{SO_3} = 0.6$ mol
$n_{SO_2} = 0.2$ mol
$n_{O_2} = 0.3$ mol
$K_c = ?$

2. Elaborar la ecuación química que representa la reacción.
3. Identificar el estado de agregación de los reactivos y productos.
4. Plantear la fórmula de la constante de equilibrio.
5. Sustituir los valores y proceder a realizar el cálculo matemático con ayuda de calculadora.
6. Los pasos del uno al cinco se tratan de repetir para otros enunciados planteados de la misma manera.

Para el segundo ejemplo se siguen los siguientes pasos:

1. Leer el enunciado e identificar qué datos se están proporcionando.
2. Elaborar la ecuación química que representa la reacción.
3. Identificar el estado de agregación de los reactivos y productos.
4. Plantear la fórmula de la constante de equilibrio.
5. Convertir unidades y sustituir valores.

Comunicación

Durante esta etapa, los estudiantes aplicarán las diversas consideraciones teóricas en la práctica, para resolver eficazmente problemas relacionados con la determinación de la constante de equilibrio químico de una reacción.

- Oriéntelos sobre cómo introducir los datos de manera adecuada en sus calculadoras. Esto ayudará a evitar que obtengan una respuesta incorrecta debido a un error al ingresar los datos, a pesar de que el procedimiento esté correctamente desarrollado.
- Previamente forme parejas o equipos, dependiendo del número de estudiantes asignados, para el desarrollo de los ejercicios que se le proporcionan.
- Insista en que sigan los pasos recomendados para el desarrollo de los ejercicios.

90 min

Comunicación

También, se puede calcular la concentración de un reactivo o producto de una reacción química a partir de la constante de equilibrio.

Ejemplo 3. Si $K_c = 2.37 \times 10^{-3}$ a 726.85 °C para $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$, calcule la concentración de H_2 en un sistema en equilibrio que contiene una concentración de 0.683 M de N_2 y 1.05 M de NH_3.

Planteamos la constante de equilibrio:

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$2.37 \times 10^{-3} = \frac{[1.05]^2}{[0.683][H_2]^3}$$

Se despeja la concentración de hidrógeno:

$$[H_2]^3 = \frac{[1.05]^2}{[0.683] \times 2.37 \times 10^{-3}}$$

$$[H_2]^3 = \frac{1.1025}{1.61871 \times 10^{-3}}$$

$$[H_2] = \sqrt[3]{\frac{1.1025}{1.61871 \times 10^{-3}}}$$

$$[H_2] = 8.8 \frac{mol}{L}$$

Ejemplo 4. La constante de equilibrio K_p obtenida para la descomposición del pentacloruro de fósforo en tricloruro de fósforo y cloro molecular $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ es de 10.5 a una temperatura de 250 °C. Si las presiones parciales en el equilibrio de PCl_5 y PCl_3 son 0.875 atm y 0.463 atm, respectivamente. ¿Cuál es la presión parcial en el equilibrio de $Cl_{2(g)}$ a esta temperatura?

Primero, expresemos la K_p en términos de las presiones parciales de cada especie que interviene en la reacción:

$$K_p = \frac{[p_{PCl_3}]\,[p_{Cl_2}]}{[p_{PCl_5}]}$$

Luego, sustituimos los valores:

$$1.05 = \frac{[0.463]\,[p_{Cl_2}]}{[0.875]}$$

$$[p_{Cl_2}] = \frac{[1.05][0.875]}{[0.463]}$$

$$[p_{Cl_2}] = 1.98\ atm$$

Comuniquemos lo aprendido



B. Ejercita tu mente

En esta actividad ejercitarás cómo obtener la constante de equilibrio, concentraciones y presiones parciales de las especies que participan en una reacción química en equilibrio.

Procedimiento:

1. Sigue las indicaciones de tu docente.
2. Resuelve los ejercicios asignados.
3. Pasa al frente a explicar los resultados a los demás estudiantes de tu sección.

p. 44

86

Cada pareja o equipo debe resolver un ejercicio y dejar evidencia en su Cuaderno de Trabajo. Posteriormente, pueden exponerlo y explicarlo a la clase. Además, cada estudiante debe resolver todos los ejercicios por sí mismo y comparar su análisis y respuestas con lo que expongan.

a. Para la reacción:

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

A cierta temperatura, en un recipiente de 500 mL, se encuentran en equilibrio las sustancias $H_{2(g)} = 0.15$ moles, $Br_{2(g)} = 0.20$ moles y $HBr_{2(g)} = 0.10$ moles. Calcula la K_c a esa temperatura.

b. En un recipiente a 1000 K tenemos $NH_{3(g)}$, $N_{2(g)}$, $H_{2(g)}$ en equilibrio, al analizar el contenido en la muestra se tienen las concentraciones $NH_{3(g)} = 0.102 \frac{mol}{L}$, $N_{2(g)} = 1.03 \frac{mol}{L}$, $H_{2(g)} = 1.62 \frac{mol}{L}$. Calcula el valor de K_c para la reacción:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

c. La constante de equilibrio K_p es 1.8×10^{-5} a 350 °C para la reacción:

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

¿Cuál es el valor de K_c para esta reacción?

d. Considera los siguientes procesos en equilibrio a 700 °C:

$$2H_{2(g)} + S_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2S_{(g)}$$

p. 45

Un análisis muestra que hay 2.50 moles de H_2, 1.35×10^{-5} moles de S_2 y 8.70 moles de H_2S contenidos en un matraz de 12.0 L. Calcula la constante de equilibrio K_c de la reacción.

e. ¿Cuál es el valor de K_p a 1273 °C para la reacción?

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$

Si K_c es 2.24×10^{22} a la misma temperatura.

f. La constante de equilibrio K_c es 4.17×10^{-34} a 25 °C para la reacción:

$$2HCl_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$

¿Cuál es la constante de equilibrio para la reacción inversa a la misma temperatura?

Desarrolla los ejercicios.



Unidad 3

En los ejercicios planteados puede apoyar al estudiantado dando las siguientes pistas:

- Ejercicio *a*. Se plantea la ecuación de la constante de equilibrio y se sustituyen los datos.
- Ejercicio *b*. Las unidades de concentración se pasan a moles para posteriormente plantear la ecuación de la constante de equilibrio y sustituir datos.
- Ejercicio *c*. Este tiene cierto grado de dificultad, pues se obtiene primero la diferencia de moles para luego sustituir en la ecuación que relaciona la constante de equilibrio en términos de concentración (K_c) con la constante en términos de presión (K_p). De ahí se despeja K_c.
- Ejercicio *d*. Se obtienen los moles a partir de las concentraciones y luego se sustituye en la ecuación que relaciona la constante de equilibrio.

- Ejercicio *e*. Se obtiene la diferencia de moles, luego se convierten los grados Celsius a kelvin, para posteriormente sustituir en la ecuación que relaciona la K_c y K_p.
- Ejercicio *f*. Se plantea la ecuación química y los datos que proporcionan, luego se plantea la (K_c). Se escribe la ecuación química inversa con su respectiva (K_c) y se obtiene el resultado por el recíproco de dicha expresión.

Usted es libre de proponer otros ejercicios para que los desarrollen y los expongan en la clase.

- Ejercicio *g*. Se obtiene primero la diferencia de moles, luego se convierten los grados Celsius a kelvin, para posteriormente sustituir en la ecuación que relaciona la constante de equilibrio y la constante en términos de presión (K_p).
- Ejercicio *h*. Se obtiene primero la diferencia de moles, para posteriormente sustituir en la ecuación que relaciona la constante de equilibrio y la constante en términos de presión (K_p).
- Ejercicio *i*. Se plantea la constante de equilibrio en términos de presión y se sustituyen los datos.
- Ejercicio *j*. Se plantea la ecuación química, se identifican los estados de agregación de los reactivos y productos, luego se plantea la constante de equilibrio y se sustituye con los valores.

Explica los ejercicios resueltos.



g. Para la síntesis de amoniaco a partir de nitrógeno e hidrógeno:

p. 46

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$K_c = 9.60$ a 300 °C. Calcula K_p para la reacción a dicha temperatura.

h. Para el equilibrio:

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

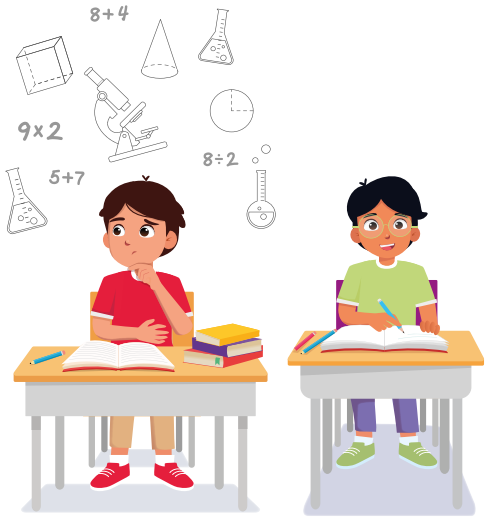
$K_c = 4.08 \times 10^{-3}$ a 1000 K. Calcula K_p para la reacción de dicha temperatura.

i. Se mezcla nitrógeno e hidrógeno en un recipiente hasta alcanzar el equilibrio a 472 °C. Luego, se toma una muestra de gases, los cuales presentan las siguientes presiones: 7.38 atm $H_{2(g)}$, 2.46 atm $N_{2(g)}$ y 0.166 atm $NH_{3(g)}$. A partir de esto calcula el K_p para la reacción:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

j. Una solución acuosa de ácido acético presenta las siguientes concentraciones en el equilibrio a 25 °C: $CH_3COOH = 1.62 \times 10^{-2}\ M$; $H^+ = 5.44 \times 10^{-4}\ M$ y $CH_3COO^- = 5.44 \times 10^{-4}\ M$. Calcula la K_c para la reacción:

$$CH_3COOH_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + CH_3COO^-_{(ac)}$$



Los ejercicios planteados en la etapa de *Comunicación* han sido diseñados para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos durante la etapa de *Creatividad*, esto con el objetivo de fijar el conocimiento y que puedan aplicarlo en situaciones cotidianas.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

Constante de equilibrio y su interpretación

a. ¿En qué estado de agregación deben estar las especies A, B, C y D para considerarlas en la fórmula de la constante de equilibrio químico?

Las especies A, B, C y D deben estar en estado de agregación gaseoso y solución o acuoso.

p. 83

Comunicación



B. Ejercita tu mente

a.

$$M = \frac{mol}{L}$$

$$M_{H_2} = \frac{0.15\ mol}{0.5\ L} = 0.3\ \frac{mol}{L}$$

$$M_{Br_2} = \frac{0.20\ mol}{0.5\ L} = 0.4\ \frac{mol}{L}$$

$$M_{HBr} = \frac{0.10\ mol}{0.5\ L} = 0.2\ \frac{mol}{L}$$

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][B_2]}$$

$$K_c = \frac{[0.2]^2}{[0.3][0.2]}$$

$$K_c = 0.66$$

b.

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$K_c = \frac{[0.102]^2}{[1.03][1.62]^3}$$

$$K_c = 2.38 \times 10^{-3}$$

c.

$\Delta n = n$ productos $- n$ reactivos

$\Delta n = (n_{so_3} + n_{o_2}) - (n_{so_2})$

$\Delta n = (2 + 1) - (2)$

$\Delta n = 1$

$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n}$

Despejamos para K_c

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$K_c = \frac{1.8 \times 10^{-5}}{(0.082 \times 623)}$$

$$K_c = 3.52 \times 10^{-7}$$

Criterios de evaluación

- Determina la constante de equilibrio químico de una reacción.
- Formula correctamente la expresión de K_c o K_p, según la reacción química dada.

Permita que los estudiantes desarrollen los ejercicios, puede darles pistas o recordatorios de como resolverlos, si es necesario al final de la actividad puede mostrar las resoluciones de los ejercicios.

Criterios de evaluación

- Convierte los datos a las unidades consistentes cuando es necesario, para la resolución de los ejercicios.
- Demuestra precisión y organización en el proceso de resolución de los ejercicios.
- Propone estrategias para abordar problemas de cálculo si se presentan dificultades.

Cuaderno de Trabajo



d.

$$M = \frac{mol}{L}$$

$$M_{H_2} = \frac{2.5\ mol}{12\ L} = 0.21\ \frac{mol}{L}$$

$$M_{S_2} = \frac{1.35 \times 10^{-5}\ mol}{12\ L}$$

$$M_{S_2} = 1.125 \times 10^{-6}\ \frac{mol}{L}$$

$$M_{H_2S} = \frac{8.7\ mol}{12\ L} = 0.73\ \frac{mol}{L}$$

$$K_c = \frac{[H_2S]^2}{[H_2]^2\,[S_2]}$$

$$K_c = \frac{[0.73]^2}{[0.21][1.125 \times 10^{-6}]}$$

$$K_c = 11.84 \times 10^6$$

e.

$$\Delta n = (n_{CO_2}) - (n_{O_2} + n_{CO})$$
$$\Delta n = (2) - (2 + 1)$$
$$\Delta n = -1$$
$$\mathrm{T} = 273\ \mathrm{K} + {}^{\circ}\mathrm{C}$$
$$\mathrm{T} = 273\ \mathrm{K} + 1\,273$$
$$\mathrm{T} = 1\,546\ \mathrm{K}$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$
$$K_p = 2.24 \times 10^{22}\,(0.0821 \times 1\,546)^{-1}$$
$$K_p = 1.76 \times 10^{20}$$

f.

$$2HCl_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$

$$4.17 \times 10^{-34} = \frac{[H_2][Cl_2]}{[HCl]^2}\ 3.1$$

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$$

$$K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]}\quad 3.2$$

La K_c de la expresión 3.2 será simplemente el recíproco de la expresión de la constante 3.1.

$$K_c = \frac{1}{4.17 \times 10^{-34}}$$

$$K_c = 2.4 \times 10^{33}$$

Recuerde a sus estudiantes que para determinar la constante de equilibrio K_p solo se consideran las sustancias en fase gaseosa

Cuaderno de Trabajo

Explica los ejercicios resueltos.



g.

$\Delta n = 2 - 4 = -2$

$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n}$

$K_p = 9.6\,(0.0821 \times 573)^{-2}$

$K_p = 4.34 \times 10^{-3}$

h.

$\Delta n = 3 - 2 = -1$

$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

$K_p = 4.08 \times 10^{-3}\,(0.0821 \times 1\,000)^{-2}$

$K_p = 0.335$

i.

$$K_p = \frac{[p_{NH_3}]^2}{[p_{N_2}][p_{H_2}]}$$

$$K_p = \frac{[0.166]^2}{[2.46][7.38]^3}$$

$K_p = 2.79 \times 10^{-5}$

j.

$CH_3COOH_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + CH_3COO^-_{(ac)}$

$$K_c = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$K_c = \frac{[5.44 \times 10^{-4}][5.44 \times 10^{-4}]}{[1.65 \times 10^{-2}]}$$

$K_c = 1.79 \times 10^{-5}$

p. 89

Criterios de evaluación

- Identifica las condiciones en las que se utiliza cada constante.
- Participa activamente en discusiones o esfuerzos colaborativos para resolver los ejercicios.

Semana 12 Sustancias ácidas y amargas

Contenido

Equilibrio ácido base
- Concepto de ácido y base
- Teorías de Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis

Indicadores de logro

3.8. Distingue, por sus características, entre sustancias ácidas y básicas.
3.9. Identifica ácidos y bases según las teorías de Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis.



Preparaciones de la semana

B. Líquidos que conducen la electricidad

- Provea o solicite a los estudiantes los siguientes materiales: portabatería AA, 2 baterías AA, resistencia eléctrica de 120 Ω, 4 cables, cinta aislante, diodo emisor de luz (LED), 5 vasos desechables, agua destilada, vinagre (ácido acético), soda cáustica (Hidróxido de sodio), ácido muriático (ácido clorhídrico), anilina, bicarbonato de sodio.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

164

Indagación

En esta etapa es fundamental que el estudiantado comprenda que los ácidos y las bases poseen propiedades organolépticas distintivas. A menudo, podemos identificar sustancias de uso cotidiano utilizando nuestros sentidos, pero es importante tener en cuenta que no todas las sustancias son seguras para ingerir. El estudiantado debe reflexionar sobre cómo distinguir un ácido de una base, para reconocer los ácidos y las bases que utiliza en su entorno diario.

Indagación

Sustancias ácidas y amargas

45 min

Es sorprendente saber que en lugares tan comunes como en la cocina puedes encontrar diversas sustancias químicas. Muchas de ellas son ingeridas, por lo que es probable que hayas notado que algunas tienen un sabor agrio o ácido, mientras que otras poseen un sabor amargo. Esto se debe a que algunas sustancias son ácidas, mientas que otras son básicas o alcalinas, pero ¿cómo sabemos cuál es cuál y cómo podemos distinguirlas?



Por ejemplo, cuando muerdes un limón es casi imposible no hacer caras graciosas al sentir ese sabor agrio o ácido, aunque de alguna manera resulte agradable. Del mismo modo, cuando te enfermas, es posible que alguna medicina te parezca amarga; sin embargo, la ingieres porque sabes que te hará sentir mejor.

A. Clasifica sustancias

En esta actividad clasificarás según tu criterio si las sustancias que usas en la cotidianidad son ácidas, básicas o neutras.

Procedimiento:

1. Clasifica las sustancias como ácidas, básicas o neutras, colocando una equis (X) en la casilla. P. 47
2. Responde las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué es una sustancia ácida?
   b. ¿Qué es una sustancia básica?
   c. ¿Cómo podrías diferenciar un ácido de una base sin probarlas?







Unidad 3

Semana 12 89

Puede mostrar otras sustancias acidas, básicas o neutras de uso cotidiano, diferentes a las que se les proporcionan en el Cuaderno de Trabajo en la *actividad A*, como ejemplo previo de cómo desarrollarán dicha actividad, teniendo cuidado de no indicarles si su respuesta está correcta o no.
Ejemplo de sustancias acidas: aspirina, yogurt.
Ejemplo de sustancias básicas: antiácido, detergente.

Con la lectura siguiente, sus estudiantes comprenderán las propiedades generales de los ácidos y bases. Esto ayudará a que verifiquen si la clasificación que realizaron de las sustancias en la *actividad A* es correcta o no.













En tu entorno puedes encontrar sustancias ácidas, entre ellas, algunos alimentos, por ejemplo, los jugos de frutas cítricas como el limón y la naranja, que contienen ácido cítrico. Algunos medicamentos contienen ácido ascórbico, que es la vitamina C, el sabor agrio del yogur es debido al ácido láctico, el vinagre contiene ácido acético, y así podríamos listar otros ejemplos, todos los ácidos tienen sabor agrio, pero hay ácidos que son más fuertes que otros, en concordancia con el pH que poseen. Debes tener cuidado, ya que los ácidos con pH bajo son corrosivos; entre ellos, podemos mencionar al ácido clorhídrico (HCl) conocido como ácido muriático, al ácido sulfúrico (H_2SO_4) que se emplea principalmente para la fabricación de fertilizantes, al ácido nítrico (HNO_3) que tiene varias aplicaciones a nivel industrial, entre otros.

Por otro lado, si hablamos de bases podemos mencionar algunos alimentos de sabor amargo como las berenjenas o el brócoli, que contienen sustancias básicas llamadas **alcaloides**, y además, algunos productos de limpieza que en general son utilizados para quitar la suciedad de diferentes superficies. Otros productos básicos son los antiácidos que alivian los malestares estomacales. Las sustancias básicas producen una sensación resbalosa al tacto, así como la de los jabones, sin embargo, al igual que en los ácidos, hay algunas bases con pH muy alto que pueden ser muy peligrosas, pues también son corrosivas. Algunos ejemplos conocidos son el hidróxido de sodio $(NaOH)$ conocido como soda cáustica que es muy utilizado para destapar cañerías, el hidróxido de potasio (KOH) que se emplea para la misma aplicación, pero en menor proporción y el hidróxido de litio $(LiOH)$ que se emplea en aplicaciones industriales.

Entre las características de los ácidos y bases, podemos mencionar:

Características de los ácidos

- Poseen sabor agrio o ácido.
- Reaccionan con algunos metales, por ejemplo, el hierro, en esta reacción se libera gas hidrógeno.
- Reaccionan con bases de manera exotérmica, produciendo agua y sal.
- En disolución acuosa, conducen la electricidad.
- Pueden destruir tejidos orgánicos.
- Son altamente solubles en agua.
- Pueden provocar cambios de color en algunas sustancias conocidas como indicadores.

Características de las bases

- Poseen un sabor amargo y tienen una textura jabonosa al tacto, como el cloro o la lejía, por ejemplo.
- No reaccionan con metales.
- Reaccionan con ácidos de manera exotérmica, produciendo agua y sal.
- En disolución, conducen corriente eléctrica.
- Pueden provocar cambios de color en algunas sustancias conocidas como indicadores.

Si surgen dudas de parte de los estudiantes con respecto a alguna propiedad en específico, puede apoyarse en el Fundamento teórico.

Creatividad

En esta etapa el estudiante comprobará la teoría de Arrhenius realizando un experimento donde evidenciará la conducción eléctrica de las sustancias y, dependiendo de la intensidad lumínica que obtenga, podrá caracterizar dichas sustancias como electrólitos fuertes, débiles y no electrólitos. Asimismo, podrá clasificar los ácidos y bases en fuertes y débiles.

Como puedes observar, existe una gran cantidad de sustancias ácidas y básicas que presentan diferentes fuerzas de acidez y basicidad. Como seguramente ya has analizado, las sustancias ácidas o básicas corrosivas son las que poseen una mayor fuerza y esto está relacionado con su capacidad para separarse en iones cuando se encuentran en un medio acuoso. Estas sustancias han sido muy estudiadas y se han establecido teorías para explicar su comportamiento.

La primera que estudiaremos es la **teoría de Arrhenius**, desarrollada para explicar la disociación electrolítica y la conducción de la electricidad en pilas eléctricas. Arrhenius caracterizó las sustancias como **electrolitos fuertes**, **débiles** y **no electrolitos**. Cuando una sustancia se separa por completo en iones, estos se clasifican como electrolitos fuertes; si solo una parte de los iones se separan, se les denomina electrolitos débiles; y si la sustancia no se separa en iones, se clasifica como no electrolito.

B. Líquidos que conducen la electricidad

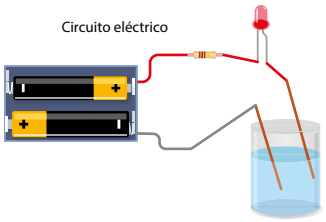
Con este experimento comprobarás la teoría de Arrhenius; para ello, necesitarás los siguientes materiales.

Materiales:

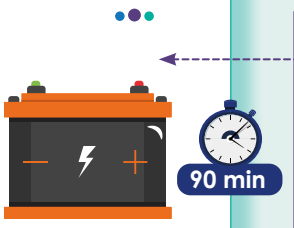
- Hidróxido de sodio (soda cáustica)
- Ácido clorhídrico (ácido muriático)
- 1 resistencia eléctrica de $120\ \Omega$
- Diodo emisor de luz (LED)
- Ácido acético (vinagre)
- Bicarbonato de sodio
- 6 vasos desechables
- Agua destilada
- Porta batería AA
- 2 baterías de $4.5\ V$
- Cinta aislante
- 4 cables
- Anilina

Procedimiento:

1. Arma el circuito eléctrico como en la imagen.



2. Etiqueta cada vaso con los reactivos a utilizar: agua, ácido acético, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, anilina y bicarbonato de sodio.
3. En los vasos de ácido acético, ácido clorhídrico y anilina, agrega $10\ mL$ de cada uno de estos reactivos líquidos y diluye a $50\ mL$ con agua destilada.
4. En el vaso de agua agrega $50\ mL$ de agua destilada, que servirá para limpiar los cables.



Recuerda siempre utilizar gafas, guantes y gabacha cuando trabajes con sustancias irritantes como ácidos y bases fuertes.



Variante

Si usted no cuenta con los materiales necesarios para hacer el experimento, puede auxiliarse del simulador:
https://bit.ly/C09GM312a

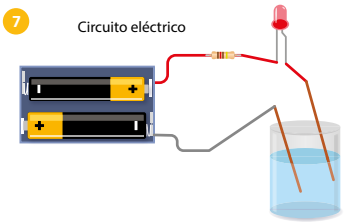
También puede apoyarse del tutorial siguiente:
https://bit.ly/C09GM312b

O mostrar el siguiente video.
https://bit.ly/C09GM312c

En la lectura posterior al experimento se explica la teoría de Arrhenius. A partir de ella, es importante que se analicen los resultados que se obtuvieron en el experimento y solventar dudas que aún tengan los estudiantes.

