Universidad Autónoma
del Estado de México

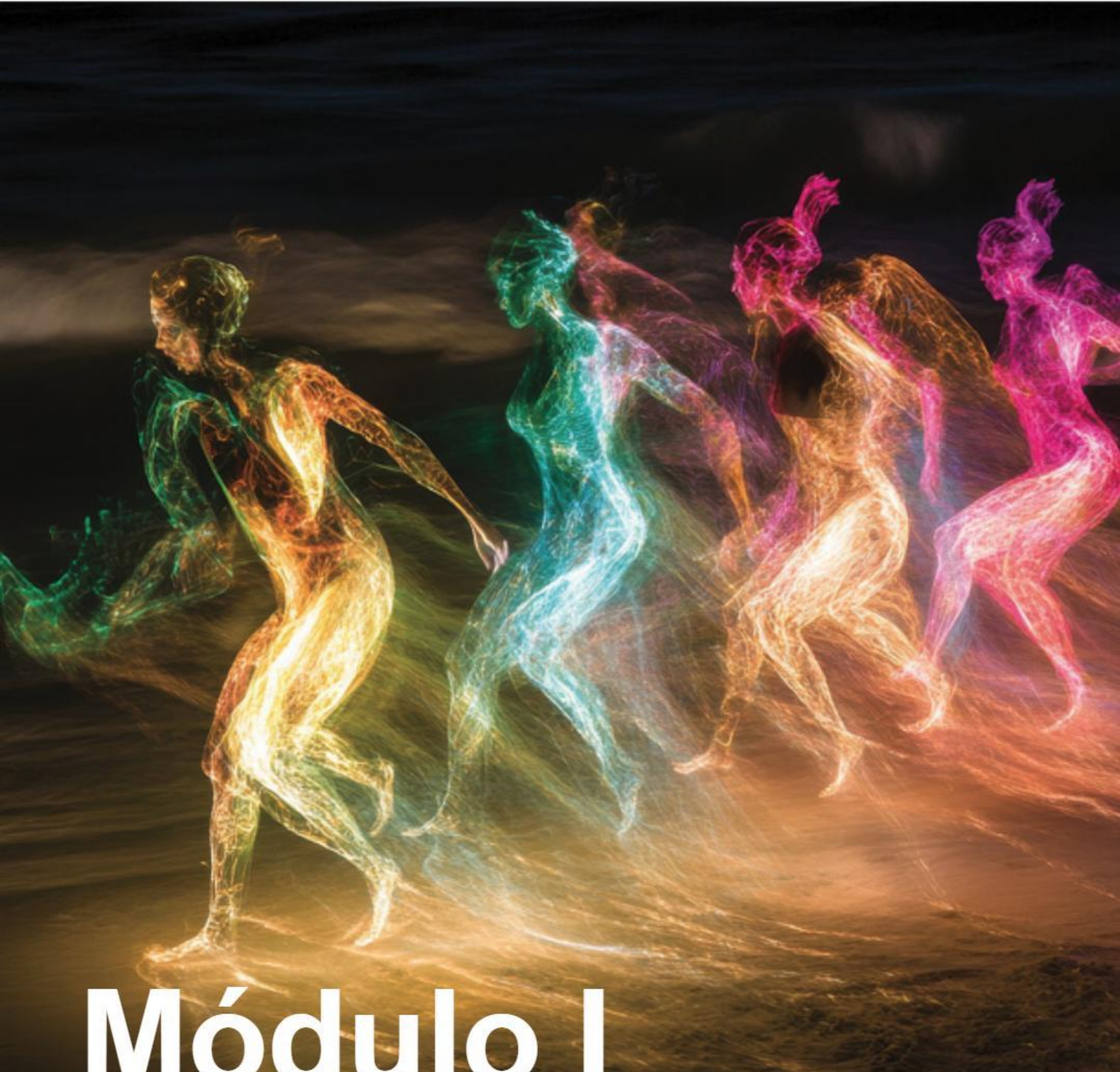
E-BOOK
FÍSICA I
2DO. SEMESTRE

Octavio Cruz Vásquez
Paulina Morales Valenzuela

ADMINISTRACIÓN UNIVERSITARIA 2021 - 2025

SD





Módulo I

Energía y movimiento

Propósito de Módulo

Comprender los principios fundamentales de la física, enfocándose en la energía, para analizar el movimiento de los objetos, identificar la transferencia de energía en colisiones en la resolución de problemas.

- La eficiencia que se da a conocer en el problema está expresada en porcentaje y para aplicar la ecuación anterior debemos expresarla en su notación decimal, que se obtiene a través de la siguiente relación:

$$\eta = \frac{25.0\%}{100\%} = 0.250$$

- Ahora al sustituir los valores correspondientes se obtiene:

$$w = 0.250\ (2.50 \times 10^4\ \text{J}) = 6.25 \times 10^3\ \text{J}$$

- El resultado del trabajo es $w = 6.25 \times 10^3$ J.

Ejemplo

Una antigua máquina de vapor industrial recibe 5.20×10^4 cal de energía térmica en su caldera. Sin embargo, debido a pérdidas de calor hacia el ambiente, 3.40×10^4 cal se disipan y no pueden utilizarse en el proceso. ¿Cuál es la eficiencia de esta máquina de vapor? Calcula también la cantidad de trabajo útil que produce en J.

Solución:

- Para este ejemplo solo debemos sutituir el calor suministrado por la maquina $Q_1 = 5.20 \times 10^4$ cal y el calor no aprovechado $Q^2 = 3.40 \times 10^4$ cal en la ecuación (11):

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{3.40 \times 10^4\ \text{cal}}{5.20 \times 10^4\ \text{cal}} = 0.346$$

- De está forma la eficiencia obtenida es 0.346, si la expresamos en porcentaje:

$$\eta \times 100\% = 0.346 \times 100\% = 34.6\%$$

- Lo que quiere decir que sólo el 34.6% del calor que recibe puede convertirse en trabajo útil.

Figura 14. Máquina de vapor antigua.



Nota: Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Máquina de vapor antigua].
https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Ejemplo

Imagina un motor de automóvil de alto rendimiento que opera utilizando el calor generado por la combustión interna. La temperatura del gas caliente en el interior del cilindro alcanza unos 550 °C al momento de la explosión, y después de realizar