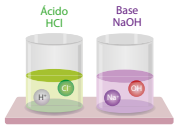
Puede explicar que, cuando el bicarbonato de sodio se disuelve en agua, reacciona de esta manera:
$NaHCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Na^+_{(ac)} + HCO^-{}_{3(ac)}$ se disocia en un ion sodio (Na^+) y un ion bicarbonato (HCO_3^-). Si bien el ion bicarbonato no libera directamente iones hidróxido (OH^-), puede actuar como una base débil al aceptar un protón (H^+) del agua, formando ácido carbónico (H_2CO_3):
$HCO^-{}_{3(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_2CO_{3(ac)} + OH^-{}_{(ac)}$
Aunque esta última reacción es reversible y no ocurre en gran medida, la presencia de iones hidróxido (OH^-), aunque sea en pequeñas cantidades, es suficiente para clasificar al bicarbonato de sodio como una sal básica. Entonces, ¿por qué a veces se habla del bicarbonato como si tuviera propiedades ácidas?
El bicarbonato puede reaccionar con ácidos fuertes para neutralizarlos, liberando dióxido de carbono (CO_2). Esta propiedad hace que se utilice en muchos productos de limpieza y como antiácido.

7 Circuito eléctrico



5. En el vaso de hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio, coloca 2 hojuelas y 1 cucharadita, respectivamente, y disuelve con $50\ mL$ de agua destilada.
6. Ordena las muestras de la siguiente manera: ácido acético, ácido clorhídrico, anilina, hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio.
7. Introduce los cables en cada una de las soluciones, limpiándolos cuando pases de un vaso al otro. Luego, realiza lo siguiente:

a. Completa las tablas colocando una equis (X) de acuerdo con la intensidad de luz del LED con las diferentes sustancias. P. 48
b. Disocia cada sustancia en sus iones y con ayuda del literal a. trata de determinar qué tipo de electrolito es.



Arrhenius usó su teoría de disociación electrolítica para desarrollar un modelo de ácidos y bases, este modelo define a:

- Un ácido como una sustancia que en solución libera iones H^+

$$HCl_{(ac)} \rightarrow H^+_{(ac)} + Cl^-_{(ac)}$$

- Una base como aquella sustancia que en solución libera iones OH^-.

$$NaOH_{(ac)} \rightarrow Na^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$$

De acuerdo con la teoría de Arrhenius todos los ácidos y bases deben ser **electrolitos**, es decir, que en solución deben conducir la electricidad. Arrhenius dedujo que existen ácidos y bases fuertes y débiles. En el experimento, pudimos observar que los ácidos fuertes conducen mejor la corriente eléctrica que los débiles, lo mismo sucede con las bases fuertes.

La teoría de Arrhenius nos permite establecer las propiedades acidas o básicas de muchas sustancias. Sin embargo, posee dos limitaciones, en primer lugar, reduce el concepto de ácido a especies químicas que contienen H^+ y el de base a las especies que contienen iones OH^-. Por ejemplo, Arrhenius clasificó el bicarbonato de sodio como ácido, sin embargo, este posee propiedades básicas. Arrhenius analizó que la disociación del bicarbonato de sodio se desarrolla en dos partes:

$$NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO^-_3$$

$$HCO^-_3 \rightarrow H^+ + CO^{-2}_3$$

A pesar de que hay iones H^+ libres, el bicarbonato de sodio reacciona con ácidos comportándose como una base. La segunda limitación, es que solo se refiere a soluciones acuosas, cuando en realidad existen reacciones ácido-base que tienen lugar en ausencia de agua.

- Ya que el bicarbonato de sodio se comporta como una base débil, sus soluciones acuosas suelen tener un pH ligeramente alcalino (superior a 7), pero no muy alto. Esto se debe a la reacción de equilibrio mencionada anteriormente.
- El ion bicarbonato presenta propiedades tanto ácidas como básicas, lo que lo convierte en una sustancia **anfótera**.

Un compuesto anfótero es aquel que puede actuar tanto como ácido o como base, dependiendo de las condiciones de la reacción. El ion bicarbonato (HCO_3^-) es un buen ejemplo de esto, ya que puede tanto donar un protón (H^+) como aceptar uno.

Para explicar esta discrepancia de la teoría de Arrhenius, surgen otros estudios de los científicos Brönsted-Lowry quienes desarrollaron una nueva teoría, la **teoría de Brönsted-Lowry,** que propone clasificar a los ácidos de forma similar a Arrhenius.

- Un ácido como una sustancia que en solución dona iones H^+.
- Una base como una sustancia capaz de aceptar iones H^+.

Un factor que debes tener claro es que, en solución acuosa, los iones H^+ reaccionan inmediatamente con las moléculas de agua para formar iones **hidronio**, (H_3O^+). Por tanto, la teoría de Brönsted-Lowry contempla la presencia de hidrógeno en el ácido, pero ya no se necesita un medio acuoso. Por tanto, al analizar la disociación del bicarbonato de sodio esta conserva la primera reacción:

$$NaHCO_3 \rightarrow Na^+ + HCO_3^-$$

Pero para la segunda reacción, plantearon que el carbonato ácido al combinarse con el agua aceptaba un protón H^+ lo que dejaba libres iones OH^- en la disolución, explicando así las propiedades básicas del bicarbonato de sodio.

$$HCO_3^- + H_2O \rightarrow OH^- + H_2CO_3$$

En una reacción ácido-base o reacción de neutralización, un ácido y una base de Arrhenius reaccionan generalmente para formar agua y una sal.

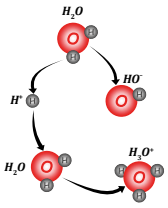
$$HCl_{(ac)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NaCl_{(ac)}$$

Lo anterior ayuda a entender, por qué un ácido fuerte desplaza a otro débil (lo mismo ocurre entre una base fuerte y otra débil). Las reacciones ácido-base se analizan como una competición por los protones, y se expresan en forma de ecuación química. Observa la siguiente ecuación:

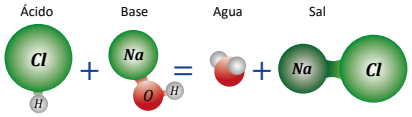
HCl	+	H_2O	⇌	H_3O^+	Cl^-
Ácido (1)		Base (1)	⇌	Ácido conjugado	Base conjugada
Ácido fuerte		Base débil	⇌	Ácido fuerte	Ácido débil

Este planteamiento quiere decir que, al perder el protón, el Ácido (1) se convierte en su base conjugada. Al ganar el protón, la Base (1) se convierte en su ácido conjugado. La ecuación descrita constituye un equilibrio que puede desplazarse a derecha o izquierda. El HCl es un ácido fuerte en agua porque transfiere fácilmente un protón al agua formando un ion hidronio (H_3O^+); por tanto, cuanto más fuerte es el ácido frente a otra especie química, más débil es su base conjugada.

Disociación del agua



Reacción ácido-base



Unidad 3

Semana 12 93

Puede ampliar la explicación sobre la teoría de Brönsted-Lowry que nos ofrece una visión más amplia de los ácidos y las bases, yendo más allá de la simple disociación en agua, como lo plantea Arrhenius. Para comprenderlo mejor, veamos otro ejemplo de compuesto que sigue esta teoría.
Reacción entre amoníaco (NH_3) y agua (H_2O):
NH_3 (base) + H_2O (ácido) ↔ NH_4^+ (ácido conjugado) + OH^- (base conjugada)
En esta reacción, el amoníaco acepta un protón del agua, convirtiéndose en el ion amonio (NH_4^+). El agua, al donar el protón, se convierte en el ion hidróxido (OH^-).

Para comprender las teorías de Arrhenius y de Brönsted-Lowry puede apoyarse en el siguiente video.
Enlace: https://bit.ly/C09GM312d

Comunicación

Las teorías ácido-base permiten identificar ácido y bases en distintas condiciones; algunas tienen limitantes, pero se complementan entre ellas. La teoría de Arrhenius solo se aplica en un medio acuoso; la de Brönsted-Lowry se puede aplicar en otros medios, mientras que la de Lewis es más amplia, ya que se basa en aceptar o donar un par de electrones. En esta etapa el estudiante desarrollará algunos ejercicios donde tendrá que identificar ácidos y bases aplicando las tres teorías propuestas.

Con el recurso RA, se busca que el estudiantado explore el comportamiento que tiene la disociación electrolítica, cómo está ligada a la conducción de la electricidad de los ácidos y bases, y cómo a través de esto se pueden clasificar en fuertes y débiles. Asimismo, se hace énfasis sobre el uso adecuado de los dispositivos móviles como herramientas para el aprendizaje.

- Puede hacer equipos y que pasen a exponer cómo analizaron cada ejercicio para resolverlo.
- Es importante que usted cree un espacio en el cual los estudiantes expresen sus opiniones y formas de análisis sin ser juzgados.
- Si los resultados expuestos no son lo que se espera, busque que entre todos propongan una respuesta.

90 min

SOLUCIONES ÁCIDO-BASE

Existen similitudes y diferencias entre los ácidos y bases fuertes y débiles son notables en términos de sus propiedades y comportamiento químico.

Comunicación

El químico estadounidense Lewis definió el comportamiento de los ácidos y de las bases, estableciendo la **teoría de Lewis** que sugiere lo siguiente:

- Una base es una especie que puede donar un par de electrones.
- Un ácido es una especie que puede aceptar un par de electrones.

En esta teoría, el ácido debe tener su octeto de electrones incompleto y la base debe tener algún par de electrones solitarios.

C. ¿Qué teoría es?

En esta actividad identificarás ácidos y bases según las teorías de Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis. Primero, analiza algunos ejemplos para la identificación de ácidos y bases con cada teoría.

Ejemplo 1. Identificación de ácidos o bases con la teoría de Arrhenius y la de Bronsted-Lowry.

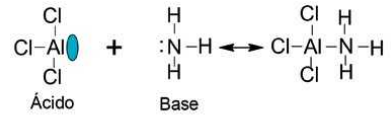
$$HI_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + I^-_{(ac)}$$

Arrhenius: HI es un ácido, porque aumenta la $[H^+]$ en solución.

Bronsted-Lowry:

$HI_{(ac)}$	+	$H_2O_{(l)}$	$\rightleftharpoons$	$H_3O^+_{(ac)}$	+	$I^-_{(ac)}$
Ácido 1		**Base 2**		**Ácido conjugado**		**Base conjugada**

Ejemplo 2. Identificación ácidos o bases con la teoría de Lewis.



Ya que has analizado los ejemplos, resuelve los ejercicios: P. 49

1. Escribe la ecuación de disociación según la teoría de Arrhenius e identifica las siguientes sustancias como ácidos o bases.

   a. HI b. $Al(OH)_3$
   c. H_2S d. $Zn(OH)_2$
   e. HNO_3 f. $NaOH$

2. De las siguientes reacciones, identifica si es un ácido-base de Bronsted-Lowry y sus pares ácido-base conjugados.

   g. $HNO_{3\,(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + NO^-_{3(ac)}$
   h. $LiOH_{(ac)} + HBr_{(ac)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + LiBr_{(ac)}$
   i. $HF_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + F^-_{(ac)}$
   j. $CH_3COOH_{(ac)} + NH_{3(ac)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(ac)} + NH^+_{4(ac)}$

3. Identifica los pares ácido-base según la teoría de Lewis.

   k. $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
   l. $FeCl_3 + Cl^- \rightleftharpoons FeCl_4$

94

Para la adecuada resolución de la *actividad A*, en esta etapa de Indagación, es indispensable que usted permita que sus estudiantes asuman el protagonismo de la clase, que exploren por sí mismos, opinen y puedan equivocarse.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

Sustancias ácidas y amargas

A. Clasifica sustancias

1. Clasifica las sustancias como ácidas, básicas o neutras, colocando una equis (X) en la casilla:

Sustancia	Ácido	Neutro	Base
Mango tierno	X		
Acetona	X		
Café	X		
Vinagre	X		
Bicarbonato			X
Jugo de limón	X		
Lejía			X
Agua		X	
Jabón			X
Vitamina C	X		
Bebida carbonatada	X		
Leche		X	
Crema de afeitar			X
Pasta de dientes	X		
Tomate	X		
Clara de huevo		X	
Orina	X		

a. ¿Qué es una sustancia ácida?
Un ácido es aquella sustancia química capaz de ceder protones (H^+) a otra sustancia química.

b. ¿Qué es una sustancia básica?
Una base es aquella sustancia química capaz de captar protones (H^+) de otra sustancia química.

c. ¿Cómo podrías diferenciar un ácido de una base sin probarlas?
Como no todas las sustancias se pueden probar directamente, se utilizan sustancias conocidas como indicadores para medir sus propiedades. Estos indicadores cambian de color dependiendo de si el medio es ácido o básico. Existen naturales y sintéticos.

p. 90

Unidad 3

Brinde una breve introducción a la actividad, dando ejemplos de sustancias utilizadas en vida cotidiana.

- Estas son preguntas que el estudiante debe responder desde su conocimiento previo.
- Es fundamental respetar sus respuestas y opiniones, ya que, a lo largo de la semana, él mismo descubrirá si su respuesta es acertada o no.

Los resultados obtenidos en está actividad permiten reconocer si una sustancia se disocia en iones o no, la intensidad de la luz permite identificar si la disociación es parcial o completa, con los resultados obtenidos es posible plantear las reacciones de disociación.

Criterios de evaluación

- Identifica la intensidad de la luz clasificándola en alta, media y baja.
- Clasifica el tipo de electrolito entre débil y fuerte.
- Escribe de manera correcta las ecuaciones de disociación de los compuestos que aparecen en el cuadro.

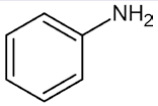
Cuaderno de Trabajo

Creatividad

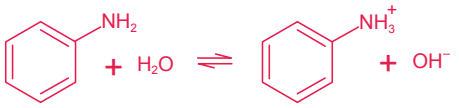
B. Líquidos que conducen la electricidad

a. Completa las tablas:

Sustancia	Intensidad de luz		
	Alta	Media	Baja
Ácido acético (CH_3COOH)			
Ácido clorhídrico (HCl)			

Sustancia	Intensidad de luz		
	Alta	Media	Baja
 Anilina			
Hidróxido de sodio ($NaOH$)			
Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)			

b. Disocia cada sustancia en sus iones y con ayuda del ***literal a***. trata de determinar qué tipo de electrolito es:

Sustancia	Disociación	Tipo de electrolito
Ácido acético	$CH_3COOH_{(ac)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(ac)} + H^+_{(ac)}$	Débil
Ácido clorhídrico	$HCl_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + Cl^-_{(ac)}$	Fuerte
Anilina		Débil
Hidróxido de sodio	$NaOH_{(s)} \rightleftharpoons Na^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$	Fuerte
Bicarbonato de sodio	$NaHCO_{3(s)} \rightleftharpoons Na^+_{(ac)} + HCO^-_{3(ac)}$ $HCO^-_{3(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons OH^-_{(ac)} + H_2CO_{3(ac)}$	Débil

p. 92

48

El desarrollo de los ejercicios de está actividad permite comprender cada una de las teorías ácido base a través de la aplicación, esto con el objetivo de que el contenido quede fijado.

Cuaderno de Trabajo

Comunicación

C. ¿Qué teoría es?

1. Escribe la ecuación de disociación según la teoría de Arrhenius e identifica los ácidos y las bases:

a. HI	$HI \rightleftharpoons H^+ + I^-$	Ácido
b. $Al(OH)_3$	$Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{+3} + OH^-$	Base
c. H_2S	$H_2S \rightleftharpoons H^+ + S^{-2}$	Ácido
d. $Zn(OH)_2$	$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + OH^-$	Base
e. HNO_3	$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$	Ácido
f. $NaOH$	$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$	Base

2. Para las siguientes ecuaciones, identifica el ácido y la base de Brönsted-Lowry y sus pares ácido-base conjugados:

g. $HNO_{3(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + NO^-_{3(ac)}$
Ácido 1 — Base 1 — Ácido conjugado — Base conjugada

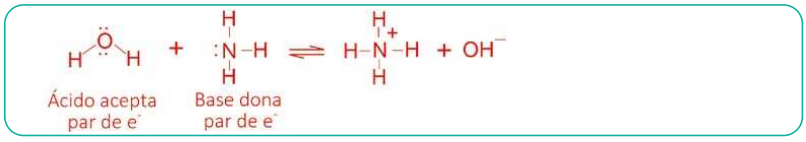
h. $LiOH_{(ac)} + HBr_{(ac)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + LiBr_{(ac)}$
Base 1 — Ácido 1 — Ácido conjugado — Base conjugada

i. $HF_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + F^-_{(ac)}$
Ácido 1 — Base 1 — Ácido conjugado — Base conjugada

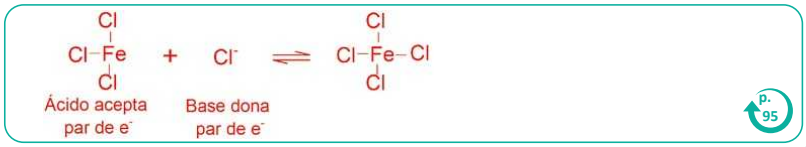
j. $CH_3COOH_{(ac)} + NH_{3(ac)} \rightleftharpoons CH_3COO^+_{(ac)} + NH^+_{4(ac)}$
Ácido 1 — Base 1 — Ácido conjugado — Base conjugada

3. Identifica los pares ácido-base según la teoría de Lewis:

k. $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$



l. $FeCl_3 + Cl^- \rightleftharpoons FeCl_4$



p. 95

Unidad 3

Semana 12 — 49

Criterios de evaluación

- Escribe de manera correcta las ecuaciones de disociación según la teoría de Arrhenius.
- Identifica ácidos y bases según la teoría de Arrhenius.
- Identifica el ácido y la base de Brönsted-Lowry y sus pares conjugados.
- Escribe correctamente las ecuaciones para identificar los pares ácido-base según la teoría de Lewis.

Semana 13 Potencial de hidrógeno

Contenido

Equilibrio ácido base
- Disociación del agua y escala de pH.

Indicadores de logro

3.10. Extrae un indicador natural para la identificación cualitativa de ácidos y bases.
3.11. Calcula el valor del pH de una solución.
3.12. Clasificación de soluciones en neutras, ácidas y básicas.



Preparaciones de la semana

B. Arcoíris de repollo morado

- Puede proveer o solicitar al estudiantado los siguientes materiales: una mitad de repollo morado picado, olla, sistema de calentamiento, 2 litros de agua destilada, botella limpia de 2 litros, embudo, balón volumétrico de 50 ml, cuchara desechable, papel filtro, gotero o jeringa de 5 y 10 ml, 14 vasos desechables transparentes, hidróxido de sodio (soda caustica), ácido clorhídrico (ácido muriático), 10 ml de agua azucarada, 10 ml de fresco de limón, 10 ml de agua con jabón, guantes.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

174

Indagación

En esta etapa se busca que el estudiantado formule preguntas como ¿qué es el pH? y ¿qué significan estas dos letras? Esto es relevante porque el término se utiliza con frecuencia en el área cosmética y en muchos anuncios comerciales. Para encontrar las respuestas a estas preguntas, iniciamos con el análisis del fenómeno de autoionización del agua.

45 min

Indagación

Potencial de hidrógeno

En la televisión, radio o red social se presentan anuncios de cosméticos que muestran cómo ayudan a mejorar la apariencia de tu piel, algunos dicen que contienen humectantes y un pH balanceado o neutro. Pero ¿qué es el pH y a qué se refieren cuando dicen «nuestro producto cuenta con un pH neutro»?



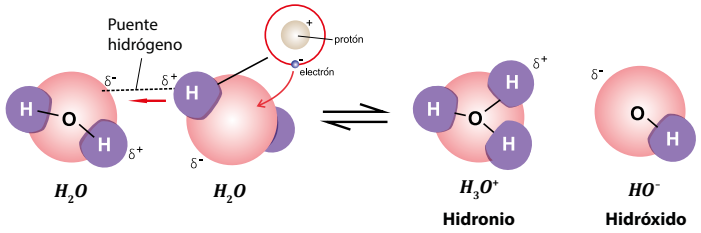
Para contestar estas interrogantes, debes conocer la importancia del agua en la definición del pH, ya que el agua es mejor conocida como el solvente universal. Esto se debe a su capacidad para actuar como un aceptor o como un donador de protones.

- Cuando el agua se enfrenta con una sustancia ácida actúa como base.
- Si se encuentra con una sustancia básica, actuará como un ácido.

Esta capacidad dual es la que permite que en el agua se dé un proceso conocido como autoionización; el cual, se representa en la siguiente ecuación:

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons OH^- + H_3O^+$$

Autoionización del agua



Cuando dos moléculas de agua reaccionan entre sí, se forma el ion hidronio (H_3O^+), pero por practicidad este se representa con H^+. Ahora, resuelve lo siguiente:

a. Escribe la ecuación de la disociación del agua usando H^+.

La reacción de disociación del agua es un equilibrio, por tanto, tiene asociada una constante de equilibrio. P. 50

b. Expresa dicha constante de equilibrio.



Explique detalladamente la autoionización del agua si es que no hay claridad por parte de los estudiantes.

La autoionización del agua es el proceso por el cual las moléculas de agua se disocian espontáneamente en iones. En este proceso, dos moléculas de agua reaccionan entre ellas: una actúa como ácido (dona un protón, H^+) y la otra como base (acepta ese protón). El resultado es la formación de un ion hidronio (H_3O^+) y un ion hidróxido (OH^-).

Las concentraciones de los iones H_3O^+ y OH^- en agua pura son muy bajas a temperatura ambiente, aproximadamente 10^{-7} moles por litro. Este equilibrio es fundamental para definir el pH del agua, que en condiciones neutras tiene un valor de 7.

Explique de manera detallada la deducción de las fórmulas generales para determinar matemáticamente el potencial de hidrógeno. El punto de partida para entender el pH radica en la autoionización del agua.

Haga énfasis en definiciones como:

- La constante de ionización del agua o constante del producto iónico del agua (K_w). Escriba la ecuación de autoionización del agua y, a partir de esta, la expresión de K_c:

$$K_c = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{H_2O}$$

- Luego continue con el desarrollo que se encuentra en el Libro de Texto.
- El pH se define como el logaritmo negativo base 10 de la concentración de iones hidronio:

$$pH = -\log_{10}[H_3O^+]$$

- El pOH, de manera análoga al pH, se define como el logaritmo negativo base 10 de la concentración de iones hidróxido:

$$pOH = -\log_{10}[OH^-]$$

La semana pasada realizaste un experimento para comprobar la conductividad eléctrica de algunas bases y ácidos. Con relación a esto, algunos investigadores realizaron mediciones de la conductividad eléctrica de muestras de agua químicamente pura, concluyendo que la cantidad de iones H^+ y OH^- presentes en el agua es muy pequeña. Esto permite suponer que la cantidad de agua que se ioniza es muy pequeña y que la concentración de moléculas de agua prácticamente no cambia.

En la ecuación de equilibrio se supone que $[H_2O]$ es una constante. Entonces, despejamos la ecuación para dejar las constantes a la izquierda:

$$K_c[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

El producto $K_c[H_2O]$ es constante y se define como Kw **constante del producto iónico del agua**, su valor experimental a 25 °C es de:

$$Kw = 1 \times 10^{-14} \quad 3.4$$

Por cada H^+ que se forma, se produce un ion OH^-, por ello, la $[H^+]$ es igual a $[OH^-]$.

$$[H^+] = [OH^-] \quad 3.5$$

Con K_w sabemos el valor del producto de $[H^+]$ y $[OH^-]$:

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

Considerando la ecuación 3.5 tenemos:

$$[H^+][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[H^+]^2 = 1 \times 10^{-14}$$

Aplicando raíz cuadrada a ambos lados:

$$\sqrt{[H^+]^2} = \sqrt{1 \times 10^{-14}}$$

$$[H^+] = 1 \times 10^{-7}\,(mol/L) = [OH^-]$$

Estas concentraciones de iones son para el agua pura y neutra. Si la concentración de H^+ es mayor que la de iones OH^-, se dice que es una solución ácida. Si por el contrario la concentración de OH^- es mayor que la de H^+, se dice que es una solución básica o alcalina.

Ante lo anterior, el científico Sorensen, propuso un método para expresar la acidez, ya que las $[H^+]$ suelen ser cantidades pequeñas y poco cómodas de manejar numéricamente, por tanto, definió al pH de una solución como «el logaritmo negativo de la concentración de iones H^+».

$$pH = -log[H^+] \quad 3.6$$
$$10^{-pH} = [H^+] \quad 3.7$$

De manera análoga, el pOH se define como «el logaritmo negativo de la concentración de iones $[OH^-]$.

$$pOH = -log[OH^-] \quad 3.8$$
$$10^{-pOH} = [OH^-] \quad 3.9$$

Ahora bien, si consideramos de nuevo la constante del producto iónico del agua a 25 °C:

$$[H^+][OH^-] = K_w = 1 \times 10^{-14}$$

Al aplicar el logaritmo negativo a ambos lados:

$$-(log[H^+] + log[OH^-]) = -log(1 \times 10^{-14})$$
$$-log[H^+] - log[OH^-] = 14$$

A partir de las definiciones de pH y pOH, se obtiene:

$$pH + pOH = 14 \quad 3.10$$

Con esto se puede establecer la escala de pH, pero ¿qué es la escala de pH?



pHmetro equipo para determinar el pH

La relación que existe entre pH y pOH es debido a que se definen a partir de las concentraciones de H_3O^+ y OH^- en agua pura, esto también permite que haya una relación con la K_w; es así como se estableció la escala de pH que va de 0 a 14.

En este momento no es necesario mencionar si el pH de una sustancia es ácido o básico, ya que en la siguiente actividad van a descubrir qué valores de pH determinan si una sustancia es ácida, básica o neutra.

Creatividad

En esta etapa el estudiantado aprenderá a extraer un indicador natural utilizando repollo morado para la identificación cualitativa de ácidos y bases, y a construir una escala de pH. Además, desarrollará habilidades en la manipulación de dispositivos y organización para lograr un trabajo experimental eficiente.

Creatividad

Ahora, realizarás un experimento en el que construirás una escala de pH.

A. Arcoíris de repollo morado

Con este experimento, fabricarás una solución de repollo morado que sirve como indicador de pH, con esta elaborarás una escala de pH que te permitirá comprobar si las sustancias son ácidas, básicas o neutras.

Materiales:

- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio
- 10 mL de agua azucarada
- 10 mL de jugo de limón
- La mitad de un repollo morado
- 2 litros de agua destilada
- 10 mL de agua con jabón
- Balón volumétrico de 50 mL
- Papel filtro
- 14 Frascos transparentes con tapa de aproximadamente 50 mL
- 14 vasos transparentes de 50 mL
- Goteros o jeringas de 5 y 10 mL
- Sistema de calentamiento
- Botella limpia de 500 mL
- Cuchara desechable
- Embudo
- Olla

Procedimiento:

Parte I. Preparación del indicador

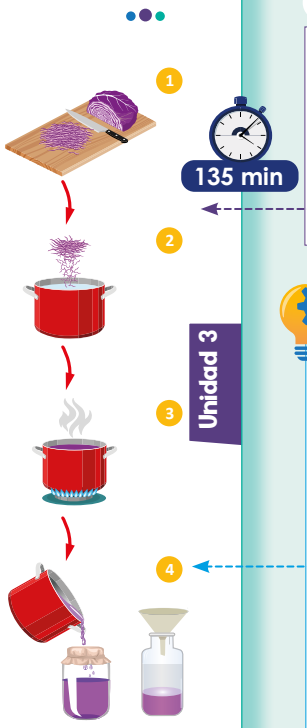
Prepararás un indicador natural, usando repollo morado y agua destilada.

1. Al repollo morado, quítale las primeras hojas y córtalas en trozos grandes.
2. Agrega las hojas de repollo morado en la olla y adiciona 500 mL de agua.
3. Calienta por 10-15 minutos hasta que ebulla y después deja enfriar.
4. Filtra el líquido y colócalo en la botella.
5. Rotula la botella con el nombre «indicador de repollo morado» y coloca la fecha de elaboración.
6. Si al final del experimento queda un poco de solución morada, puedes conservarla agregando unos 5 mL de alcohol etílico, para evitar su descomposición por la acción de microorganismos.

Parte II. Preparación de las muestras con mayor concentración de H^+

Prepararás 7 diluciones a partir de la solución concentrada de ácido clorhídrico.

1. Rotula 7 vasos con $pH = 0$, $pH = 1$, hasta $pH = 6$, respectivamente.
2. Luego, elabora los cálculos matemáticos para determinar cuántos mililitros de ácido clorhídrico concentrado [11 M] te debe proporcionar tu docente, para obtener un volumen final de 50 mL de una solución a 1 M.
3. Deposita la solución preparada en el vaso rotulado con $pH = 0$. p. 50
4. Registra el volumen en la tabla.
5. Calcula cuántos mililitros debes extraer de la solución $pH = 0$ para elaborar 50 ml de solución correspondiente a $pH = 1$, y así sucesivamente elabora los cálculos y completa la tabla con las alícuotas que debes extraer hasta obtener las 7 soluciones, siguiendo el esquema de la siguiente página.



- Para evitar salpicaduras, se apoya una varilla de vidrio sobre el borde del depósito, de modo que el líquido fluya por la varilla. Nunca use agua caliente o agregue agua al ácido, ya que puede liberar grandes cantidades de calor y hacer que la solución salpique vigorosamente.
- Para el tratamiento de residuos, neutralice con sustancias básicas como bicarbonato de sodio o carbonato de sodio.

Variante

El procedimiento de la *parte I. Preparación de indicador* puede ser elaborado por cada equipo o hacer uno para todos, considerando que sea suficiente.

Es recomendable que, si no se cuenta con ácido clorhídrico, sea usted quien lo lleve. Este se encuentra en ferreterías como ácido muriático, con una concentración de 11 M.

Para evitar accidentes, puede preparar una solución a 5 M; para realizar las diluciones recuerde que se aplica la ecuación 4.4 del Libro de Texto de 8.º grado

Además, indique que la concentración inicial será de 5 M y no de 11 M.

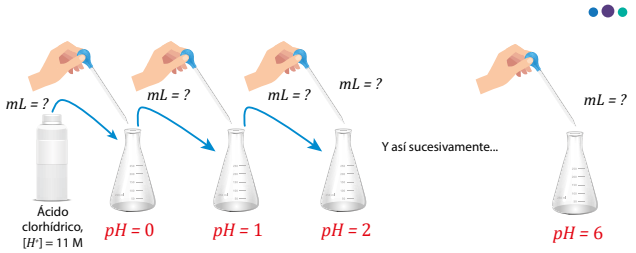


Explique que las concentraciones que están en la tabla son las que deben considerar para cada dilución que van a preparar, tanto para el ácido como para la base.

- Explique que lo que harán son varias diluciones a partir de una solución de mayor concentración. Para esto deben calcular el volumen de ácido o base que van a extraer de la solución de mayor concentración.
- Haga énfasis en que identifiquen bien los vasos donde van colocando las soluciones, ya que es de esos mismos que tomarán la muestra para preparar la siguiente dilución.
- Explique un ejemplo para el cálculo del volumen que se toma de la solución de mayor concentración para preparar una dilución:

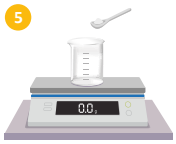
$$V_1C_1 = V_2C_2$$

$$V_1 = \frac{V_2C_2}{C_1}$$

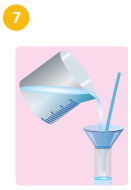


6. Rotula un vaso con $pH = 7$ y solo agrega 50 mL de agua.

$[H^+]$ Molar		pH	pOH	$[OH^-]$ Molar	
1 M	$1.0 \times 10^{-0} = 1$	0	14		
0.1 M	1.0×10^{-1}	1	13		
0.01 M	1.0×10^{-2}	2	12		
0.001 M	1.0×10^{-3}	3	11		
0.0001 M	1.0×10^{-4}	4	10		
0.00001 M	1.0×10^{-5}	5	9		
0.000001 M	1.0×10^{-6}	6	8		
	1.0×10^{-7}	7	7	1.0×10^{-7}	
		8	6	1.0×10^{-6}	0.000001 M
		9	5	1.0×10^{-5}	0.00001 M
		10	4	1.0×10^{-4}	0.0001 M
		11	3	1.0×10^{-3}	0.001 M
		12	2	1.0×10^{-2}	0.01 M
		13	1	1.0×10^{-1}	0.1 M
		14	0	$1.0 \times 10^{-0} = 1$	1 M









Parte III. Preparación de las muestras con mayor concentración de OH^-

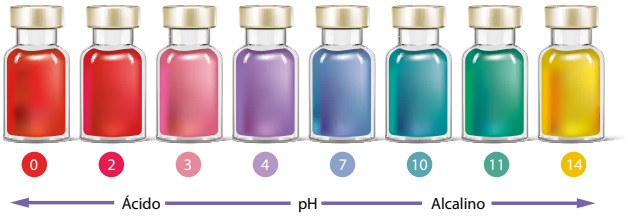
Prepararás 6 diluciones a partir de una solución al $1\ M$ de hidróxido de sodio que debes preparar previamente.

1. Rotula 7 vasos con $pH = 14$, $pH = 13$, hasta $pH = 8$, respectivamente.
2. Luego, elabora y registra los cálculos matemáticos para determinar cuántos gramos de hidróxido de sodio debes medir para obtener una solución final de 50 mL a una concentración $1\ M$. p. 51
3. Registra los gramos de $NaOH$ en la tabla.
4. Prepara la solución de $NaOH$.
5. Mide la cantidad que necesitarás de $NaOH$ para preparar 50 mL de solución a $1\ M$.
6. Agrega poco a poco el agua y agita hasta disolver todo el sólido.
7. Con ayuda del embudo, agrega la solución al balón volumétrico.
8. Afora la solución a 50 mL.
9. Deposita la solución preparada en el vaso rotulado con $pH = 14$.

- Si los estudiantes no han elaborado una solución o no tienen claro el paso a paso, en la guía esquemática usted puede explicar la manera correcta de elaboración de soluciones a partir de un reactivo sólido.
- Enfatice que el hidróxido de sodio es corrosivo y que su disolución en agua genera una reacción exotérmica, por lo que no deben tocarlo directamente, sino utilizar guantes.

La viñeta *Genial* invita a que los estudiantes, con la supervisión de sus responsables, compartan en sus redes sociales los resultados de sus experimentos, sin olvidar etiquetarnos.

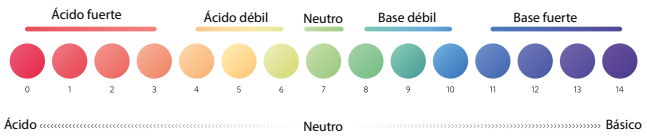
10. Luego, realiza los cálculos para determinar cuántos mililitros debes extraer de la solución $pH = 14$ para elaborar los 50 mL de solución correspondiente a $pH = 13$, y así sucesivamente elaborarás los cálculos y extraerás las alícuotas de hidróxido hasta obtener las 7 soluciones, tal como lo hiciste con las de ácido.
11. Ahora, coloca en orden los vasos, desde ⍰⍰ = 0 hasta $pH = 14$, agrega 5 gotas de indicador de repollo a cada vaso y observa lo que sucede. Si deseas más intensidad en el color, agrega una mayor cantidad de indicador, ten encuenta que debes agregarlo en la misma proporción a todos los vasos, para obtener resultados más certeros.



12. En 3 vasos agrega los 10 mL de agua azucarada, jugo de limón y agua con jabón, respectivamente.
13. Añade algunas gotas de indicador de repollo. Luego, identifica y registra qué valor de pH poseen las soluciones, comparando con la escala de pH que realizaste.
14. Por su valor de pH, clasifica las soluciones como ácidas, básicas o neutras. p. 51
15. Puedes repetir los *pasos 12, 13 y 14* con otro tipo de sustancias, de las cuales, te interese saber su nivel de pH.
16. Consigue frascos transparentes limpios para guardar la escala, pues la utilizarás la próxima semana; también, puedes tomar una fotografía de la escala de colores sobre un fondo blanco, para que te sirva de referencia.

La escala de pH mide el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa, e indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas soluciones. El símbolo pH significa **potencial de hidrógeno** y se puede medir de manera cualitativa, que solo indica si es ácido o base, y cuantitativa, que indica el valor numérico aproximado dentro de la escala de pH que posee dicha sustancia. Existen diversos métodos para hacerlo.

Escala de colores del pH





Técnicas para determinar el pH de manera experimental. http://bit.ly/3UwB2JB

- Al finalizar la escala de pH es importante guardarla en frascos limpios, pues la utilizarán en las semanas próximas.
- Mencione que la escala de pH se mide de manera experimental utilizando diferentes métodos.
- Explique que el papel indicador está tratado con sustancias químicas que cambian de color al sumergir la tira en la sustancia a analizar, luego se compara con la escala de referencia para determinar el pH aproximado. Este es un método sencillo, económico y rápido, pero no proporciona una medición precisa, especialmente en soluciones muy diluidas o con colores intensos.







- Indicadores líquidos: son sustancias químicas que cambian de color según el pH y permiten una estimación más precisa que el papel indicador, pero pueden alterar la composición de la solución y no son más fáciles de usar.
- Potenciómetro o pH-metro: mide la diferencia de potencial eléctrico, que está directamente relacionada con el pH. Permite obtener resultados numéricos exactos, aunque es un equipo más costoso y requiere calibración periódica.

Comunicación

En esta etapa el estudiante aprenderá a calcular el valor del pH de una solución de manera teórica. Con los resultados obtenidos, podrá clasificar las soluciones en neutras, ácidas y básicas.

Explique de manera más detallada cómo obtener pH, pOH y las concentraciones de H^+, OH^-, con otros ejemplos.
Escanee el siguiente código.
https://bit.ly/C09GM313a

Con el recurso RA, se podrán apreciar los valores de pH de diversas soluciones. Además, se hace énfasis sobre el uso adecuado de los dispositivos móviles como herramientas para el aprendizaje.

Comunicación

45 min

El pH de las soluciones, también puede determinarse de manera teórica. A continuación, analizaremos algunos ejemplos y los pondremos en práctica para resolver algunos ejercicios.

B. Calculemos el potencial de hidrógeno (pH)

Con esta actividad aprenderás a calcular los potenciales de H^+ y OH^-, y las concentraciones de $[H^+]$ y $[OH^-]$.

Ejemplo 1. ¿Cuál es el pH, pOH y $[OH^-]$de una disolución cuya concentración de iones H^+ es 2.5×10^{-2} M?
Sabemos que $pH = -log[H^+]$. Sustituimos el valor de $[H^+]$.

$$pH = -log[2.5 \times 10^{-2}]$$
$$pH = 1.6$$

El pOH se calcula así:

$$pH + pOH = 14$$
$$pOH = 14 - pH$$
$$pOH = 14 - 1.6$$
$$pOH = 12.4$$

Para encontrar la $[OH^-]$, despejamos:

$$pOH = -log[OH^-]$$
$$10^{-pOH} = [OH^-]$$
$$10^{-12.4} = [OH^-]$$
$$3.98 \times 10^{-13} = [OH^-]$$

Logaritmo usando la calculadora:
https://bit.ly/3n9gfPZ

Ejemplo 2. ¿Cuál es la concentración de H^+ y OH^- en una disolución con $pH = 5.3$?
En este problema se conoce el valor de pH; con el cual, se puede calcular la concentración de iones H^+:

$$pH = -log[H^+]$$

Despejando el logaritmo base diez:

$$10^{-pH} = [H^+]$$
$$10^{-5.3} = [H^+]$$
$$5.01 \times 10^{-6} = [H^+]$$

ESCALA DE pH

Con la escala de pH puedes medir el grado de acidez o basicidad de diversas sustancias.

Ahora resuelve los siguientes ejercicios:

p. 52

1. ¿Cuál es el pH de una solución KOH cuya concentración de iones hidróxido es de 1.0×10^{-4} M?
2. ¿Cuál es el pH de una solución cuya concentración de iones hidronio es de 1.0×10^{-3} M?
3. Calcula la concentración de ion hidróxido en mol/L de cada una de las siguientes soluciones:
   a. Una solución cuyo pOH es 5.00.
   b. Una solución cuyo pOH es 9.60.
4. Identifica las soluciones de los literales a. y b. como ácidas, básicas o neutras.

En la etapa de Indagación, el estudiantado responde desde sus conocimientos previos, por lo que no se establecen criterios de evaluación. Sin embargo, esta fase puede ayudarle a confirmar que los estudiantes responden a las preguntas planteadas y, al mismo tiempo, identificar el nivel de conocimientos previos que poseen.

Cuaderno de Trabajo



Indagación

Potencial de hidrógeno

a. Escribe la ecuación de disociación del agua:

$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+$

b. Expresión de la constante de equilibrio del agua:

$K_c = \frac{[OH^-][H^+]}{[H_2O]}$ p. 96



Creatividad

A. Arcoíris de repollo morado

Parte II. Preparación de las muestras con mayor concentración de H^+

2. Realiza los cálculos matemáticos para determinar las alícuotas de ácido clorhídrico:

4. Registra el volumen de las alícuotas de ácido clorhídrico:

pH	V_1	C_1	V_2	C_2
0	$4.54\ mL$	$11\ M$	$50\ mL$	$1\ M$
1	$5\ mL$	$1\ M$	$50\ mL$	$0.1\ M$
2	$5\ mL$	$0.1\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-2}\ M$
3	$5\ mL$	$1 \times 10^{-2}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-3}\ M$
4	$5\ mL$	$1 \times 10^{-3}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-4}\ M$
5	$5\ mL$	$1 \times 10^{-4}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-5}\ M$
6	$5\ mL$	$1 \times 10^{-5}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-6}\ M$
7	***	***	$50\ mL$	***

50

- Realiza los cálculos necesarios para determinar el volumen de HCl requerido.
- Registra los volúmenes necesarios para preparar las soluciones.

Puede mostrar ejemplos de cálculos para determinar las alícuotas de HCl necesarias para obtener una dilución.

$$V_1 = \frac{(50\ \text{mL})(1\ \text{M})}{(11\ \text{M})}$$

$V_1 = 4.54$ mL de HCl para pH = 0

$$V_1 = \frac{(50\ \text{mL})(0.1\ \text{M})}{(1\ \text{M})}$$

$V_1 = 5$ mL de HCl para pH = 1

Antes de iniciar con la elaboración de las soluciones verifique que los cálculos para determinar los volúmenes estén correctos.

Ejemplo de cálculos para determinar los gramos de NaOH y las alícuotas necesarias para obtener una solución de un pH determinado.

$$M = \frac{g}{PM(\frac{g}{mol}) \times V(L)}$$

$$g_{NaOH} = M \times PM \times V$$

$$g_{NaOH} = 1\ \frac{mol}{L} \times 39.99\ \frac{g}{mol} \times 0.05L$$

$$g_{NaOH} = 2\ g$$

Para una solución a $pH = 14$

$$V_1C_1 = V_2C_2$$

$$V_1 = \frac{V_2C_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{(50\ mL)(0.1\ M)}{(1\ M)}$$

$$V_1 = 5\ mL\ de\ NaOH$$

Para una solución a pH=13

Debe seguir el mismo procedimiento para los pH de 12, 11, 10, 9 y 8.

Cuaderno de Trabajo

Parte III. Preparación de las muestras con mayor concentración de OH^-

2. Elaboración y registro de los cálculos matemáticos para determinar los gramos y volumen de $NaOH$:

3. Registra los datos de gramos y volumen de $NaOH$:

pH	g_{NaOH}	MM_{NaOH}	$V_{(L)}$	Concentración
14	$2\ g$	$39.9\ g/mol$	$0.05\ mL$	$1\ M$
	V_1	C_1	V_2	C_2
13	$5\ mL$	$1\ M$	$50\ mL$	$0.1\ M$
12	$5\ mL$	$0.1\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-2}\ M$
11	$5\ mL$	$1 \times 10^{-2}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-3}\ M$
10	$5\ mL$	$1 \times 10^{-3}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-4}\ M$
9	$5\ mL$	$1 \times 10^{-4}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-5}\ M$
8	$5\ mL$	$1 \times 10^{-5}\ M$	$50\ mL$	$1 \times 10^{-6}\ M$

14. Clasifica las sustancias según su valor de pH:

Sustancia	Color de escala de pH	Valor de pH según escala	Tipo de sustancia
Agua azucarada			
Jugo de limón			
Agua con jabón			

p. 99

Criterios de evaluación

- Realiza los cálculos para determinar los gramos de NaOH necesarios para obtener una solución 1 M.
- Desarrolla los cálculos para determinar el volumen de NaOH requerido.
- Clasifica las soluciones en neutras, ácidas y básicas.

- Recuérdeles que los iones hidróxido son los OH^-, y los iones, hidronio los H_3O^+.
- Aclare que, al calcular la concentración de estos iones, los resultados se obtienen en unidades de concentración mol/l.

Cuaderno de Trabajo

Comunicación

B. Calculemos el potencial de hidrógeno (pH)

1. ¿Cuál es el pH de una solución KOH cuya concentración de iones hidróxido es de $1.0 \times 10^{-4}\ M$?

$$KOH \rightarrow K^+ + OH^-$$

$[OH^-] = [1.0 \times 10^{-4}\ M]$
$pOH = -log\ [OH^-]$
$pOH = -log\ [1.0 \times 10^{-4}]$
$pOH = 4$

$pH + pOH = 14$
$pH = 14 - pOH$
$pOH = 14 - 4$
$pOH = 10$

2. ¿Cuál es el pH de una solución cuya concentración de iones hidronio es de $1.0 \times 10^{-3}\ M$?

$[H_3O^+] = [H^+]$
$pH = -log\ [H^+]$
$pOH = -log\ [1.0 \times 10^{-3}]$
$pH = 3$

3. Calcula la concentración de ion hidróxido en mol/L de cada una de las siguientes soluciones:

a. Una disolución cuyo pOH es 5.00:

$[OH^-] = mol/L$
$pOH = -log\ [OH^-]$
$10^{-pOH} = [OH^-]$
$10^{-5} = [OH^-]$
$1 \times 10^{-5}\ mol/L = [OH^-]$

b. Una disolución cuyo pOH es 9.60:

$pOH = -log\ [OH^-]$
$10^{-pOH} = [OH^-]$
$10^{-9.6} = [OH^-]$
$2.51 \times 10^{-10}\ mol/L = [OH^-]$

4. Clasifica las soluciones:

$pH + pOH = 14$
$pH = 14 - 5$
$pH = 9$

Ante un valor de $pH = 9$ se dice que la solución es básica.

$pH + pOH = 14$
$pH = 14 - 9.6$
$pH = 4.4$

Ante un valor de $pH = 4.4$ se dice que la solución es ácida.

p. 101

Criterios de evaluación

- Resuelve los ejercicios para calcular el potencial de hidrógeno.
- Convierte correctamente valores de concentración de iones OH^- y los asocia con la obtención de pH.
- Convierte correctamente valores de pOH para obtener la concentración en las unidades que se solicitan.
- Interpreta el valor del pH para determinar si una solución es ácida, neutra o básica.

Cabe mencionar que en la resolución del ejercicio 1, lo correcto sería:

$$pH + pOH = 14$$
$$pH = 14 - pOH$$
$$pH = 14 - 4$$

Semana 14 Fuerza de los ácidos y bases

Contenido

Equilibrio ácido base
- Constante de ionización

Indicadores de logro

3.13. Reconoce ácidos y bases fuertes y débiles de acuerdo con su disociación en agua.
3.14. Expresa las constantes de ionización para ácidos y bases.



Preparaciones de la semana

A. Bureta casera

- Solicitar a los estudiantes los siguientes materiales: regulador de flujo de uso médico, soporte para papel toalla vertical (de madera o metal), cinta adhesiva transparente, jeringa de 60 ml, tijeras.

B. Determinación de Ka de un ácido débil

- Solicitar a los estudiantes lo siguientes materiales: escala de pH elaborada la semana anterior, 4 vasos de vidrio, 2 jeringas de 5 o 10 ml, bureta, agua destilada, hidróxido de sodio, ácido acético.
- Si por algún motivo no resguardaron la escala de pH elaborada en la *semana 13*, *actividad A*, prepárenla nuevamente siguiendo el procedimiento.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

En esta etapa el estudiantado descubrirá que los ácidos se clasifican en fuertes y débiles, de acuerdo con su grado de disociación en agua, así como la importancia que tienen los ácidos y las bases en diversos procesos químicos y biológicos que ocurren en nuestro entorno.

Indagación

Fuerza de los ácidos y bases

45 min

Los ácidos y las bases son importantes en diversos procesos químicos que ocurren en nuestro entorno, desde procesos biológicos hasta industriales, desde reacciones en el laboratorio hasta fenómenos que ocurren en nuestro ambiente, e incluso en nuestro organismo.

Un objeto metálico sumergido en agua por un largo período de tiempo tiende a corroerse. El ambiente acuático tiene la capacidad de mantener la vida animal y vegetal. Además, los contaminantes químicos del aire son arrastrados por la lluvia. Todos estos fenómenos dependen de la acidez o basicidad de las disoluciones.

Cuando hablamos de los ácidos, estos pueden ser fuertes o débiles, de acuerdo con su grado de ionización en agua. Recuerda que un ácido fuerte, es aquel que está completamente ionizado en solución acuosa.

$$AH_{(ac)} \rightarrow A^-_{(ac)} + H^+_{(ac)}$$

El ejemplo más habitual es el ácido clorhídrico (HCl) que se ioniza completamente en iones de hidrógeno y iones cloruro en agua.

$$HCl_{(ac)} \rightarrow H^+_{(ac)} + Cl^-_{(ac)}$$

Por otro lado, un ácido débil es aquel que se ioniza parcialmente en una solución acuosa.

$$AH_{(ac)} \rightleftharpoons A^-_{(ac)} + H^+_{(ac)}$$

El ejemplo típico es el ácido acético (que se encuentra en el vinagre).

$$CH_3COOH_{(ac)} \rightleftharpoons H^+_{(ac)} + CH_3COO^-_{(ac)}$$

En el caso de la disociación parcial de ácidos débiles se puede plantear una constante de equilibrio ya que es una reacción reversible. Para cuantificar la fuerza relativa de los ácidos débiles, debemos analizar la **constante de disociación ácida** K_a

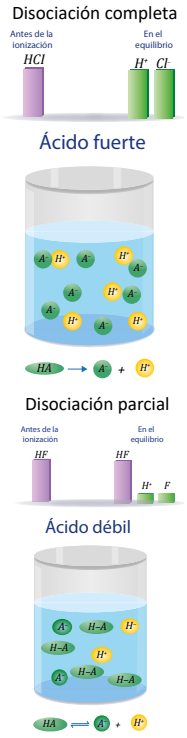
$$AH_{(ac)} \rightleftharpoons A^-_{(ac)} + H^+_{(ac)}$$

$$K_a = \frac{[A^-_{(ac)}]\,[H^+_{(ac)}]}{[AH_{(ac)}]} \qquad 3.11$$

Debes saber que existen pocos ácidos fuertes, la gran mayoría de los ácidos son débiles.
Tomando esto en cuenta, desarrolla lo siguiente:

a. Escribe la ecuación y la expresión de la constante de disociación ácida K_a para el ácido acético.
b. ¿Qué representa la constante de disociación ácida?
c. ¿Será que existe una constante de disociación básica? Investiga y escribe cómo crees que se representaría de manera general.

p. 53



Unidad 3

Semana 14

Refuerce con otros ejemplos de ácidos fuertes y débiles para un reconocimiento más amplio. Realice las reacciones de ionización respectivas. Los ácidos fuertes son aquellos que se ionizan completamente en solución, mientras que los ácidos débiles se ionizan solo parcialmente. A continuación, ejemplos de cada uno:

Ácidos fuertes
(ionización completa)
Ácido nítrico:
$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$
Ácido sulfúrico (solo en la primera ionización):
$H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^-$
Ácido perclórico:
$HClO_4 \rightarrow H^+ + ClO_4^-$
Ácido yodhídrico:
$HI \rightarrow H^+ + I^-$
Ácido bromhídrico:
$HBr \rightarrow H^+ + Br^-$

Ácidos débiles
(ionización parcial)
Ácido fórmico:
$HCOOH \rightleftharpoons H^+ + HCOO^-$
Ácido fosfórico:
$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$
Ácido oxálico:
$C_2H_2O_4 \rightleftharpoons H^+ + C_2HO_4^-$
Ácido láctico:
$C_3H_6O_3 \rightleftharpoons H^+ + C_3H_5O_3^-$
Ácido carbónico:
$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

Los ácidos fuertes se disocian completamente en solución, mientras que los débiles solo lo hacen parcialmente, manteniendo un equilibrio entre las formas ionizada y no ionizada. No todos los ácidos se disocian en la misma proporción, por tanto, existen ácidos fuertes más fuertes y ácidos débiles más débiles.

Creatividad

En esta etapa, el estudiantado aprenderá a construir y manipular dispositivos que utilizará para el desarrollo experimental. De ello, obtendrá un registro detallado de observaciones y datos que le servirán para la obtención de la constante de acidez de un ácido débil, aplicando el razonamiento matemático necesario.

Variante

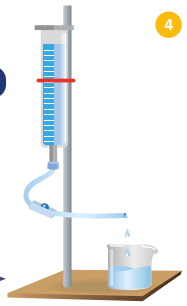
Si usted cuenta en su centro educativo con materiales y equipo de laboratorio, puede directamente iniciar con la *actividad B*; sin embargo, es importante que los estudiantes enfrenten desafíos ante la usencia de materiales idóneos. En la medida de lo posible, deben aprender a desarrollar la creatividad improvisando y construyendo dispositivos con materiales o recursos que tenga a disposición.

45 min

90 min

Creatividad

En el siguiente experimento determinarás la constante de disociación ácida K_a para un ácido débil, en este caso, el ácido que utilizaremos es el ácido acético.



A. Bureta casera

Primero, construiremos una bureta, ya que necesitarás este instrumento para desarrollar la práctica.

Materiales:

- Regulador de flujo de uso médico
- Soporte de papel toalla vertical (madera o metal)
- Cinta adhesiva transparente
- 1 jeringa de $60\ \text{mL}$
- Tijera

Procedimiento:

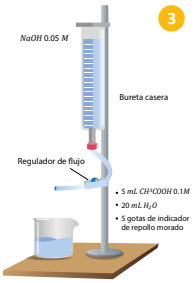
1. Quita el pistón y la aguja a la jeringa.
2. Fija la jeringa al soporte de papel toalla utilizando cinta adhesiva transparente, de modo que la graduación de la jeringa quede visible.
3. Corta con la tijera aproximadamente $15\ \text{cm}$ de manguera, teniendo cuidado para que el regulador de flujo quede en ese segmento de maguera.
4. Introduce un extremo de la manguera a la boquilla de la jeringa, si esta es pequeña puedes calentar un poco para que quede ajustada; el dispositivo debe quedar como en la ilustración.
5. Haz una prueba; para ello, introduce $15\ \text{mL}$ de agua en la jeringa y regula el goteo con el regulador de flujo.

B. Determinación de la K_a de un ácido débil

Ahora que ya armaste la bureta, realizarás una valoración de un ácido débil, y con los datos que obtengas, calcularás la constante de disociación ácida.

Materiales:

- Escala de pH elaborada la semana anterior
- Indicador de repollo morado
- 4 vasos de vidrio
- 2 jeringas de 5 o $10\ \text{mL}$
- Hidróxido de sodio
- Agua destilada
- Ácido acético
- Bureta



Procedimiento:

1. Coloca en orden la escala de pH sobre un fondo blanco para mejorar la apreciación del color.
2. Rotula la bureta con $NaOH$ $[0.05\ M]$ y un vaso con CH_3COOH $[0.1\ M]$.
3. Verifica que el regulador de flujo esté cerrado; luego, con una jeringa, agrega en la bureta $20\ \text{mL}$ de la solución de hidróxido de sodio a $0.05\ \text{M}$.
4. Purga la bureta, para esto, abre la llave del regulador de flujo y vierte el **titulante** $(NaOH)$ sobre un vaso de precipitado, esto garantiza que no queden burbujas atrapadas que afecten el volumen de titulante que utilizarás.

102

Variante

Otra variante que puede agregar es comparar resultados, es decir, comparar los datos obtenidos utilizando material idóneo contra los obtenidos con la bureta que ellos han fabricado. Esta comparación la pueden hacer entre muestras o entre equipos de trabajo.

En la técnica de titulación para la homogenización de las muestras, si lo cree conveniente, ayúdese del siguiente video. Puede mostrarlo a los estudiantes para que se orienten de mejor manera si no comprenden la técnica en la lectura.
https://bit.ly/C09GM314a

5. Vuelve a llenar la bureta con la base, esto te permite medir bien las alícuotas que se adicionan.
6. Con otra jeringa, agrega en el vaso rotulado con CH_3COOH $0.1\ M$, $5\ \text{mL}$ de ácido acético a $0.1\ \text{M}$.
7. Adiciona $20\ \text{mL}$ de agua destilada para tener un volumen óptimo para la lectura.
8. Luego, agrega 5 gotas de indicador y homogeniza muy bien.
9. Ahora vas a comenzar la **titulación** o **valoración** del ácido débil con una base fuerte. La técnica de titulación depende de si eres diestro o zurdo.
   - Diestro: abre el regulador de flujo con la mano izquierda y con la mano derecha homogeniza la solución haciendo movimientos circulares con el vaso sobre la mesa de trabajo.
   - Zurdo: abre el regulador de flujo con la mano derecha y con la mano izquierda homogeniza la solución haciendo movimientos circulares con el vaso sobre la mesa de trabajo.

Debes estar pendiente del volumen que vas agregando, para evitar adicionar más titulante.

10. Aplicando la técnica anterior, agrega cuidadosamente $1.5\ \text{mL}$ de hidróxido de sodio al vaso que contiene ácido acético y homogeniza por 2 minutos.
11. Una vez homogenizada la solución, determina el pH comparando con la escala; luego, reporta el dato en la tabla. p. 53
12. Repite los pasos 9, 10 y 11, cinco veces más, haciendo un total de 6 adiciones.
13. Realiza los cálculos tomando en cuenta la siguiente información: p. 54



Analicemos la ecuación general de disociación de un ácido débil, como es parcial la ecuación es reversible:

$$HA_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(ac)} + A^-_{(ac)}$$

Recuerda que $H_3O^+ = H^+$, por tanto, la constante de disociación ácida se expresa como la ecuación 3.11, despejando esta ecuación podemos determinar la $[H^+]$:

$$[H^+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]}$$

Aplicamos $-log$ base 10 a ambos lados de la ecuación:

$$-log[H^+] = -log\ K_a - log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

¿Pero por qué $-log$ base 10? Esto pertenece a la función p, que permite expresar de manera sencilla cantidades muy pequeñas y poco cómodas de manejar.

Aplicando las reglas de los logaritmos, esta expresión se vuelve positiva:

$$pH = pK_a + log \frac{[A^-]}{[HA]} \qquad 3.12$$

Esta expresión es equivalente a la ecuación de la línea recta $y = mx + b$:

$$pH = pK_a + log \frac{[A^-]}{[HA]}$$
$$y = \quad b \qquad\quad x$$

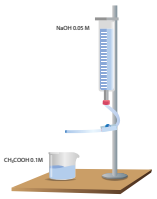
Entonces, la gráfica adquiere valores de pH en el eje de las y, mientras que en el eje de las x adquiere los valores de $log([A^-]/[HA])$ y b es el intercepto donde se encuentra el valor experimental pK_a, a partir de este podemos obtener la K_a.
Pero ¿cómo obtendrás los valores del eje de las x? Veamos a continuación 2 ejemplos.

- Haga un ejemplo de titulación de una muestra para que los estudiantes observen el procedimiento a seguir.
- Explique que el proceso de titulación consiste en preparar una solución de concentración conocida para determinar la concentración de una solución de analito. Se agrega el titulante a la solución del analito de forma controlada, generalmente utilizando una bureta. Se continúa añadiendo titulante hasta que se alcance el punto de equivalencia, es decir, el momento en el que las cantidades de analito y titulante son estequiométricamente equivalentes. El punto de equivalencia se detecta mediante un indicador visual (como la fenolftaleína) que cambia de color al alcanzarse el punto final de la titulación. A partir del volumen de titulante utilizado y su concentración conocida, se puede calcular la concentración del analito utilizando la estequiometría de la reacción.

En el segmento *Así se calcula...,* el estudiante reconocerá el paso a paso del tratamiento matemático de los datos obtenidos en la parte experimental de esta semana.

- Explique que se realizan operaciones matemáticas como sumas, multiplicaciones o divisiones. Lo que cambia es la forma en cómo se presentan los datos o se desarrollan los procesos, ya que en química se utilizan combinaciones de fórmulas matemáticas y químicas necesarias para identificar las sustancias que se están analizando.
- Si lo considera necesario, refuerce explicando este mismo ejemplo o utilizando los datos reales obtenidos por los estudiantes.
- Otra forma para determinar la constante de disociación ácida K_a es la siguiente:
  1. Prepare una solución acuosa de un ácido débil con una concentración conocida en mol/L.
  2. Mida el pH de la solución, idealmente usando un pH-metro.
  3. Calcule $[H^+]$ a partir del pH, utilizando la relación $[H^+] = 10^{-pH}$, esto da la concentración de iones $[H^+]$ en la solución en equilibrio.

Así se calcula...



Determinación de la K_a de un ácido débil

Realizaremos los cálculos para cada adición.

Primera adición

	$CH_3COOH_{(ac)}$	+ $NaOH_{(ac)}$	⇌ $CH_3COO^-_{(ac)}$	+ $Na^+_{(ac)}$	+ $H_2O_{(l)}$
	$[HA]$		$[A^-]$		
i	5.0×10^{-4}	7.5×10^{-5}	0	0	
E	-7.5×10^{-5}	-7.5×10^{-5}	$+7.5 \times 10^{-5}$	$+7.5 \times 10^{-5}$	
f	4.25×10^{-4}	0	7.5×10^{-5}	7.5×10^{-5}	

La ecuación de disociación se da en 3 etapas: inicial (i), equilibrio (E) y final (f). El cálculo es estequiométrico, por tanto, se hace en términos de masa.

Etapa inicial

Calcula los moles que intervienen en la reacción.

$$M = \frac{n}{V} \rightarrow \frac{moles}{Volumen\ (L)} \qquad n = M \times V$$

$M_{CH_3COOH_{(ac)}} = 0.1 mol/L$

$V_{CH_3COOH_{(ac)}} = 5\ mL$ utilizado

$n_{CH_3COOH_{(ac)}} = \frac{0.1\ mol}{1\ L} \times 0.005\ L$

$n_{CH_3COOH_{(ac)}} = 5.0 \times 10^{-4}\ mol$

$M_{NaOH_{(ac)}} = 0.05 mol/L$

$V_{NaOH_{(ac)}} = 1.5\ mL$ utilizado

$n_{NaOH_{(ac)}} = \frac{0.05\ mol}{1\ L} \times 0.0015\ L$

$n_{NaOH_{(ac)}} = 7.5 \times 10^{-5}\ mol$

Etapa de equilibrio

La relación ácido base es 1:1, por tanto, en el equilibrio sus concentraciones son iguales, en este caso $7.5 \times 10^{-5}\ mol$, pues son los moles de base que se han agregado y todo se ha consumido. Al realizar la operación aritmética se obtienen los valores en la etapa final.

Etapa final

Como lo que te interesa es encontrar el término $log([A^-]/[HA])$ que corresponde el eje de las x, identifica las concentraciones del numerador y denominador en la etapa final, recuerda que $Molaridad = mol/L$.

$[A^-] = [CH_3COO^-]$

$[A^-] = \frac{n_{CH_3COO^-}}{V_{T(Litros)}}$

$[HA] = [CH_3COOH_{(ac)}]$

$[HA] = \frac{n_{CH_3COOH}}{V_{T(Litros)}}$

$V_T = 5\ mL\ CH_3COOH + 20\ mL\ H_2O + 1.5\ mL\ NaOH$

$V_T = 26.5\ mL \cong 0.0265\ L$

$$\log \frac{\left[\frac{[7.5 \times 10^{-5}\ mol]}{0.0265\ L}\right]}{\left[\frac{[4.25 \times 10^{-4}\ mol]}{0.0265\ L}\right]} = -0.753$$

Considera que los volúmenes de base son aditivos, y es el dato que refleja la bureta en cada adición.

4. Determine $[A^-]$ y $[HA]$ en equilibrio para un ácido débil que se disocia según la ecuación $HA \leftrightarrow H^+ + A^-$. En equilibrio, podemos decir: $[H^+] = [A^-]$. Para encontrar la concentración de $[HA]$, use la relación $[HA] = M - [H^+]$, donde M es la concentración inicial del ácido.
5. Calcule K_a con estos valores. Utilice la expresión $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$

Enfatice que, cuando realicen los cálculos y el tratamiento de los datos que obtuvieron en el experimento, lo hagan paso a paso y de manera ordenada para evitar confusión en los resultados.

Segunda adición

	$[HA]$			$[A^-]$		
	$CH_3COOH_{(ac)}$	+ $NaOH_{(ac)}$	⇌	$CH_3COO^-_{(ac)}$	+ $Na^+_{(ac)}$	+ $H_2O_{(l)}$
i	5×10^{-4}	1.5×10^{-4}		0	0	
E	-1.5×10^{-4}	-1.5×10^{-4}		$+1.5 \times 10^{-4}$	$+1.5 \times 10^{-4}$	
f	3.25×10^{-4}	0		1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	

Etapa inicial

El valor inicial de los moles de ácido se mantiene, debes encontrar los moles del valorante que has adicionado:

$$n = M \times V$$

$$M_{NaOH_{(ac)}} = 0.05 mol/L$$

$$V_{NaOH_{(ac)}} = 3.0\ mL \text{ utilizado}$$

$$n_{NaOH_{(ac)}} = \frac{0.005\ mol}{1\ L} \times 0.03\ L$$

$$n_{NaOH_{(ac)}} = 1.5 \times 10^{-4}\ mol$$

Etapa de equilibrio

La misma cantidad $1.5 \times 10^{-4}\ mol$ se consume de ácido por la relación 1:1.

Etapa final

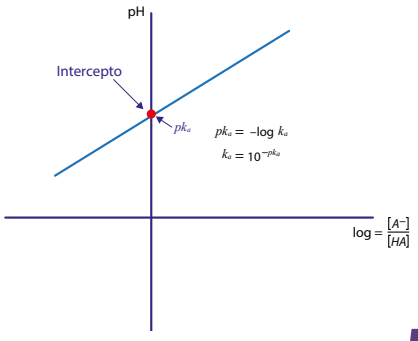
Ahora encuentra el término $log([A^-]/[HA])$:

$$V_T = 5\ mL\ CH_3COOH + 20\ mL\ H_2O + 3.0\ mL\ NaOH$$

$$V_T = 28\ mL \cong 0.028\ L$$

$$\log \frac{\left[\frac{n_{CH3COO-}}{V_{T(Litros)}}\right]}{\left[\frac{n_{CH3COOH}}{V_{T(Litros)}}\right]} \qquad \log \frac{\left[\frac{1.5 \times 10^{-4}\ \text{mol}}{0.028\ L}\right]}{\left[\frac{3.5 \times 10^{-4}\ mol}{0.028\ L}\right]} = -0.036$$

14. Grafica los datos de $x = log([A^-]/[HA])$, y $y = pH$, para encontrar el intercepto b, que corresponde al valor experimental de pK_a. p. 55
15. Aplicando la función logarítmica $pK_a = -log\ K_a$, despeja para K_a y determina la constante.
16. Compara el dato obtenido con el valor teórico de la constante $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ a 25 °C, recuerda que el valor de la constante ha sido obtenido bajo condiciones ideales.
    - Cuanto mayor es el valor de K_a, más fuerte es el ácido y viceversa.
    - Cuanto mayor es el valor de K_b, más fuerte es la base y viceversa.



Ojo al dato..

Por cada adición de 1.5 mL de NaOH la bureta reflejará los siguientes volúmenes, que debes usar para los cálculos.

Ad.	Volumen
1	1.5 mL
2	3.0 mL
3	4.5 mL
4	6.0 mL
5	7.5 mL
6	9.0 mL

Si lo realizan con otro ácido, puede apoyarse con la siguiente tabla de valores de Ka.
https://bit.ly/C09GM314b

Comunicación

En esta etapa, se anima al estudiantado a expresar sus ideas de manera libre y abierta, promoviendo un ambiente de confianza en el que todas las opiniones sean valoradas. Además, se fomenta el respeto hacia las diferentes perspectivas, reconociendo que cada estudiante aporta experiencias y conocimientos únicos. Esto no solo fortalece su capacidad de comunicación y argumentación, sino que también les permite desarrollar habilidades para escuchar y comprender puntos de vista distintos.

Con el recurso de RA, el estudiantado podrá establecer la relación entre la variación de la concentración y el valor de pH de un ácido o base, dependiendo de la cantidad de agua con la que se disocie una sustancia. Asimismo, se hace énfasis sobre el uso adecuado de los dispositivos móviles como herramientas para el aprendizaje.

45 min



La fuerza de los ácidos está determinada por su capacidad para disociarse en iones en disoluciones acuosas.

Comunicación

Examinemos la **constante de disociación básica** K_b, escribamos la reacción de ionización para una base débil B. La base acepta un protón del agua para formar ion hidróxido OH^- y el ácido conjugado BH^+.

$$B_{(ac)} + H_2O \rightleftharpoons BH^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$$

De aquí se establece la expresión de la constante de equilibrio K_b:

$$K_b = \frac{[BH^+_{(ac)}]\,[OH^-_{(ac)}]}{[B_{(ac)}]} \qquad 3.13$$

K_b también se puede calcular a partir de la función:

$$pK_b = -\log K_b$$
$$K_b = 10^{-pK_b} \qquad 3.14$$

K_a y K_b están relacionadas por las ecuaciones siguientes:

$$K_a\,K_b = \left(\frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}\right)\left(\frac{[BH^+][OH^-]}{[B^-]}\right)$$
$$= [H_3O^+][OH^-]$$
$$= K_w$$

Esta expresión sirve para relacionar K_a y K_b de un par ácido-base conjugado. También, podemos utilizar K_w a 25 °C para derivar las siguientes ecuaciones:

$$K_a \cdot K_b = K_w$$
$$pK_a + pK_b = 14 \qquad 3.15$$

¿Por qué son importantes K_a y K_b? Son clave para los procesos biológicos, ya que las biomoléculas funcionan adecuadamente en un intervalo reducido de pH, además, permiten optimizar métodos, para ahorrar tiempo e inversión.

C. Analicemos datos

Con esta actividad harás una reflexión sobre el proceso experimental y los resultados obtenidos.

Procedimiento:

1. Compara los resultados con los demás grupos de tu clase y verifica qué tan lejos o cerca están del valor teórico las constantes de acidez.
2. Determina qué ha afectado el proceso de obtención de tus resultados.
3. Observa los valores de la tabla en tu Cuaderno de Trabajo y resuelve:
   a. Obtén el K_a de los ácidos y completa la tabla.
   b. ¿Qué ácido es más fuerte? Ordénalos de mayor a menor.

p. 56

106

En el *numeral 3*, *literal a*, los valores de K_a son proporcionados; por tanto, el estudiante tiene que sustituir en la fórmula $pK_a = -\log K_a$ y obtener los valores que se solicitan.

En la etapa de Indagación, las respuestas que planteen los estudiantes deben estar relacionadas con los conocimientos que han adquirido de las lecciones pasadas. Acá usted podrá evidenciar si los conocimientos sobre los conceptos hasta ahora aprendidos están quedando claros.

Cuaderno de Trabajo

Indagación

Fuerza de los ácidos y bases

a. Escribe la ecuación química y la expresión de la constante de disociación ácida K_a para el ácido acético:

$$CH_3COOH_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-_{(ac)}][H_3O^+]}{[CH_3COOH_{(ac)}]}$$

b. ¿Qué representa la constante de disociación ácida?

La constante de disociación ácida K_a cuantifica el grado de disociación de un ácido débil.

c. Escribe como se representa de la manera general la constante de disociación básica:

$$B_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons BH^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$$

$$K_b = \frac{[BH^+_{(ac)}][OH^-_{(ac)}]}{[B_{(ac)}]}$$

p. 102

Creatividad

B. Determinación de la K_a de un ácido débil

11. Registra en la siguiente tabla los datos obtenidos en el experimento:

		y				x
Adición	**$mL\ NaOH$ acumulado**	**Valor de pH**	**Moles de $NaOH$**	**Moles de CH_3COOH**	**V_T valorado**	$log = \frac{[A^-]}{[HA]}$
1	1.5 mL					
2	3.0 mL					
3	4.5 mL					
4	6.0 mL					
5	7.5 mL					
6	9.0 mL					

Criterio de evaluación

Determina de manera experimental el valor del pH.

Explique que las columnas 4, 5, 6 y 7 se completarán con los datos obtenidos en los cálculos matemáticos del *paso 13.*

Diga a sus estudiantes que para facilitar el desarrollo del ejercicio, sigan el paso a paso aplicado en el segmento *Así se calcula*, señalando cada una de las etapas, para reducir los posibles errores.

Criterios de evaluación

- Desarrolla los cálculos de manera ordenada, identificando cada una de las adiciones y de las etapas.
- Utiliza de forma adecuada los datos obtenidos para que sus resultados sean correctos.

Cuaderno de Trabajo

13. Realiza los cálculos:

$$\underset{}{CH_3COOH_{(ac)}} + \underset{}{NaOH_{(ac)}} \rightleftharpoons \underset{[A^-]}{CH_3COO^-_{(ac)}} + \underset{}{Na^+_{(ac)}} + \underset{}{H_2O_{(l)}}$$
$$[HA]$$

54

Mencione que la elaboración del gráfico es continuación del ejercicio anterior, es decir que es parte del mismo análisis que permite llegar a calcula la K_a

Cuaderno de Trabajo

14. Grafica $x = log \frac{[A^-]}{[HA]}$ vs. $y = pH$ y localiza el intercepto b:

15. Determina la constante de disociación ácida K_a:

Valor del intercepto b	
Valor de K_a	
Valor teórico $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$	

p. 105

Criterios de evaluación

- Identifica y grafica los valores de x, obtenidos de manera experimental.
- Identifica en la gráfica el intercepto.
- Determina el valor del intercepto en la gráfica y lo reporta en la tabla como se le solicita.
- Calcula el valor de K_a.

Los valores de las constantes de acidez nos permiten saber la fuerza de un ácido, ya que su valor indica cuanto se disocia, a mayor valor de K_a mayor es la fuerza de acidez y por el contrario, a mayor pK_a menor fuerza de acidez.

Criterios de evaluación

- Calcula los valores de PK_a de los ácidos que se le muestran.
- Ordena de mayor a menor los ácidos de acuerdo con su fuerza de acidez.

Cuaderno de Trabajo

Comunicación

C. Analicemos datos

a. Obtén el pK_a de los siguientes ácidos y completa la tabla:

Ácido	K_a	$pK_a = -logK_a$
Acético	1.8×10^{-5}	4.74
Benzoico	6.3×10^{-5}	4.20
Cloroso	1.1×10^{-2}	1.96
Cianhídrico	4.9×10^{-10}	9.31
Ciánico	1.2×10^{-4}	3.92
Fenol	1.2×10^{-10}	9.92
Fluorhídrico	6.7×10^{-4}	3.17
Fórmico	1.8×10^{-4}	3.75
Hipobromoso	2.1×10^{-9}	8.68
Hipocloroso	3.2×10^{-8}	7.50
Hidrazoico	1.9×10^{-5}	4.72
Nitroso	4.5×10^{-4}	3.35
Láctico	1.3×10^{-4}	3.89
Pirúvico	1.4×10^{-4}	3.85

b. ¿Qué ácido es más fuerte? Ordénalos de mayor a menor

Cloroso> Fluorhídrico> Nitroso> Fórmico> Pirúvico> Láctico> Ciánico> Benzoico> Hidrazoico> Acético> Hipocloroso> Hipobromoso> Cianhídrico> Fenol

56

Semana 15 Soluciones amortiguadoras

Contenido

Equilibrio ácido base
- *Buffers*

Indicadores de logro

3.15. Explica la función de las soluciones *buffer.*
3.16. Comprueba el efecto amortiguador del pH de las soluciones *buffer.*
3.17. Ejemplifica aplicaciones y ocurrencia natural de las soluciones *buffer.*



Preparaciones de la semana

A. Soluciones amortiguadoras o *buffer*

- Puede proveer o solicitar a los estudiantes los siguientes materiales: bureta, 4 vasos transparentes con capacidad de 125 ml, pajilla, 2 jeringas de 20 ml, tirro, tijera, indicador de repollo, HCl 0.50 M, $NaHCO_3$ 0.10 M, NaOH 0.50 M, agua destilada, escala de pH con indicador de repollo.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

En esta etapa, el estudiantado comenzará a comprender la importancia de controlar la acidez y la basicidad en los procesos biológicos y cómo esto ha llevado al desarrollo de estudios en laboratorio para entender la autorregulación del pH en entornos naturales.

Brinde otros ejemplos que generen interés en los estudiantes sobre el control de pH en ambientes naturales.

- En los bosques, la descomposición de la materia orgánica (hojas, ramas, troncos) influye en el pH del suelo. Los hongos y bacterias descomponedores liberan ácidos que acidifican el suelo, lo que a su vez afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. ¡Es un ciclo constante de cambios químicos que sustentan la vida en el bosque!
- Los humedales actúan como filtros naturales del agua, reteniendo contaminantes y regulando el pH; las plantas acuáticas y los microorganismos en los humedales absorben sustancias ácidas o básicas, ayudando a mantener el pH del agua dentro de un rango adecuado para la vida acuática. ¡Es como una gran planta de tratamiento de agua natural!

45 min

Indagación

Soluciones amortiguadoras

El mar es una pieza fundamental para la regulación del clima, pues atrapa más del 25 % del dióxido de carbono (CO_2) liberado en la atmósfera, protegiendo el planeta de un calentamiento mayor. Sin embargo, hoy en día las aportaciones de CO_2 provocadas por el hombre están superando sus capacidades.

Además de lo anterior, el control de la acidez y basicidad resulta ser fundamental en los procesos de laboratorio e industria y más aún en los biológicos, donde intervienen muchos procesos químicos para los cuales es conveniente mantener el pH constante, ya que de otra manera se afecta a las comunidades vegetal, animal y el medio acuático.

Una variación en las comunidades acuáticas modifica el pH y un cambio en este puede provocar una modificación en las otras comunidades, todo esto debe ser controlado para mantener el ciclo de la vida en equilibrio; pero esto no siempre es sencillo, pues en los procesos químicos se producen o consumen iones H^+ lo que vuelve difícil mantener el pH en un intervalo corto.

En la naturaleza existen múltiples ejemplos de esta situación, ya que las reacciones vitales solo se llevan a cabo de manera óptima dentro de un intervalo de pH bastante restringido.

Por ejemplo, el pH de la sangre humana oscila entre 7.39 y 7.45, por lo que es ligeramente básica. Su valor en una persona sana comúnmente no difiere en más de 0.2 unidades del valor promedio.

Cuando su valor decae por debajo de 7.39, la condición se conoce como acidosis y cuando se encuentra por encima del intervalo se conoce alcalosis, por tanto, una variación de tan solo una décima de unidad podría tener consecuencias fatales.

Otro ejemplo de esto es el ***buffer*** marino o del océano que regula la cantidad de dióxido de carbono disuelto en agua, ya que una cantidad muy alta de este puede provocar cambios en el ambiente marino, esto mantiene el pH entre 7.5 y 8.4 para que todos los procesos se lleven a cabo de forma eficiente.

Pero ¿cómo es posible mantener naturalmente esta constancia en el pH? Descúbrelo tú mismo con el siguiente experimento.





Unidad 3

Semana 15

107

Las erupciones volcánicas liberan gases y cenizas que, al entrar en contacto con el agua, forman ácidos que acidifican el suelo. Con el tiempo, la erosión y la colonización por parte de organismos descomponedores ayudan a neutralizar la acidez y a formar suelos fértiles. ¡Es un proceso de creación y destrucción que da origen a nuevos ecosistemas!

Creatividad

En la etapa de Creatividad, el estudiantado verificará experimentalmente cómo funcionan algunas soluciones para controlar las variaciones de pH y procurar mantener constante este potencial de hidrógeno.

Creatividad

Cada fluido contiene diferentes tipos de sustancias disueltas, algunas sirven para mantener constante o amortiguar el pH fisiológico. En consecuencia, conocer cómo estas soluciones disueltas tienen esta capacidad es esencial para poder entender el equilibrio ácido-base.

A. Soluciones amortiguadoras o buffer

Con el siguiente experimento podrás comprobar las propiedades y cómo funcionan las soluciones que mantienen constante el pH.

135 min

Materiales:

- 4 vasos transparentes de 125 mL
- Escala de pH elaborada en la *semana 13*
- 2 jeringas de 20 mL
- Indicador de repollo
- Agua destilada
- HCl 0.50 M
- $NaHCO_3$ 0.10 M
- $NaOH$ 0.50 M
- Bureta
- Pajilla
- Tirro
- Tijera

Procedimiento:

Parte I. Estándar ácido

1. Verifica que la bureta que elaboraste la semana pasada esté limpia; luego, llénala con HCl 0.50 M hasta aforar.
2. Realiza una purga, una vez finalizada, llena la bureta hasta aforar la marca de medida; anota este valor que sería el volumen inicial.
3. Rotula un vaso con «Estándar ácido» e identifica una jeringa de 20 mL como «Agua destilada».
4. Con la jeringa, agrega 40 mL de agua destilada más 10 gotas de indicador de repollo en el vaso «Agua destilada».
5. Compara el color con la escala de pH y anota el valor que sería el pH inicial.
6. Coloca el vaso bajo la bureta, abre lentamente la llave y agrega 5 gotas de HCl, agítalo muy bien haciendo movimientos circulares sobre la mesa; luego, reporta el volumen final.
7. Calcula y registra el volumen del HCl agregado.
8. Compara el color del contenido del vaso con la escala de pH; anota el valor, este sería el pH final.
9. Conserva este vaso para compararlo con la solución «Medio ácido».



Ejemplo de agitar: movimiento circular para homogenizar evitando salpicaduras.

Parte II. Medio ácido

1. Rotula otro vaso con «Medio ácido» e identifica la otra jeringa de 20 mL como «$NaHCO_3$».
2. Con la jeringa, agrega 40 mL de una solución 0.10 M de $NaHCO_3$, en el vaso «Medio ácido».
3. Utiliza una pajilla para soplar durante un minuto con tu aliento que contiene CO_2.
4. Agrega 5 gotas de indicador de repollo y agita.

108

Variantes

- Si no cuenta con el material idóneo como la bureta, puede seguir haciendo uso de la bureta casera que los estudiantes elaboraron en la *semana 14.*
- Organice equipos. Puede asignar a unos el procedimiento ácido, y a otros, el procedimiento básico.

Para la técnica de agitar el *beaker* con movimiento circular para homogenizar, escanear el siguiente código donde se observa un ejemplo.
https://bit.ly/C09GM315a

Variante

Si en su institución no cuenta con buretas o desecharon las buretas caseras, pueden utilizar goteros tomando en cuenta que 1 ml contiene 20 gotas.

Si utilizan el gotero, deben contabilizar y reportar en un cuadro, como el siguiente, el volumen agregado y anotarlo en el Cuaderno de Trabajo. https://bit.ly/C09GM315b

5. Observa el color de la solución, compáralo con la escala y registra el valor de pH inicial.
6. Anota el volumen inicial de la bureta que contiene HCl.
7. Agrega gota a gota HCl 0.50 M hasta que el color y el pH sean idénticos al vaso «Estándar ácido» obtenido en la *parte I*.
8. Anota el volumen final de la bureta.
9. Calcula y registra el volumen del HCl agregado.
10. Vacía la solución de HCl de la bureta.
11. Enjuaga la bureta haciendo pasar a través de ella agua destilada y dejando que se vacíe en un vaso, repite dos veces.

Parte III. Estándar básico

1. Llena con $NaOH$ 0.50 M la bureta limpia hasta aforar.
2. Realiza la purga como en el *paso 2* de la *parte I* y anota el volumen inicial.
3. Rotula un vaso con «Estándar básico» y con la jeringa de 20 mL coloca 40 mL de agua destilada.
4. A continuación, agrega 10 gotas de indicador de repollo.
5. Compara con la escala de pH y anota el valor, este sería el pH inicial.
6. Coloca el vaso bajo la bureta, abre lentamente la llave, agrega 5 gotas de $NaOH$ y agítalo.
7. Calcula y registra el volumen del $NaOH$ agregado.
8. Compara el color de la solución con la escala de pH y anota el valor final.
9. Conserva este vaso para compararlo con la solución de la *parte IV.*

Parte IV. Medio básico

1. Rotula otro vaso con «Medio básico» y con la jeringa agrega 40 mL de una disolución a 0.10 M de $NaHCO_3$.
2. Utiliza una pajilla para soplar durante un minuto con tu aliento.
3. Agrega 5 gotas de indicador de repollo y agita el vaso.
4. Observa el color, compáralo con la escala y registra el valor de pH.
5. Anota el volumen inicial de la bureta que contiene $NaOH$.
6. Agrega gota a gota $NaOH$ 0.50 M hasta que el color y el pH sean idénticos al vaso «Estándar básico» obtenido en la *parte III*.
7. Anota el volumen final de la bureta, calcula y registra el volumen de $NaOH$ agregado.
8. Vacía la disolución de $NaOH$ de la bureta. Enjuágala haciendo pasar a través de ella agua destilada y dejando que se vacíe en un vaso de precipitado. Repite el enjuague dos veces.
9. Con los datos que registraste, responde las siguientes preguntas:
   a. ¿Son soluciones amortiguadoras las que contienen los vasos identificados como «*Parte II*» y «*Parte IV*»? Explica con tus palabras, ¿qué es una solución amortiguadora?
   b. ¿Cómo es el cambio en el pH al agregar ácido o base a las soluciones amortiguadoras de CO_2/HCO_3 , comparado con el cambio de pH en el agua pura?

Cuando trabajes con sustancias irritantes como ácidos y bases fuertes recuerda siempre utilizar gafas, guantes y gabacha.



- Aquí se presentan algunas recomendaciones clave. Antes de comenzar, investigue a fondo las propiedades de los ácidos y bases que van a utilizar. Conozca su grado de peligrosidad, cómo reaccionan con otros compuestos y las precauciones específicas para cada uno. Recuerde a sus estudiantes:
- Siempre utilizar bata de laboratorio, guantes resistentes a químicos, gafas de seguridad y, en algunos casos, mascarilla.

- Los gases liberados por algunos ácidos y bases pueden ser tóxicos.
- Tener a mano materiales de emergencia, como agua, bicarbonato de sodio y un botiquín de primeros auxilios.
- No pipetear con la boca.
- No oler directamente los productos químicos.
- Mantener el orden y la limpieza en el área de trabajo.

A través de la experiencia, el estudiantado comprobará la capacidad que tienen algunas soluciones para resistir cambios bruscos de pH. Posteriormente, con la teoría, comprenderá cómo identificar y definir este tipo de soluciones, así como relacionar su importancia en diversos ambientes naturales y biológicos, entre otros.



Acción de la solución buffer de ácido acético/ ion acetato en presencia de un ácido y base fuerte.

En el experimento anterior, has comprobado que existen soluciones con la capacidad de resistir o amortiguar los cambios de pH frente a la adición de pequeñas cantidades de ácido o de base, estas soluciones son conocidas con varios nombres como **soluciones amortiguadoras**, **soluciones tampón** o soluciones *buffer,* las tres formas son correctas, pero de ahora en adelante usaremos soluciones *buffer.*

La resistencia de los *buffers* se logra gracias a la presencia de una base conjugada que reacciona con los H^+ que se añaden, y de un ácido que reacciona con los OH^-, evitando los cambios bruscos en el pH de las soluciones. Los *buffers* tienen dos componentes y están formados por:

- Un ácido débil (HA) y una sal de este ácido que contenga su base conjugada (A^-).
- Una base débil (B) y una sal de esta base que contenga su ácido conjugado (BH).

La concentración de H^+ para una disolución que contiene un ácido débil y su base conjugada, puede obtenerse a partir de la ecuación 3.11 de la constante de acidez:

$$[H^+] = \frac{K_a[ácido]}{[base\ conjugada]}$$

De esta ecuación, aplicando el logaritmo se obtiene la ecuación 3.12, si ahora multiplicamos por (−1) a ambos lados de la igualdad, y aplicamos otra vez las propiedades de los logaritmos obtenemos la ecuación de Henderson- Hasselbach:

$$pH = pK_a + \log \frac{[base\ conjugada]}{[ácido]} \qquad 3.16$$

Esta expresión permite calcular el pH de las soluciones amortiguadoras. Cuando la concentración del ácido y la base son iguales, entonces el pH es igual al pKa. Algunas disoluciones reguladoras comunes son las siguientes:

- Ácido acético/ion acetato (sal de sodio o potasio), $CH_3COOH/\ CH_3COO^-$
- Ácido fluorhídrico/ ion fluoruro (sal de sodio o potasio), HF/F^-
- Cloruro de amonio/amoniaco, NH^+/NH^-
- Ácido láctico/ion lactato (sal de sodio o potasio), $C_3H_5O_3H/\ C_3H_5O^-$
- El pH de la sangre permanece constante entre un margen de 7.3 y 7.5 (ligeramente básico) gracias a la acción de soluciones amortiguadoras presentes en las proteínas del suero sanguíneo. Dichas proteínas están formadas por aminoácidos que presentan grupos carboxilo ácidos $(-COOH)$ y también grupos básicos como los amino $(-NH_2)$

Es importante que explique que la ecuación de Henderson-Hasselbach es una herramienta fundamental en química que nos permite calcular el pH de una solución amortiguadora (o *buffer*). Esta ecuación relaciona el pH de una solución con la constante de disociación ácida (K_a) de un ácido débil y las concentraciones de la forma ácida y su base conjugada en la solución.

Puede explicar la deducción paso a paso.
Un ácido débil (HA) que se ioniza parcialmente en agua:

$$HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$$

La constante de disociación ácida (K_a), se define como:

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

Se aplica logaritmo negativo a ambos lados de la ecuación

$$-\log K_a = -\log \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

Utilizando las propiedades de los logaritmos

$$-\log K_a = -\log[H_3O^+] - \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Recordemos que $-\log[H_3O^+]$ es la definición de pH. Además, definimos pK_a como $-\log K_a$. Entonces, la ecuación se convierte en: $pH = pK_a + \log([A^-]/[HA])$; esta es la ecuación de Henderson-Hasselbach.

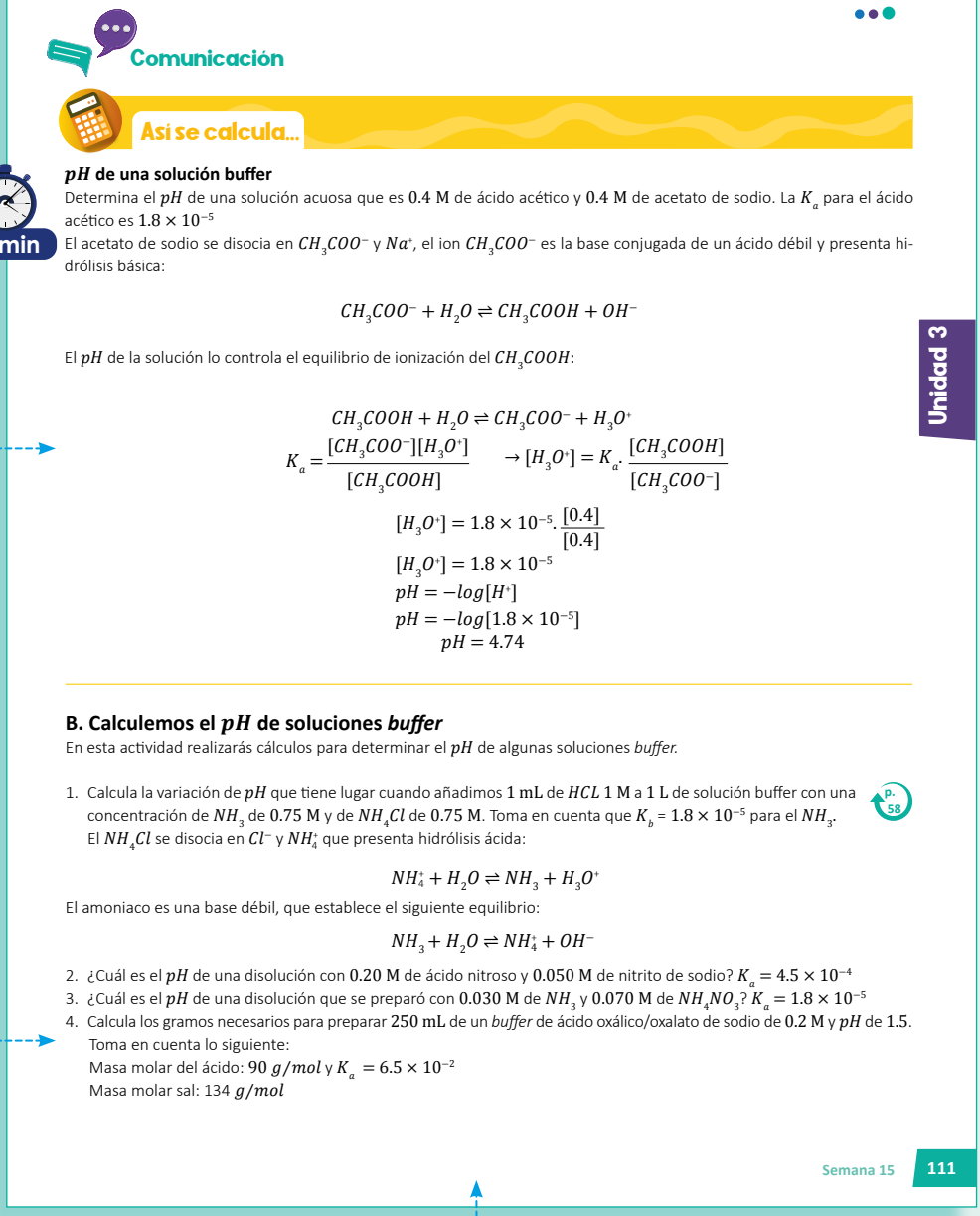
Comunicación

El estudiante comprenderá como desde el punto de vista teórico se puede determinar el potencial de hidrógeno de soluciones *buffer*. Por tanto, se plantea la sección *Así se calcula…*, para que aprenda a analizar y resolver ejercicios cuando se le proporcionan algunos datos.

- Explique que, después de despejar $[H_3O^+]$, esta se sustituye en la ecuación de Henderson-Hasselbach y se le aplica antilogaritmo.
- Resuelva otros ejercicios como ejemplos si es necesario. Puede utilizar estos ejercicios propuestos: https://bit.ly/C09GM315c



Apoye en la resolución de los ejercicios.
Ejercicio 1. Plantear la reacción, luego escribir K_b de esta y despejar $[OH^-]$. Con esto, obtener pOH y luego calcular el pH con la ecuación de $pH + pOH = 14$.
Después, encontrar los moles de HCl, plantear nuevamente K_b y despejar $[OH^-]$ para obtener pOH y, por último, el pH.



Comunicación

Así se calcula...

45 min

pH de una solución buffer

Determina el pH de una solución acuosa que es 0.4 M de ácido acético y 0.4 M de acetato de sodio. La K_a para el ácido acético es 1.8×10^{-5}

El acetato de sodio se disocia en CH_3COO^- y Na^+, el ion CH_3COO^- es la base conjugada de un ácido débil y presenta hidrólisis básica:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

El pH de la solución lo controla el equilibrio de ionización del CH_3COOH:

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \quad \rightarrow [H_3O^+] = K_a \cdot \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$[H_3O^+] = 1.8 \times 10^{-5} \cdot \frac{[0.4]}{[0.4]}$$

$$[H_3O^+] = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$pH = -log[H^+]$$

$$pH = -log[1.8 \times 10^{-5}]$$

$$pH = 4.74$$

B. Calculemos el pH de soluciones *buffer*

En esta actividad realizarás cálculos para determinar el pH de algunas soluciones *buffer*.

1. Calcula la variación de pH que tiene lugar cuando añadimos 1 mL de HCL 1 M a 1 L de solución buffer con una concentración de NH_3 de 0.75 M y de NH_4Cl de 0.75 M. Toma en cuenta que $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ para el NH_3. El NH_4Cl se disocia en Cl^- y NH_4^+ que presenta hidrólisis ácida:

p. 58

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$$

El amoniaco es una base débil, que establece el siguiente equilibrio:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

2. ¿Cuál es el pH de una disolución con 0.20 M de ácido nitroso y 0.050 M de nitrito de sodio? $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
3. ¿Cuál es el pH de una disolución que se preparó con 0.030 M de NH_3 y 0.070 M de NH_4NO_3? $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$
4. Calcula los gramos necesarios para preparar 250 mL de un *buffer* de ácido oxálico/oxalato de sodio de 0.2 M y pH de 1.5. Toma en cuenta lo siguiente:
   Masa molar del ácido: 90 g/mol y $K_a = 6.5 \times 10^{-2}$
   Masa molar sal: 134 g/mol

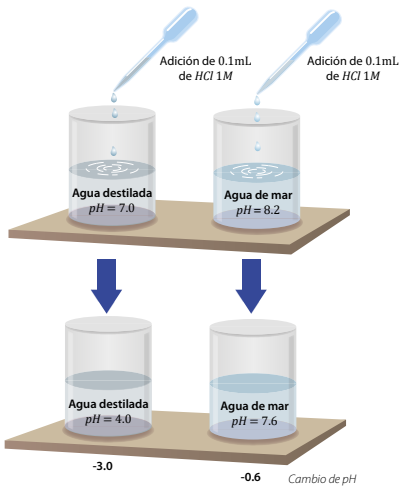
Unidad 3

Semana 15

111

Ejercicio 2. Sustitución de datos en la ecuación de Henderson-Hasselbach.
Ejercicio 3. Planteamiento de la ecuación Henderson-Hasselbach en función de pOH y sustitución de datos. Luego encontrar pH con $pH + pOH = 14$.
Ejercicio 4. Planteamiento de la ecuación Henderson-Hasselbach y aplicación de antilogaritmo. De este se despeja [base conjugada], para luego obtener los gramos a partir de la molaridad.

Este es un ejemplo claro de la importancia de las soluciones *buffer*. Puede proponer a los estudiantes que investiguen algún otro ejemplo donde intervienen las soluciones *buffer*.



Como mencionamos al inicio un *buffer* que podemos encontrar en la naturaleza es el agua de mar.
El pH del agua de mar es de aproximadamente 8.2; si en un laboratorio realizamos una simple prueba, y a 1 L de agua de mar le adicionamos 0.1 mL de una solución ácida de 1 M de HCl, y se compara con el pH de 1 L de agua destilada bajo las mismas condiciones, vamos a observar que el pH del agua pura cambia en 3.0 unidades, mientras que el pH del agua de mar solamente cambia en 0.6 unidades. Pero, ¿a qué se debe esto?, se han realizado muchas investigaciones que reportan que el pH del agua de mar es básico, debido a la acción en conjunto del CO_2 atmosférico y de los seres vivos que se encuentran en el interior del mar desempeñando un papel importante.

En cierto momento, cuando el CO_2 (dióxido de carbono) se introduce en el mar, se transforma en H_2CO_3 (ácido carbónico), HCO_3^- (ion bicarbonato), CO_3^{-2} (ion carbonato) y H^+ (protones). Como las etapas de esta reacción tienen lugar en diferentes extensiones, así estas sustancias se encuentran en cantidades diferentes en el océano.

Por otra parte, varias especies de seres vivos acuáticos evolucionaron con una forma de protección a partir de un caparazón calcáreo; la fabricación de este caparazón se basa en segregar Ca^{+2} (iones calcio), que, junto a los CO_3^{-2} presentes en el agua, generan el $CaCO_3$ (carbonato de calcio) que es un sólido bastante insoluble, cuya función es la de recubrir gradualmente las partes blandas del organismo.

El consumo de CO_3^{-2} para formar $CaCO_3$, trae como consecuencia el desplazamiento del pH hacia valores más básicos, así como una presencia mucho mayor de HCO_3^- disuelto en el agua, lo que permite mantener el pH en el rango.

Entonces, el control del pH se debe a que las propias sustancias que se encuentran disueltas en el agua de mar limitan el cambio en la concentración de H^+ después de la adición de HCl.



Mencione que los sistemas *buffer*, o tampón, son fundamentales para mantener un equilibrio en diversos sistemas, tanto naturales como sintéticos. Aquí hay algunos ejemplos donde intervienen; pueden investigar más sobre esto.

- En la naturaleza: en la sangre o los músculos del cuerpo humano; en océanos, suelos, lagos y ríos.
- En la vida cotidiana: en alimentos como lácteos, leche y yogur; en bebidas gaseosas y productos de limpieza.
- En la industria: en procesos químicos, en la fotografía.

El sistema *buffer* (bicarbonato/ácido carbónico) es esencial para mantener el pH sanguíneo entre 7.35 y 7.45. Si este pH se altera, pueden surgir problemas graves como la acidosis o la alcalosis.
En los músculos, durante el ejercicio intenso, se produce ácido láctico. El sistema tampón bicarbonato ayuda a neutralizar este ácido, evitando la fatiga muscular.

El suelo contiene diversos compuestos que actúan como tampones, ayudando a mantenerlo estable y favoreciendo el crecimiento de las plantas.
Los sistemas acuáticos también poseen tampones naturales que ayudan a mantener un pH adecuado para la vida acuática.

Elaborar un *buffer* permite conocer exactamente como se componen estas sustancias, luego comprobar su capacidad amortiguadora ayuda a asimilar mejor la función tan importante que cumplen estas sustancias.

Criterios de evaluación

- Realiza el cálculo correcto de volumen gastado.
- Comprueba el efecto amortiguador de pH de las soluciones *buffer*.
- Explica con sus propias palabras qué es una solución amortiguadora.
- Explica el efecto amortiguador de una solución *buffer*.

Cuaderno de Trabajo



Creatividad

Soluciones amortiguadoras

A. Soluciones amortiguadoras o *buffer*

Parte I y II

Completa la tabla con los datos obtenidos durante el procedimiento:

Muestra	Volumen inicial HCl	Volumen final HCl	pH inicial	pH final	Volumen de HCl gastado
Estándar ácido					
Medio ácido					

Cálculo del volumen de HCl gastado:

Parte III y IV

Completa la tabla con los datos obtenidos durante el procedimiento:

Muestra	Volumen inicial de $NaOH$	Volumen final de $NaOH$	pH inicial	pH final	Volumen de $NaOH$ gastado
Estándar básico					
Medio básico					

Cálculo del volumen de $NaOH$ gastado:

a. Explica qué es un amortiguador:
Soluciones con la capacidad de resistir o amortiguar los cambios de pH frente a la adición de pequeñas cantidades de ácido o de base.

b. Explica cómo varía el cambio de pH en una solución amortiguadora comparada con agua pura:
El cambio de pH que ocurre en el agua al agregar una pequeña cantidad de ácido o base es drástico, comparado con el cambio que ocurre al agregar una pequeña cantidad de ácido o base en una solución amortiguadora donde el cambio es mínimo.

p. 110

Unidad 3

Enfatice que para el calculo del pH de soluciones amortiguadoras hay una ecuación específica, ya que como se trata de un ácido y su base conjugada, se debe considerar ambas para el calculo.

Cuaderno de Trabajo

Comunicación

B. Calculemos el pH de soluciones *buffer*

1. Calcula la variación de pH:

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $\quad K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

$K_b = \dfrac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$

$[OH^-] = K_b \cdot \dfrac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$

$[OH^-] = 1.8 \times 10^{-5} \cdot \dfrac{[0.75]}{[0.75]}$

$[OH^-] = 1.8 \times 10^{-5}$

$pOH = -log\,[OH^-]$
$pOH = -log\,[1.8 \times 10^{-5}]$
$pOH = 4.745$

$pH + pOH = 14$
$pH = 14 - pOH$
$pH = 14 - 4.75$
$pH = 9.255$

Al añadir 1 mL de HCl 1 M a 1 L de *buffer*:

$n_{HCl} = M \cdot V$
$n_{HCl} = (1\ mol/L)(0.001\ L)$
$n_{HCl} = 0.001\ \ moles$ de $HCl \rightarrow [H_3O^+] = 0.001\ moles$

Teniendo en cuenta la hidrólisis de NH_4^+, un aumento de la concentración de H_3O^+ disminuye la concentración de NH_3 y aumenta la de NH_4^+.

$[OH^-] = K_b \cdot \dfrac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$

$[OH^-] = 1.8 \times 10^{-5} \cdot \dfrac{[0.75 - 0.001]}{[0.75 + 0.001]}$

$[OH^-] = 1.795 \times 10^{-5}$

$pOH = -log\,[OH^-]$
$pOH = -log\,[1.795 \times 10^{-5}]$
$pOH = 4.746$

$pH + pOH = 14$
$pH = 14 - pOH$
$pH = 14 - 4.746$
$pH = 9.254$

2. Calcula el pH:

$pH = pK_a + log\,\dfrac{[sal]}{[ácido]}$

$pH = -log[4.5 \times 10^{-4}] + log\,\dfrac{[0.050]}{[0.200]}$

$pH = 3.34 + (-0.602)$
$pH = 3.34 + 0.602$
$pH = 2.74$

58

Criterios de evaluación

- Resuelve de manera ordenada los ejercicios que se le plantean.
- Analiza que el ejercicio plantea dos momentos: antes de la adición y después de la adición de la solución valorante.
- Evidencia paso a paso los cálculos que realiza.
- Aplica la ecuación Henderson-Hasselbach para la obtención de pH.

- Algunos estudiantes no registran el paso a paso de los cálculos matemáticos, pero si el procedimiento sigue un planteamiento de análisis valido para la resolución del problema, se debe considerar correcto.
- Es importante también que, si algún estudiante lo analiza de manera más práctica, lo comparta con el resto de la clase, para que los demás vean la variedad de opciones para resolver algunos problemas planteados.

Criterios de evaluación

- Aplica la ecuación Henderson-Hasselbach en función del pOH.
- Interpreta correctamente los datos proporcionados en el problema.
- Identifica las incógnitas a resolver.
- Justifica cada paso del cálculo.

Cuaderno de Trabajo

3. Calcula el pH:

$$pOH = pK_b + log\frac{[sal]}{[base]}$$

$$pOH = -log[1.8 \times 10^{-5}] + log\frac{[0.070]}{[0.030]}$$

$$pOH = 4.74 + 0.36$$
$$pOH = 5.1$$

$$pH + pOH = 14$$
$$pH = 14 - pOH$$
$$pH = 14 - 5.1$$
$$pH = 8.9$$

4. Calcula los gramos de ácido oxálico/oxalato de sodio:

Masa molar del ácido: $90\ g/mol$ y $K_a = 6.5 \times 10^{-2}$
Masa molar de la sal: $134\ g/mol$

$$pH = pK_b + log\frac{[sal]}{[ácido]}$$

$$1.5 = -log[6.5 \times 10^{-2}] + log\frac{[sal]}{[ácido]}$$

$$1.5 = 1.18 + log\frac{[sal]}{[ácido]}$$

$$1.5 - 1.18 = log\frac{[sal]}{[ácido]}$$

$$0.32 = log\frac{[sal]}{[ácido]}$$

Aplicando antilogaritmo

$$10^{0.32} = log\frac{[sal]}{[ácido]}$$

$$\frac{[sal]}{[ácido]} = 0.28$$

$$M = \frac{g}{MM \cdot V_L} \rightarrow \quad g = M \cdot MM \cdot V_L$$

$$g = 0.064\ mol/L \cdot 90\ g/mol \cdot 0.25L$$
$$g = 1.4\ g \text{ de ácido}$$

$$M = \frac{g}{MM \cdot V_L} \rightarrow \quad g = M \cdot MM \cdot V_L$$

$$g = 0.136\ mol/L \cdot 134\ g/mol \cdot 0.25L$$
$$g = 18.22\ g \text{ de } sal$$

$$[sal] + [ácido] = M$$
$$[sal] + [ácido] = 0.2$$
$$[sal] = 0.2 - [ácido]$$

Sustituimos en

$$\frac{[sal]}{[ácido]} = 2.08$$

$$\frac{0.2 - [ácido]}{[ácido]} = 2.08$$

$$0.2 - [ácido] = 2.08\ [ácido]$$
$$0.2 = 2.08\ [ácido] + [ácido]$$
$$0.2 = 3.08\ [ácido]$$
$$\frac{0.2}{3.08} = [ácido]$$
$$0.064\ M = [ácido]$$
$$[sal] = 0.2 - [0.064]$$
$$[sal] = 0.136\ M$$

p. 112

Semana 16 Reacciones de ácidos y bases

Contenido

Equilibrio ácido base
- Reacciones de ácidos y bases

Indicadores de logro

3.18. Aplica el principio de Le Châtelier en el equilibrio ácido-base.
3.19. Detecta el punto de equivalencia a partir de un experimento de titulación ácido-base.
3.20. Ejemplifica medidas para el manejo y tratamiento de ácidos y bases.



Preparaciones de la semana

A. Principio de Le Châtelier para ácidos y bases

- Puede proveer o solicitar al estudiantado 4 vasos, 3 cucharas, 3 jeringas de 5 ml, CH_3COOH 0.1 M, NaOH 0.1 M, indicador de repollo y agua destilada.

B. Determinación del contenido de vinagre en mostaza

- Para este experimento debe preparar el material de laboratorio y solicitar 15 g de mostaza amarilla (con cúrcuma).
- Si por algún motivo no resguardaron la escala de pH elaborada en la *semana 13, actividad A*, prepárenla nuevamente siguiendo el procedimiento.

Notas docentes. Registre sus aportes al material educativo, según su experiencia con la implementación en el aula.

Sus apuntes son muy importantes para el diseño curricular y para apoyar a sus compañeros. Escanee el código si desea compartir sus notas con el equipo de Ciencia Educativa.

https://bit.ly/ComentCyT

Indagación

Se inicia planteando una probable situación o sensación que el estudiante —o alguna persona cercana a él— haya experimentado, como la acidez estomacal. Esto permitirá despertar la curiosidad acerca de cómo es que las sustancias (en este caso, antiácidos) actúan en el tracto digestivo aliviando los síntomas, además de reflexionar sobre la investigación de las reacciones, cómo cumplen el principio de Le Châtelier y cómo esto ha permitido obtener medicamentos o sustancias que brindan alivio.

Presente otro ejemplo de situaciones o circunstancias donde se evidencien reacciones de ácidos y bases. Aquí están unos ejemplos:

- Digestión: cuando ingerimos alimentos, nuestro estómago produce ácido clorhídrico (HCl) para descomponer los alimentos. Esta es una reacción ácido-base que ayuda a la digestión.
- Limpieza: muchos productos de limpieza, como los detergentes y jabones, contienen bases que reaccionan con la grasa y la suciedad, formando compuestos solubles en agua.
- Picaduras de insectos: el veneno de algunas picaduras de insectos es ácido; para aliviar la picazón, se pueden aplicar sustancias básicas como el bicarbonato de sodio.
- Conservación de alimentos: el vinagre, que es ácido, se utiliza para conservar alimentos como pepinillos, ya que inhibe el crecimiento de bacterias.

45 min

Indagación

Reacciones de ácidos y bases

¿Alguna vez has sentido un malestar en tu estómago tan fuerte que has tenido que tomar algún medicamento para aliviar el dolor?

Cuando sufrimos una indigestión ácida o acidez estomacal solemos tomar pastillas antiácidas y, normalmente, funcionan de maravilla.

Las pastillas antiácidas son muy eficaces contra la acidez porque están compuestas por hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$), una base. Cuando este entra en contacto con el ácido fuerte del estómago (ácido clorhídrico, HCl), neutraliza el exceso del ácido estomacal. ¡Esto logra que te sientas mejor en poco tiempo!

Incremento de la acidez



Unidad 3

Es en estas situaciones se lleva a cabo una reacción ácido-base o de neutralización, ya que reaccionan entre sí un ácido y una base, dando como productos una sal y agua.

Reacción ácido/base



Ácido Base Sal Agua

Así como estudiamos en la *semana 10,* estas reacciones son equilibrios químicos que obedecen al principio de Le Châtelier. Pero, ¿cómo podemos evidenciar que las reacciones ácido-base obedecen a este principio? Qué te parece si hacemos un experimento para comprobarlo.

A. Principio de Le Châtelier para ácidos y bases

Con esta actividad podrás evidenciar el principio de Le Châtelier para los ácidos y las bases, así mismo analizarás cómo se cumple este principio; para ello, necesitarás lo siguiente:

Materiales:

- Indicador de repollo
- 3 jeringa de 5 mL
- Agua destilada
- CH_3COOH 0.1 M
- $NaOH$ 0.1 M
- 3 cucharas
- 4 vasos

Semana 16 113

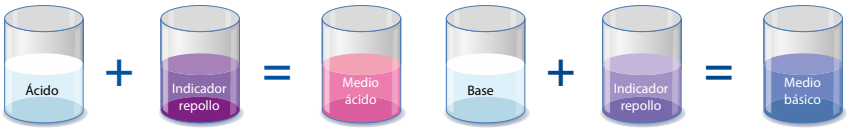
- Respiración celular: en nuestro cuerpo, el dióxido de carbono producido durante la respiración celular se disuelve en el agua de la sangre, formando ácido carbónico; esto ayuda a regular el pH de la sangre.
- Función muscular: la contracción muscular implica cambios en el pH debido a la producción de ácido láctico.

Si con la cantidad de ácido o base agregada en determinado momento no hay viraje de color, se recomienda agregar más hasta que el cambio sea notorio.

Procedimiento:

1. Agrega en un vaso $5\ mL$ de indicador de repollo más $10\ mL$ de agua destilada y registra el color de la solución.
2. Adiciona $1\ mL$ de CH_3COOH y observa. ¿De qué color es la solución?
3. Agrega $1\ mL$ de $NaOH$ y observa. ¿A qué color cambió la solución?
4. Adiciona $1\ mL$ de CH_3COOH. ¿De qué color es ahora?
5. Agrega $1\ mL$ de $NaOH$. ¿A qué color cambió?
6. Escribe las ecuaciones de las reacciones de disociación que plantea el experimento y aplica el principio de Le Châtelier para explicar con tus palabras en qué dirección se desplaza el equilibrio.

p. 60



Recuerda el principio de Le Châtelier «Si un sistema químico en equilibrio se somete a un cambio, el equilibrio se desplazará en el sentido que contrarreste el cambio». Por tanto, si analizamos las reacciones ácido-base, utilizando otro ejemplo y aplicando el análisis del principio de Le Châtelier, tendríamos los siguientes casos:
El ion amonio NH_4^+ es un ácido débil que se disocia de la siguiente manera:

$$NH^+_{4(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

Añadiendo una pequeña cantidad de HCl y aplicando el principio de Le Châtelier se tendría el equilibrio del NH_4^+/NH_3 y la disociación del HCl:

$$NH^+_{4(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

$$HCl_{(ac)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Cl^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

Como en ambas reacciones se producen H_3O^+, su concentración aumenta en los productos para restablecer el equilibrio, la reacción NH_4^+/NH_3 se desplazará hacia la izquierda para poder anular el aumento de iones H_3O^+.

Si añadimos ahora una pequeña cantidad de $NaOH$, aplicando Le Châtelier se tendría el equilibrio del NH_4^+/NH_3 y la disociación del $NaOH$:

$$NH^+_{4(ac)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_{3(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$$

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

Al añadir una base fuerte, se añaden iones OH^- estos van a ir directamente a reaccionar con los iones H_3O^+, produciendo una neutralización, esto hace que la concentración de H_3O^+ disminuya en los productos; por lo tanto, la reacción se desplazará en sentido de los productos, es decir, a la derecha.

Explique otros ejemplos de aplicación de Le Chatelier en reacciones de neutralización.

- Ácido débil y base fuerte: al titular un ácido débil, como el ácido acético (CH_3COOH), con una base fuerte, como el hidróxido de sodio ($NaOH$), la adición gradual de la base desplaza el equilibrio hacia la derecha, favoreciendo la formación de sal (acetato de sodio) y agua.
- Ácido fuerte y base débil: lo contrario ocurre cuando se titula un ácido fuerte con una base débil. El equilibrio se desplazará para favorecer la formación de sal y agua, pero la presencia del ion común (proveniente de la base débil) puede afectar ligeramente el pH en el punto de equivalencia.
- Bicarbonato/ácido carbónico: es el sistema *buffer* de la sangre, la adición de el ácido láctico producido durante el ejercicio desplaza el equilibrio hacia la derecha, consumiendo el exceso de H^+ y manteniendo relativamente constante el pH.

- Producción de alimentos: a menudo se utilizan reacciones de neutralización para ajustar el pH. Por ejemplo, al agregar ácido cítrico a un refresco, se desplaza el equilibrio hacia la formación de sal y agua, lo que modifica su sabor.
- Digestión: en el estómago, el ácido clorhídrico desnaturaliza a las proteínas, que luego son degradadas a péptidos por la acción de una enzima llamada pepsina. La pepsina se activa en presencia de un pH ácido y se desactiva en presencia de un pH neutro.

Creatividad

Con el experimento planteado para esta semana se busca introducir de manera más formal a las titulaciones ácido-base, con el fin de que el estudiante aprenda a analizar los datos obtenidos y tenga claro cuáles se necesitan para determinar la concentración del ácido titulado.

Variante

Esta semana busca que los estudiantes realicen la experiencia lo más próxima a como se realiza en un laboratorio analítico, pero si no se cuenta con el material de laboratorio, pueden continuar utilizando la bureta casera y sustituyendo los materiales idóneos con otros que se tengan al alcance. Únicamente se debe tener en cuenta que se tendrá un mayor margen de error.

135 min

Recuerde que la titulación es una técnica analítica utilizada para determinar la concentración exacta de una sustancia en solución. Consiste en hacer reaccionar de manera cuantitativa una solución de concentración conocida (titulante) con un volumen conocido de una solución de concentración desconocida (analito).

Creatividad

En la *semana 14* has empleado el método volumétrico cuantitativo, llamado valoración o titulación volumétrica, este método en términos generales es un proceso químico que se utiliza para determinar la concentración de una disolución desconocida, añadiendo lentamente un reactivo de concentración conocida.



Podrías preguntarte, ¿por qué es necesario, este método? Seguramente alguna vez has comido un «elote loco» o algún pan con proteína de soya que coloquialmente llamamos «panes mata niños».
Un ingrediente indispensable de estos manjares es la mostaza, la cual se considera de gusto adquirido. Esto significa que tal vez no te guste al principio, pero al consumirla con frecuencia puedes llegar a desarrollar un gusto por su sabor.

El sabor de la mostaza invade todo el paladar creando una sensación única, dentro de la composición de las mostazas comerciales, un ingrediente que es de nuestro interés por ahora es el vinagre. Qué te parece si con el siguiente experimento determinas el porcentaje en peso de vinagre en una muestra de mostaza.

B. Determinación del contenido de vinagre en mostaza

En el siguiente experimento, determinarás la cantidad de vinagre en una muestra de mostaza amarilla con una valoración ácido-base; siendo el indicador, la cúrcuma presente en la muestra.

Materiales:

- Una bureta de 25 o 50 mL
- Una probeta de 10 o 25 mL
- Una pinza para bureta o pinza de extensión
- Un soporte metálico
- Un *beaker* de 250 mL
- Un *beaker* de 100 mL
- Un agitador de vidrio
- Un vidrio de reloj
- Una balanza
- Tres Erlenmeyer de 125 mL
- Una espátula
- Una nuez doble
- Un balón volumétrico de 100 mL con tapón
- Un mechero de alcohol o cocina a gas/eléctrica
- Agua destilada o desmineralizada
- 5 g de $NaOH$
- $15\ g$ de mostaza amarilla (con cúrcuma)

Procedimiento:

Parte I. Preparación de la solución valorante de hidróxido de sodio

1. Agrega 150 mL de agua destilada al beaker de 250 mL.
2. Calienta el agua hasta su ebullición.
3. Mantén la ebullición por 5 minutos y retira del calor.
4. Tapa con el vidrio de reloj el *beaker* para evitar la entrada de polvo u otras sustancias.
5. Dejar enfriar el agua durante 40-60 minutos o hasta que llegue a temperatura ambiente. Para acelerar el proceso, coloca el *beaker* con cuidado en un baño de

Fijate que...

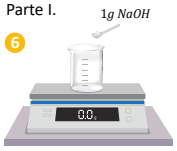
El $NaOH$ reacciona con el CO_2 disuelto en el agua, es importante eliminarlo para disminuir el error.

Unidad 3

Semana 16 115

Puede organizar la preparación de hidróxido de sodio, ya sea que cada equipo elabore su solución o realizar los cálculos pertinentes para elaborar un volumen de valorante que alcance para toda la clase y para las repeticiones que tendrá que realizar cada equipo.

Parte I.











Parte II.



Parte III.



agua fría o hielo, teniendo absoluta precaución de que el agua externa no entre en el *beaker*. Mientras el agua se enfría, continúa con los pasos de la *Parte II. Preparación de las muestras.*

6. Coloca otro *beaker* de $100\ \text{mL}$ sobre la balanza y agrega $1\ \text{g}$ de $NaOH$. Esta operación debe realizarse rápidamente, ya que el $NaOH$ es **higroscópico**, es decir, que absorbe la humedad del aire, lo que podría provocar un error en la medición de la masa. Anota la masa exacta que registra la balanza. p. 61
7. Agrega de forma rápida $40\ \text{mL}$ de agua destilada y agita hasta que se disuelva la mayor cantidad de sólido posible.
8. Agrega con cuidado el contenido del *beaker* en un balón volumétrico de $100\ \text{mL}$ y realiza los lavados del *beaker* con $20\ \text{mL}$ de agua hasta eliminar todo el $NaOH$.
9. Agrega agua destilada con ayuda de un gotero hasta aforar el balón.
10. Tapa el balón y con muchísimo cuidado homogeniza su contenido.

Parte II. Preparación de las muestras

1. Pon un Erlenmeyer de $125\ \text{mL}$ en la balanza y agrega $5\ \text{g}$ de mostaza. La mostaza debe caer directo en el fondo del Erlenmeyer, sin tocar las paredes o la boca de este, ya que, si esto pasa, los datos experimentales tendrán un error apreciable.
2. Registra las tres masas exactas.
3. Mide con la probeta $15\ \text{mL}$ de agua destilada y agrégala al Erlenmeyer.
4. Agita suavemente y de manera circular el Erlenmeyer para dispersar la mostaza. Evita una agitación fuerte, ya que parte de la mostaza se adheriría a las paredes del Erlenmeyer.
5. Repite el procedimiento para preparar otras dos muestras e identifícalas.

Parte III. Valoración de la muestra

1. Coloca $60\ \text{mL}$ de la solución de $NaOH$ en el beaker de $100\ \text{mL}$.
2. Con una alícuota de $10\ \text{mL}$ de $NaOH$ enjuaga la bureta, descarta esta solución que ya se usó y repite el procedimiento.
3. Verifica que la llave de la bureta esté cerrada.
4. Llena la bureta hasta la marca de aforo y púrgala.
5. Agrega más $NaOH$ hasta aforar.
6. Coloca un Erlenmeyer con muestra de mostaza debajo de la bureta.
7. Ajusta la altura de la bureta de forma que una pequeña parte del vástago se encuentre dentro de la boca del Erlenmeyer, presta atención al menisco de la solución en la bureta y anota este volumen inicial.
8. Aplica la técnica para valoración, abre la válvula lentamente y mantén la muestra en agitación mientras añades la solución valorante. De forma similar a lo que hiciste en la *semana 14, actividad B, paso 9*. La agitación debe ser moderada, evitando el roce entre el vástago de la bureta y la boca del Erlenmeyer.
9. Continúa la adición de solución de hidróxido hasta observar un leve cambio de coloración en la mostaza.
10. Mide el volumen final.
11. Calcula el volumen gastado por diferencia entre el volumen inicial y final.

Para evitar que la mostaza toque las paredes del recipiente pueden colocarla en una bolsa, hacerle un orificio pequeño y verterla con cuidado a una altura pertinente, procurando que el hilo de mostaza se vaya depositando directamente en el centro del recipiente.



En caso de que se excedan de medida de masa en gran cantidad, pueden extraer la muestra con la ayuda de una pajilla.

Puede realizar una prueba y guardar la muestra para que los estudiantes observen, en condiciones más similares a las del laboratorio, las tonalidades que se obtienen antes, durante y después del punto de equivalencia en la valoración.

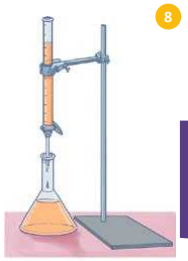
Posible dificultad

- Es necesario que motive al estudiantado a poner en práctica las técnicas que se muestran en la guía esquemática, para asegurar la obtención de buenos resultados.
- Cuando realicen la valoración de la primera muestra, deben ir a un ritmo lento, con el objetivo de no pasarse del punto de equivalencia.

Explique que la observación precisa de los meniscos en soluciones es fundamental para realizar mediciones volumétricas exactas en laboratorios. Un menisco es la curvatura de la superficie de un líquido en un recipiente, y su forma (cóncava o convexa) depende de las fuerzas de cohesión y adhesión entre las moléculas del líquido y del recipiente.

12. Ajusta la altura de la bureta para retirar el Erlenmeyer.
13. Repite los *pasos 6-9* utilizando las otras dos muestras.
14. Realiza los cálculos siguientes:
    a. Calcula la concentración de la solución de $NaOH$.
    b. Calcula el volumen gastado en cada valoración. Anota el resultado en la misma tabla.
    c. Deduce y escribe la ecuación química balanceada de la valoración. p. 61
    d. Emplea la concentración de la solución de $NaOH$ calculada en el *literal a.* y el volumen de valorante calculado en el *literal b.*, para encontrar los moles de $NaOH$ gastados en cada titulación.
    e. Emplea la estequiometría de la reacción deducida en el *literal c.*, para convertir los moles de $NaOH$ gastados en moles de CH_3COOH consumido en cada titulación.
    f. Emplea la masa molar de CH_3COOH para convertir los moles de este ácido consumido en masa (gramos) en cada titulación.
    g. Calcula el porcentaje en peso (% p/p) de vinagre en la mostaza y su valor promedio entre los datos de las tres muestras, que es el resultado final de la práctica.





Así se calcula...

Colocaremos datos experimentales como ejemplo, tu tendrás que hacer los cálculos con los datos que obtengas.

Parte I. Preparación de la solución valorante de hidróxido de sodio a 0.25 M

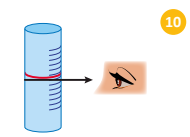
Masa de $NaOH$ (g)	2.0
Volumen de solución preparada (mL)	0.100

Parte II. Preparación de las muestras

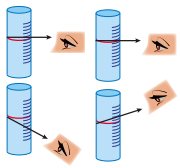
Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
5.0	5.0	5.0

Parte III. Valoración de la muestra

	Valoración 1	Valoración 2	Valoración 3
Volumen inicial (mL)	0.0	11.6	23.3
Volumen final (mL)	11.6	23.3	35.3
Volumen gastado (mL)	11.6	11.7	12.0



Lectura correcta



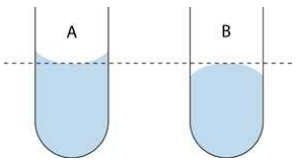
Lectura incorrecta

Ojo al dato..

Masa molar de $NaOH = 40.0\ g/mol$

$CH_3COOH = 60.1\ g/mol$

A: cóncavo, la lectura se toma en la parte inferior del menisco. Es el caso más común en soluciones acuosas en vidrio.
B: convexo, la lectura se toma en la parte superior del menisco. Es típico en líquidos como el mercurio.



En la sección *Así se calcula…* se muestra un ejemplo de cómo se reportarán los resultados y los cálculos que debe realizar el estudiante para determinar el pH de ácido acético en la muestra de mostaza.

a. Siendo la expresión de la molaridad:

$$M_{NaOH} = \frac{g_{NaOH}}{MM_{NaOH} \cdot V_{NaOH}}$$

Además, siendo la masa molar del $NaOH$ 40.0 g/mol. Sustituye los resultados experimentales:

$$M_{NaOH} = \frac{2\ g}{(40.0\ g/mol)(0.100\ L)} = 0.5 mol/L$$

b. Para el volumen gastado en cada valoración, se hace la diferencia de volumen ΔV.

Para la valoración 1:

$$11.6\ mL - 0.0\ mL = 11.6\ mL$$

Para la valoración 2:

$$23.3\ mL - 11.6\ mL = 11.7\ mL$$

Para la valoración 3:

$$35.3\ mL - 23.3\ mL = 12.0\ mL$$

c. Calcula los moles de $NaOH$ gastados en cada titulación. Despeja los n_{NaOH} de la expresión de:

$$M_{NaOH} = \frac{n_{NaOH}}{V_{NaOH}}$$

$$n_{NaOH} = M_{NaOH} + V_{NaOH}$$

Para la valoración 1:

$$n_{NaOH} = (0.5 mol/L) \times (0.0116\ L)$$

$$n_{NaOH} = 5.80 \times 10^{-3}$$

Para la valoración 2:

$$n_{NaOH} = (0.5 mol/L) \times (0.0117\ L)$$

$$n_{NaOH} = 5.85 \times 10^{-3}$$

Para la valoración 3:

$$n_{NaOH} = (0.5 mol/L) \times (0.012\ L)$$

$$n_{NaOH} = 6.00 \times 10^{-3}$$

d. Para los moles de CH_3COOH consumido en cada titulación.

Para la valoración 1:

$$5.80 \times 10^{-3}\ mol_{NaOH} \times \frac{1\ mol_{CH_3COOH}}{1\ mol_{NaOH}}$$

$$5.80 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH}$$

Para la valoración 2:

$$5.85 \times 10^{-3}\ mol_{NaOH} \times \frac{1\ mol_{CH_3COOH}}{1\ mol_{NaOH}}$$

$$5.85 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH}$$

Para la valoración 3:

$$6.00 \times 10^{-3} \times \frac{1\ mol_{CH_3COOH}}{1\ mol_{NaOH}}$$

$$6.00 \times 10^{-3}\ 1\ mol_{CH_3COOH}$$

e. Para obtener moles de este ácido consumido en gramos en cada titulación.

Para la valoración 1:

$$5.80 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH} \times \frac{60.1\ g/mol}{1\ mol_{CH_3COOH}}$$

$$0.349\ g_{CH3COOH}$$

Para la valoración 2:

$$5.85 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH} \times \frac{60.1\ g/mol}{1\ mol_{CH_3COOH}}$$

$$0.351\ g_{CH_3COOH}$$

Para la valoración 3:

$$6.00 \times 10^{-3}\ mol_{CH_3COOH} \times \frac{60.1\ g/mol}{1\ mol_{CH_3COOH}}$$

$$0.360\ g_{CH_3COOH}$$

f. Calcula el porcentaje en peso (% p/p) de vinagre en la mostaza y su valor promedio.

Para la valoración 1:

$$\frac{0.349\ g_{CH_3COOH}}{5\ g_{mostaza}} \times 100\ \% = 6.98\ \%$$

Para la valoración 2:

$$\frac{0.351\ g_{CH_3COOH}}{5\ g_{mostaza}} \times 100\ \% = 7.02\ \%$$

Para la valoración 3:

$$\frac{0.360\ g_{CH_3COOH}}{5\ g_{mostaza}} \times 100\ \% = 7.20\ \%$$

Siendo el valor promedio 7.06 %.

- Mencione que los cálculos son a partir de datos ficticios; los estudiantes deben realizarlos con los datos obtenidos en el experimento.
- Explique este ejemplo para que los estudiantes identifiquen el paso a paso para obtener los resultados necesarios para determinar la concentración de ácido acético en la muestra de mostaza.

Comunicación

El estudiantado concretará el conocimiento de la aplicación del método volumétrico, que se basa en la determinación de la concentración desconocida de una muestra de sustancia utilizando otra sustancia de concentración conocida (valorante). Asimismo, aprenderá a reconocer las medidas para el manejo y tratamiento de ácidos y bases en función de sus propiedades.

Mencione que, dependiendo de las propiedades de las sustancias utilizadas en la valoración volumétrica, se obtiene un gráfico. En él se analiza la tendencia del pH respecto al volumen de valorante agregado.

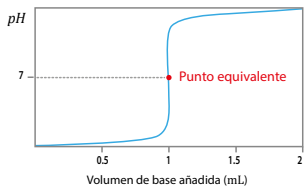
Comunicación

45 min

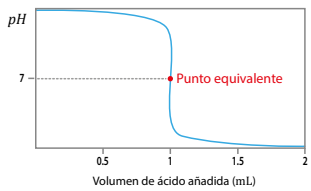
En el experimento realizado se tiene una solución de ácido (o base) de concentración desconocida que se pretende valorar; para ello, se van añadiendo sucesivos volúmenes de la disolución de base (o ácido) de concentración conocida. Cuando la concentración de H_3O^+ aportada por el ácido es igual a la concentración de OH^- aportada por la base, se alcanza el **punto de equivalencia**, en el cual la neutralización se ha completado. Si en el transcurso de la valoración se registra el pH de la solución a valorar, al ir añadiendo pequeños volúmenes de la disolución valorante, podemos hacer una representación gráfica del pH frente al volumen añadido que conocemos como **curva de titulación**.

Por ejemplo, al valorar un ácido fuerte con una base fuerte, el punto de equivalencia tiene lugar a un $pH = 7$.

Ácido fuerte con un base fuerte



Base fuerte con un ácido fuerte



Se produce un salto brusco de pH en las proximidades del punto de equivalencia (teórico) que permite determinar cuándo se ha alcanzado el **punto final** de la valoración (experimental). La diferencia existente entre el punto de equivalencia y el punto final es el **error de valoración**. La detección del punto final puede realizarse mediante medidas sucesivas de pH o usando indicadores, que cambian de color según el pH del medio, como pudiste observar en el cambio de coloración de la mostaza.

C. Manejo de sustancias

A continuación, aprenderás algunas medidas para el manejo de sustancias químicas y la importancia de aplicarlas tanto en el laboratorio como en tu hogar.

Procedimiento:

1. Realiza un recorrido en tu hogar para seleccionar algunas sustancias comunes que se utilizan para el aseo u otra actividad.
2. Clasifica las sustancias como ácidos o bases.
3. Realiza una investigación bibliográfica sobre cuáles son las medidas adecuadas para el manejo y eliminación de dichas sustancias químicas.
4. Elabora un análisis sobre el mejor manejo de dichas sustancias e identifica algunos errores frecuentes.
5. Plantea algunas recomendaciones para evitar accidentes y el mal manejo que has detectado.
6. Haz una infografía para realizar una presentación a tus compañeros.

p. 62

Puedes hacer una presentación, cartel o rotafolio mostrando los resultados de tu experimento, sería genial que coloques fotografías.



Unidad 3

TITULACIÓN ÁCIDO BASE

Si seguimos la variación del pH durante la titulación, el punto de equivalencia (neutralización) está en el punto de inflexión de la curva.

Conoce algunas buenas practicas de laboratorios.
https://bit.ly/093S16a

Con el recurso RA, el estudiantado podrá realizar cuatro tipos de valoración volumétrica ácido-base y observar la tendencia de las curvas de titulación. Además, se hace énfasis sobre el uso adecuado de los dispositivos móviles como herramientas para el aprendizaje.

En esta etapa de Indagación, los estudiantes reportarán las observaciones de los experimentos y actividades propuestas. En algunas ocasiones, serán observaciones concretas y, en otras, desde sus presaberes y lo que ellos creen que sucede.

Cuaderno de Trabajo



Indagación

Reacciones de ácidos y bases

A. Principio de Le Châtelier para ácidos y bases

1. Registra los cambios de color:

Procedimiento	CH_3COOH	Color	$NaOH$	Color
2	$1\ mL$	Rojo/rosado	***	***
3	***	***	$1\ mL$	azul
4	$1\ mL$	Rojo/rosado	***	***
5	***	***	$1\ mL$	azul

6. Escribe las ecuaciones de las reacciones que plantea el experimento y aplica el principio de Le Châtelier para explicar con tus palabras en qué dirección se desplaza el equilibrio:

• Adicionando ácido:

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

Se da una disociación y el color de la solución es rojo o rosado.
Al añadir ácido este aumenta la concentración de iones H_3O^+ en los productos, para restablecer el equilibrio la reacción se desplazará hacia la izquierda ante el aumento de iones H_3O^+ y entonces es que toma la coloración roja/rosada.

• Adicionando base:

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

Al añadir la base, se incrementa la concentración de OH^- estos reaccionan con los iones H_3O^+, esto hace que la concentración de iones H_3O^+ disminuya, por tanto, la reacción se desplazará a la derecha, al incrementar la concentración de OH^- se genera la coloración azul.

p. 114

Criterio de evaluación

Es importante que quede claro que las reacciones ácido-base son esenciales para comprender una amplia gama de fenómenos naturales y procesos industriales. Su importancia radica en su capacidad para regular y mantener el pH adecuado, ya que es crucial para la vida y muchos procesos químicos. Los ácidos y bases pueden iniciar o acelerar reacciones, además de formar nuevas sustancias.

La mostaza preparada es una mezcla compleja, por lo que su acidez generalmente se mide por titulación con una base fuerte, la acidez de la mostaza preparada es aproximadamente del 3 %.

Criterios de evaluación

- Determina la masa de hidróxido de sodio necesaria para preparar la solución.
- Aplica las técnicas correctas para medir la masa.
- Aplica las técnicas correctas para realizar la titulación.
- Calcula el volumen de valorante gastado.
- Realiza los cálculos de la valoración de las muestras de manera clara y ordenada.

Cuaderno de Trabajo

Creatividad

B. Determinación del contenido de vinagre en mostaza

Parte I

6. Registra la masa de $NaOH$ y el volumen de solución preparado:

Masa de $NaOH$ (g)	
Volumen preparado de solución (mL)	

Observaciones:

Parte II

2. Registra la masa de cada muestra:

Muestra 1 (g)	**Muestra** 2 (g)	**Muestra** 3 (g)

Observaciones:

Parte III

7. Registra los volúmenes de $NaOH$:

	Titulación 1	**Titulación** 2	**Titulación** 3
Volumen inicial (mL)			
Volumen final (mL)			
Volumen gastado (mL)			

Observaciones:

Cálculos para la valoración de la muestra 1:

Cálculos para la valoración de la muestra 2:

Unidad 3

61

Enfatice en la importancia de conocer sobre la manipulación adecuada de las sustancias, ya que algunas pueden ser peligrosas, o no se deben mezclar porque reaccionan de forma violenta, explique que además se deben manipular con precaución y usar en pequeñas cantidades.

Cuaderno de Trabajo

Cálculos para la valoración de la muestra 3:

p. 117

Comunicación

C. Manejo de sustancias

Completa la tabla con los datos recolectados

Nombre de la sustancia	Ácido	Base	¿Cómo lo utilizan?	¿Cómo deben utilizarlo?

Criterio de evaluación

Reconoce las medidas para el manejo y tratamiento de ácidos y bases en función de sus propiedades.

Fundamento teórico

Principio de Le Châtelier

El balance dinámico entre las reacciones directa e inversa representa el equilibrio químico. Las variaciones en las condiciones experimentales pueden alterar este balance y desplazar la posición de equilibrio, haciendo que se forme mayor o menor cantidad del producto deseado. La variación de uno o más de los siguientes factores puede alterar la condición de equilibrio:

- La temperatura
- La presión
- El volumen
- La concentración de reactantes o productos

El Principio de Le Châtelier establece que, si un sistema en equilibrio se somete a un cambio de condiciones, este se desplazará hacia una nueva posición a fin de contrarrestar el efecto que lo perturbó y recuperar el estado de equilibrio.

Variación de la temperatura

Una ecuación exotérmica como:

$$A + B \leftrightarrow C + D \quad \Delta H > 0$$

Se puede escribir así:

$$A + B \leftrightarrow C + D + \text{calor}$$

Y una ecuación endotérmica como:

$$A + B \leftrightarrow C + D \quad \Delta H < 0$$

Se puede escribir así:

$$A + B + \text{calor} \leftrightarrow C + D$$

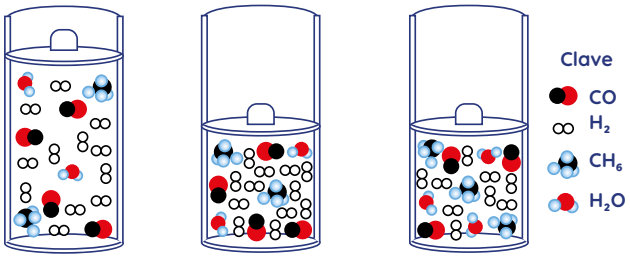
De donde podemos observar que un incremento de temperatura favorecerá el sentido que consuma parte de ese exceso de calor, mientras que una disminución de la temperatura favorecerá el sentido que regenere parte del calor eliminado.

Variación de la presión y el volumen

Si aumenta la presión de un sistema gaseoso en equilibrio, disminuye el volumen; entonces el sistema se desplaza hacia donde hay menor número de moles. Si la presión de un sistema gaseoso en equilibrio disminuye, el volumen aumenta; entonces el sistema se desplaza hacia donde hay mayor número de moles.

Por ejemplo, para la siguiente reacción:

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrow CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$$



Gases en Equilibrio | Después de la compresión pero antes de restablecer el equilibrio | Gases comprimidos en equilibrio

Observamos que, al disminuir el volumen del sistema en equilibrio, se incrementa la presión interna; en consecuencia, la reacción buscará disminuirla, desplazándose hacia donde haya menor número de moles, por lo tanto, se favorece el sentido directo de la reacción, hasta restablecer el estado de equilibrio.

- Si aumenta la presión de un sistema gaseoso en equilibrio, el sistema se desplaza hacia donde hay menor número de moles.
- Si disminuye la presión de un sistema gaseoso en equilibrio, el sistema se desplaza hacia donde hay mayor número de moles.
- Si disminuye el volumen de un sistema gaseoso en equilibrio, el sistema se desplaza hacia donde hay menor número de moles.
- Si aumenta el volumen de un sistema gaseoso en equilibrio, el sistema se desplaza hacia donde hay mayor número de moles.

Variación de la concentración

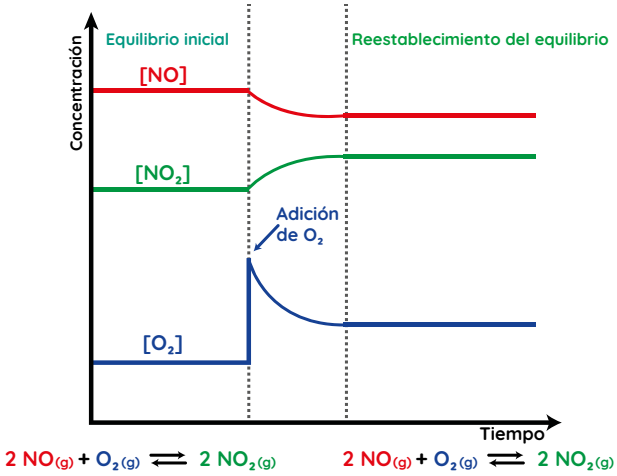
Cuando aumenta la concentración de una sustancia que se encuentra en un sistema en equilibrio, el sistema se desplazará, de modo que utiliza parcialmente la sustancia que se adicionó.

La disminución de la concentración de una sustancia que se encuentra en un sistema en equilibrio ocasionará que el sistema se desplace en el sentido que le permita reemplazar parcialmente la sustancia que se removió; el valor de la constante de equilibrio (K_c) no varía.

Para la siguiente reacción en equilibrio:

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \leftrightarrow 2NO_{2(g)}$$

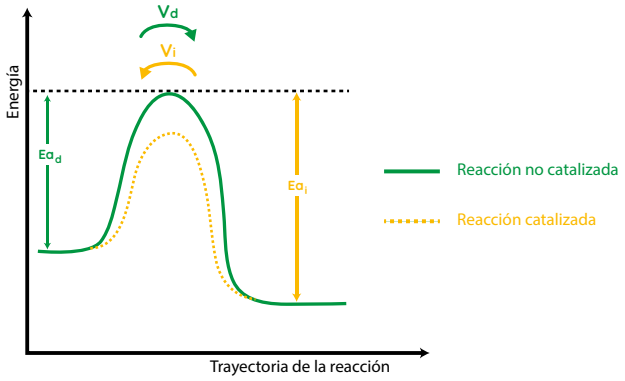
Si se agrega oxígeno, el sistema reacciona consumiendo parte del exceso, hasta restablecer el equilibrio:



- Si se incrementa un reactivo, el sistema lo consumirá parcialmente, favoreciendo el sentido directo de la reacción.
- Si se incrementa un producto, el sistema lo consumirá parcialmente, propiciando el sentido inverso de la reacción.

Efecto del catalizador

Un catalizador actúa sobre la rapidez con la que se alcanza el equilibrio, pero no modifica la composición de la mezcla; por lo tanto, no afecta el valor de la constante de equilibrio.



Las reacciones ácido-base

Son reacciones de neutralización que ocurren cuando los iones de un ácido y una base entran en contacto, dando como resultado la formación de una sal y agua. La valoración ácido-base tiene su fundamento en el cambio brusco de concentración de los iones hidronio (H_3O^+) y, por tanto, del pH que se produce en el punto final de la reacción de neutralización.

El punto final se reconoce por el cambio de color que experimenta el indicador añadido.

Reacción de un ácido fuerte con una base fuerte:

$$HCl_{(ac)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow NaCl_{(ac)} + H_2O_{(l)}$$

Ácido Fuerte Base fuerte

Reacción de un ácido débil con una base fuerte:

$$CH_3COOH_{(ac)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow CH_3COONa_{(ac)} + H_2O_{(l)}$$

Ácido débil Base fuerte

Reacción de un ácido fuerte con una base débil:

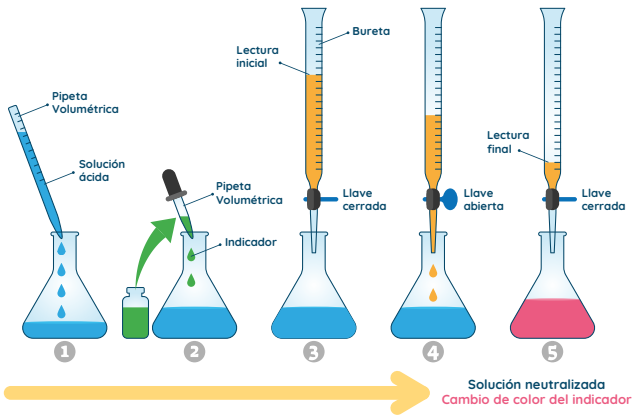
$$HCl_{(ac)} + NH_4OH_{(ac)} \rightarrow NH_4Cl_{(ac)} + H_2O_{(l)}$$

Ácido fuerte Base débil

Titulaciones químicas

Las cantidades de reactivos y productos de una reacción son investigados en los laboratorios gravimétricamente por mediciones de masa, y volumétricamente, por titulación. La volumetría, también llamada valoración química, es un método químico para medir cuánta cantidad de una disolución se necesita para reaccionar con otra disolución de concentración y volumen conocidos, con el objetivo de neutralizar una cantidad fija de base de concentración desconocida. Para ello se va añadiendo gota a gota la disolución desconocida o «problema» a la otra disolución estandarizada desde la bureta, hasta que la reacción finaliza.

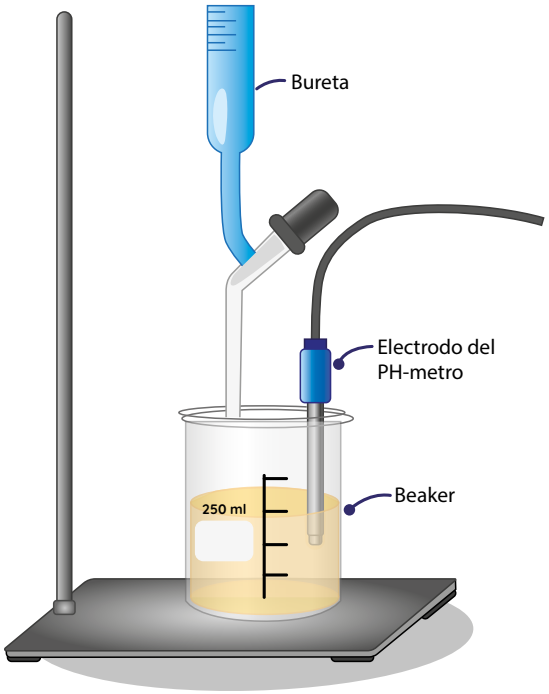
Titulación



Según el tipo de reacción que se produzca, la volumetría será, por ejemplo, volumetría ácido-base, de oxidación-reducción o de precipitación. Esta operación se reduce a averiguar qué cantidad de ácido de concentración conocida es necesaria para neutralizar una cantidad fija de base de concentración desconocida.

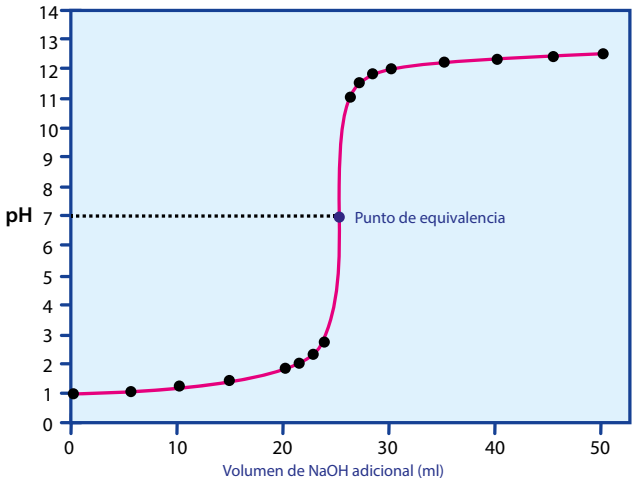
El final de la reacción suele determinarse a partir del cambio de color de un indicador. Estos, por lo general, son ácidos orgánicos o bases débiles que cambian de color al pasar de un medio ácido a uno básico. Sin embargo, no todos los indicadores cambian de color al mismo pH. La selección del indicador para una determinada titulación depende del pH en el que se presente el punto de equivalencia (el punto en el que el número de moles de iones OH^- añadidos a una disolución es igual al número de moles de iones H^+ presentes inicialmente).

La titulación ácido-base también puede ser potenciométrica. El fundamento de la técnica radica en el potencial eléctrico que se genera por el desequilibrio de carga a través de cualquier material. Se utiliza un electrodo de vidrio en el que la concentración de protones (iones H^+) es constante (electrodo de referencia), y la concentración exterior está determinada por la concentración, o actividad, de los protones en la solución del analito. Esta diferencia de concentración produce la diferencia de potencial que medimos con un pH-metro.



El punto de equivalencia se localiza por observación de las variaciones de potencial medido. La determinación potenciométrica del punto final se puede aplicar a todos los tipos de reacciones volumétricas. Es utilizada con mayor frecuencia con disoluciones coloreadas u opacas en las que es imposible apreciar el viraje de los indicadores. Es menos subjetiva que la determinación del punto final con indicadores de viraje y, por lo tanto, es intrínsecamente más exacta.

Para hallar la concentración de la muestra por el método potenciométrico se construye una curva de titulación graficando los valores de pH observados contra el volumen acumulativo (ml) de la solución titulante empleada. La curva obtenida debe mostrar uno o más puntos de inflexión (punto de inflexión es aquel en el cual la pendiente de la curva cambia de signo).



La titulación de un ácido fuerte con una base fuerte se caracteriza por tres etapas importantes:

- Los iones hidronio están en mayor cantidad que los iones hidróxido antes del punto de equivalencia.
- Los iones hidronio e hidróxido están presentes en concentraciones iguales en el punto de equivalencia.
- Los iones hidróxidos están en exceso después del punto de equivalencia.

Cierre de unidad

Al final de la *Unidad 3. Equilibrio químico*, se presenta un resumen infográfico. Los estudiantes pueden utilizarlo como documento de consulta, pues se plantean puntos importantes que utilizará para la resolución de problemas.

Resumen

Equilibrio químico

¿Qué es?

El equilibrio químico es un sistema dinámico y se da cuando la velocidad directa e inversa a temperatura constante son iguales.

$$aA + bB \leftrightarrow cC + dD$$

$$K_d [A]^a [B]^b = [C]^c [D]^d$$

$$\frac{K_d}{K_i} = K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

En la expresión de la constante de equilibrio solo se incluyen las especies gaseosas y/o en disolución.

Tipos de equilibrio

Homogéneo: Tanto reactantes como productos se encuentran en mismo estado de agregación.

Heterogéneo: Los reactantes y los productos se encuentran en diferente estado de agregación.

¿Qué factores lo afectan?

Concentración: si es mayor en los productos el equilibrio se desplaza hacia los reactivos y viceversa.

Temperatura: La entalpia si es (+) la reacción es endotérmica y si es (-) la reacción es exotérmica.

Presión: a mayor presión, el equilibrio se desplaza donde hay menor número de moles.

Factores que afectan el equilibrio químico «Principio de Le Châtelier»

Concentración

$\Delta[reactivos]>0 \rightarrow$

$\Delta[reactivos]<0 \leftarrow$

$\Delta[productos]>0 \leftarrow$

$\Delta[productos]<0 \rightarrow$

Cambio de volumen y presión

$\Delta p>0$ Hacia donde hay menos moles de gases

$\Delta p<0$ Hacia donde hay más moles de gases

Cambio de temperatura

$\Delta T>0$ (exotérmicas) $\leftarrow$

$\Delta T>0$(endotérmicas) $\rightarrow$

$\Delta T<0$ (exotérmicas) $\rightarrow$

$\Delta T<0$(endotérmicas) $\leftarrow$

Relación K_c y K_p

$$K_p = \frac{[p_C]^c [p_D]^d}{[p_A]^a [p_B]^b}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

Ácidos y bases

Compuestos moleculares que contienen y producen H^+ en solución.

Arrhenius: Produce iones H^+ en solución.

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

Brönsted-Lowry: Dona protón H^+ a otro compuesto.

$$NH_4^+ + NH_2^- \rightarrow 2NH_3$$

Lewis: Acepta un par de e^- de otro compuesto.

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

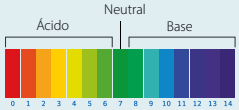
Compuestos moleculares que producen OH^- en solución.

Arrhenius: Produce iones OH^- en solución.

Brönsted-Lowry: Acepte protón H^+ a otro compuesto.

Lewis: Dona un par de e^- de otro compuesto.

Escala de *pH* (25 °C)



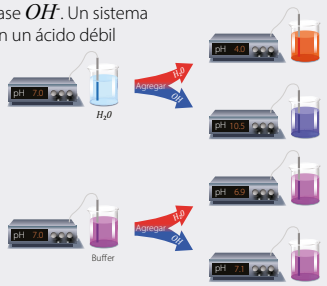
$$pH = -\log [H^+]$$

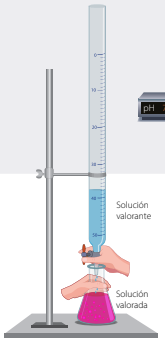
$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$pH + pOH = 14$$

Soluciones Buffer

Sistemas acuosos que tienden a resistir los cambios en el pH cuando se les agrega pequeñas cantidades de ácido H^+ o base OH^-. Un sistema buffer consiste en un ácido débil (dona H^+) y su base conjugada (acepta H^+).





¿Cuántas valoraciones o titulaciones volumétricas existen?

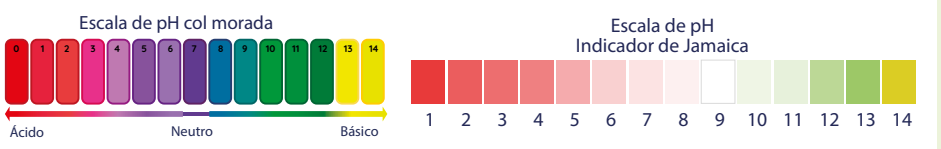
1. Ácido y base fuertes
2. Acido débil y base fuerte
3. Ácido fuerte y base débil

120

Los indicadores naturales son sustancias extraídas de la naturaleza (plantas, frutas, vegetales) que cambian de color dependiendo del pH en que se encuentran. Estas son, principalmente, antocianinas, que permiten determinar si una solución es ácida, básica o neutra de manera visual. Veamos algunos ejemplos:

- Remolacha: similar a la col roja, pero con tonalidades más rosadas. Ácido: rosa intenso. Neutro: violeta pálido. Básico: amarillo.
- Col morada: una de las más conocidas y fáciles de obtener. Ácido: tono rojizo intenso. Neutro: violeta. Básico: verde o amarillo.
- Flor de Jamaica: conocida por su intenso color rojo, cambia notablemente en medios básicos. Ácido: Rojo intenso. Neutro: Rojo. Básico: Verde.

Cabe mencionar que la escala de pH varía de acuerdo con el indicador que se utiliza. Para la escala de pH estándar, esta sería la variación de colores.



La evaluación se encuentra en el Cuaderno de Trabajo y abarca todo lo visto en la unidad. Cabe mencionar que puede tomar también como evaluación todo el proceso experimental que los estudiantes han realizado cada semana, pues en la experiencia es donde detectará si han desarrollado, o no, las habilidades.

- Las respuestas están en color rojo.
- En algunos casos, los estudiantes tendrán que desarrollar cálculos para obtener la respuesta. Esto lo pueden realizar el Cuaderno de Trabajo como evidencia del análisis que realizaron para identificar la respuesta correcta.
- Los estudiantes deben de seleccionar la respuesta correcta.

Criterios de evaluación

- Reconoce que las reacciones reversibles ocurren en ambos sentidos.
- Comprende que el equilibrio químico se alcanza cuando las concentraciones de productos y reactivos permanecen constantes.
- Localiza gráficamente el punto de equilibrio de una reacción química.
- Formula la expresión de la constante de equilibrio, considerando los estados de agregación de las sustancias.

Evaluación

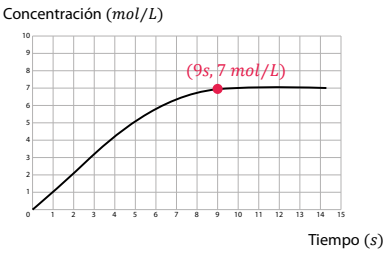
Selecciona la respuesta correcta:

1. El fenómeno de equilibrio químico se aplica a reacciones que se producen en ambos sentidos y son conocidas como reacciones:
   a. Reversibles
   b. Irreversibles
   c. Endotérmicas

2. En una reacción química se alcanza el equilibrio cuando:
   a. La concentración de productos y reactivos permanece constante.
   b. La concentración de los reactantes es mayor a la de los productos.
   c. La concentración de reactivos es menor a los productos.

3. Un equilibrio homogéneo es aquel en el cual:
   a. Todos los componentes se encuentran disueltos.
   b. Todos los componentes son homogéneos.
   c. Todos los componentes están en el mismo estado de agregación.

4. Observa el siguiente gráfico del aumento de concentración (mol/L) del producto de una reacción (eje Y) respecto al tiempo (eje X) y señala:
   a. ¿En qué tiempo llega la reacción al equilibrio?
   b. ¿Qué concentración alcanza el producto en el equilibrio?



5. Según el siguiente equilibrio, cuál es la expresión de la constante de equilibrio:
   $CuCo_{3(s)} \rightleftharpoons CuO_{(s)} + CuO_{2(g)}$
   a. $K_p = K_c(RT)^{-1}$
   b. $K_c = \frac{[CuO]\,[CO_2]}{[CuCO_3]}$
   c. $K_c = [CO_2]$

6. A $25\ °C$ se estableció el siguiente equilibrio entre las sustancias A, B, C y D; todas ellas en estado líquido a esa temperatura, siendo los moles de cada una existentes en el equilibrio los que se indican debajo:
   $A + B \rightleftharpoons 3C + D$
   $1 \quad 1 \quad 1 \quad 0.5$
   ¿Cuál será el valor de la constante de equilibrio Kc?, sabiendo que el volumen total es de $2.0\ L$.
   a. 0.125
   b. 0.075
   c. 0.5
   d. 0.75

7. Dada la siguiente reacción en equilibrio:
   $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{2(g)}$
   podemos decir que:
   a. Si ↑ T → [↑] de HCl
   b. Si ↑ P → [↑] de HCl
   c. Si [↑] de $Cl_{2(g)}$ → [↑] de HCl
   d. La T y P no influyen en la cantidad de HCl formado

8. En un recipiente de $4\ L$ se establece el equilibrio $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
   ¿Cómo afectará al mismo la adición de $2\ g$ de $CaCO_{3(s)}$?
   a. Aumentará $[CO_2]$
   b. No variará $[CO_2]$
   c. Disminuirá $[CO_2]$

63

Criterios de evaluación

- Determina el valor numérico de la constante de equilibrio a partir de los datos proporcionados.
- Predice el desplazamiento del equilibrio químico en respuesta a cambios en las condiciones de reacción, aplicando el principio de Le Chatelier.

Continúa la evaluación donde los estudiantes deben de elegir la respuesta correcta de una serie de preguntas de opción múltiple. En algunos casos, tendrán que dejar constancia de cómo llegaron a la respuesta.

9 La principal limitación de la teoría ácido-base de Arrhenius estriba en que los define solamente:
a. Para sustancias que puedan encontrarse en disolución.
b. Para disoluciones acuosas.
c. Para sustancias que se disocien en disoluciones acuosas.

10. De cuál de las siguientes teorías se deduce el concepto de ácido y base conjugados:
a. Arrhenius
b. Brönsted y Lowry
c. Ambas

11. El pH se define como:
a. El logaritmo negativo de la inversa de la concentración de iones H_3O^+.
b. El logaritmo positivo de la concentración de iones H_3O^+.
c. La inversa de la concentración de iones H_3O^+.

12. Calcula el pH de la sangre humana sabiendo que $H_3O^+ = 4.0 \times 10^{-8}\, mol/L$.
a. $pH = 5.0$
b. $pH = 7.4$
c. $pH = 7.8$

13. ¿Cuál de los siguientes ácidos es el más fuerte?
a. $pK_a = 0.80$
b. $pK_a = 9.21$
c. $pK_a = 4.72$

14. El pH de una muestra de yogur resultó ser igual a 2.77. Esto implica que la concentración de iones H_3O^+ en el yogur es igual a:
a. $11.23\ mol/L$
b. $2.77\ mol/L$
c. $1.7 \times 10^{-3}\ mol/L$

15. Si añadimos $1\ L$ de agua a $1\ L$ de una solución de ácido clorhídrico $2\ mol/L$, el pH aproximado de la solución resultante será:
a. $0.3\ mol/L$
b. $0.001\ mol/L$
c. $3.0\ mol/L$

16. ¿Cuál es el pH de $50\ mL$ de una disolución $0.1\ mol/L$ de $NaOH$?
a. $pH = 13$
b. $pH = 11$
c. $pH = 9$

17. ¿Cuál de los siguientes ácidos es el más débil?
a. $K_a = 2.9 \times 10^{-8}$
b. $K_a = 6.2 \times 10^{-10}$
c. $K_a = 1.9 \times 10^{-5}$

18. Un *buffer* se forma al:
a. Disolver en conjunto un ácido y una base fuertes.
b. Disolver en conjunto un ácido o una base débil y una de sus sales.
c. Disolver en conjunto un ácido débil y una de sus sales.

18. Un *buffer* es aquella solución que:
a. Hace que las variaciones del pH aumenten lentamente (las amortigua) al adicionar un ácido.
b. Mantiene el pH ácido, aunque se le añada cualquier cantidad de ácido o de base.
c. Mantiene el pH dentro de unos límites, aunque se le añadan pequeñas cantidades de ácido o de base.

Criterios de evaluación

- Comprende las diferentes teorías ácido-base y sus limitaciones, identificando sus ámbitos de aplicación.
- Conoce la definición de pH.
- Calcula el pH de soluciones acuosas.
- Compara la acidez de diferentes sustancias con base en el valor de sus constantes de acidez.
- Conoce la composición de una solución *buffer*.
- Reconoce la función de las soluciones *buffer*.

La relación entre la química y la tecnología es estrecha y fundamental en el desarrollo y avance de la sociedad moderna. La química es una ciencia que estudia la composición, estructura y propiedades de la materia, así como las transformaciones que esta puede experimentar. Por tanto, en esta sección se muestra un pincelazo de cómo la tecnología es la aplicación práctica del conocimiento científico para resolver problemas y satisfacer necesidades humanas.

- Puede sugerir al estudiantado que investigue otras áreas donde se aplica el equilibrio químico y los avances que se han tenido en esas áreas.
- Explique que el equilibrio químico es un concepto fundamental en la química y encuentra una amplia gama de aplicaciones en diversas tecnologías. Comprender y manipular estos equilibrios permite a los científicos e ingenieros desarrollar productos y procesos más eficientes y sostenibles.
- Acá tiene otras aplicaciones del equilibrio químico en tecnología:

  Industria química: el proceso Haber-Bosch, que produce amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno, es un ejemplo clásico de equilibrio químico. El amoníaco es un componente esencial de fertilizantes y productos de limpieza.

  Metalurgia: producción de acero. La reducción de óxidos metálicos para obtener metales puros implica equilibrios químicos entre sólidos, líquidos y gases.



Tecnología

Equilibrio químico

El estudio del equilibrio químico ha generado grandes avances en la tecnología que nos rodea, con las diversas investigaciones a lo largo de la historia el equilibrio químico se ha establecido como el estado al que evoluciona de forma espontánea un sistema químico, en el que tiene lugar una reacción química reversible. Cuando se alcanza esta situación, desde el punto de vista macroscópico, se observa que las concentraciones de las sustancias, tanto reactivos como productos de la reacción, permanecen constantes a lo largo del tiempo.

El equilibrio químico es un fenómeno cuya naturaleza dinámica permite su modificación con sólo variar algunos factores de los que depende, como temperatura, presión, volumen o concentraciones de las sustancias que intervienen en la reacción, lo cual resulta de vital importancia para aumentar el rendimiento de los procesos industriales, por ejemplo.

Elaboración de perfumes

Cada perfume posee una fórmula específica para formar una reacción química por lo que se necesita que toda la cantidad de aromas que se utilicen sea exacta para que la producción de sustancias sea estable y tenga aromas.

En la medicina

Para las operaciones al corazón se altera el equilibrio químico, disminuyendo la temperatura **4° C** para que los procesos metabólicos sean más lentos y así minimizar los daños producidos a los tejidos.

Farmacología

Integra nuevos medicamentos, siendo estos más eficaces, ya que los han logrado potenciar estos productos resultantes al entrar en contacto con un organismo.

Industria de licores

Se usa para determinar el tiempo y velocidad de la fermentación de la cebada, de tal manera que el producto final presente propiedades organolépticas definidas.

Industria de alimentos

Se emplea en los alimentos enlatados pues necesitan de un equilibrio químico para evitar su posible descomposición que podría afectar la salud de los humanos que los consumen. Por ello, se reitera la importancia de encontrar el tiempo de duración del producto y de la concentración necesaria de conservantes que debe tener el alimento.

121

Medio ambiente: tratamiento de aguas. Los procesos de depuración de aguas utilizan equilibrios químicos para eliminar contaminantes. También se aplica para el control de la contaminación atmosférica, muchos procesos industriales generan gases contaminantes; la comprensión de los equilibrios químicos permite desarrollar tecnologías para reducir estas emisiones.

Producción de biocombustibles: la fermentación de azúcares para producir etanol involucra equilibrios químicos enzimáticos.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: Licenciatura en Química y Farmacia **Duración:** 5 años/10 ciclos



Descripción. La Licenciatura en Química y Farmacia es una carrera profesional donde se desarrollan habilidades científicas, técnicas y sociales. El estudiante de esta carrera utilizará las herramientas analíticas y tecnológicas para adquirir la formación profesional orientada al conocimiento integral de las ciencias aplicadas a la salud y bienestar, a los alimentos y al medioambiente.
En esta carrera el estudiante podrá desempeñarse en diversas áreas, como las siguientes:

- Química legal y análisis toxicológico
- Procesos industriales: alimentos, fertilizantes y plaguicidas
- Responsable sanitario de establecimientos de salud, farmacias comunitarias y públicas

Bachilleratos sugeridos:
general.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Carrera: Ingeniería Química **Duración:** 5 años/10 ciclos



Descripción. La Ingeniería Química se enfoca en el desarrollo, diseño, operación, monitoreo, optimización y control de los procesos de fabricación a nivel industrial, buscando la mayor eficiencia y calidad, respetando así mismo al medio ambiente.
En esta carrera el estudiante podrá desempeñarse en áreas como las siguientes:

- Investigación
- Diseño y desarrollo de procesos industriales
- Análisis y control de calidad
- Gestión ambiental y seguridad e higiene
- Dirección y administración

Bachilleratos sugeridos:
general.

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Actividad avanzada

Indicador avanzado:
- Calcula la constante de ionización básica.

Determinación de K_b de una base fuerte

La constante de disociación básica (K_b) es un parámetro importante para caracterizar la fuerza de una base en solución acuosa. Se puede determinar experimentalmente mediante un procedimiento conocido como titulación ácido-base, que implica la reacción entre una base débil y un ácido fuerte conocido.
A continuación, se describe el procedimiento general para determinarla.

Materiales:
- Escala de pH elaborada en la *semana 13*
- Indicador de repollo morado
- 4 matraz Erlenmeyer o vasos de vidrio
- Bureta o bureta casera
- Papel milimetrado
- Agua destilada
- Bicarbonato de sodio
- Ácido clorhídrico
- Pipetas y pipeteador o 2 jeringas de 5 o 10 ml

Procedimiento:

Parte I. Preparación de soluciones
1. Prepara una solución de $NaHCO_3$ $[0.1\ M]$ cuya constante de disociación básica vas a determinar.
2. Prepara una solución de HCl $[0.1\ M]$.

Parte II. Titulación
1. Mide el volumen conocido de la solución de $NaHCO_3$ $[0.1\ M]$ en el matraz erlenmeyer.
2. Agrega al matraz unas gotas del indicador de pH.
3. Prepara la bureta con la solución de $[HCl\ 0.1\ M]$.
4. Agrega cuidadosamente 1.5 ml de HCl $[0.1\ M]$ desde la bureta al matraz Erlenmeyer, mientras agitas constantemente.
5. Determina el pH de la solución comparando con la escala.
1. Continúa agregando alícuotas de 1.5 ml de HCl $[0.1\ M]$ hasta alcanzar el punto de equivalencia, que se caracteriza por un cambio permanente en el color del indicador.
7. Determina el pH por cada alícuota de HCl.
8. Registra los datos de cada adición en las tablas de la columna derecha.
9. Establece la ecuación de la reacción de neutralización.

Parte III. Determinación de K_b
1. Siguiendo un procedimiento análogo al del *Así se calcula…* de la página 104, obtén los valores de $\log\frac{[OH^-]}{[HA]}$ para cada adición.

Adición	HCl **adicionado** (ml)	**Moles de** $NaHCO_3$	**Moles de** HCl
1			
2			
3			
4			

	Y	**X**
V_T **valorado**	**Valor de** pH	$\log\frac{[OH^-]}{[HA]}$

2. Grafica los valores de X y Y en el papel milimetrado.
3. Encuentra el intercepto, que es el valor experimental de pK_b con el que se encuentra K_b.





MINISTERIO
DE EDUCACIÓN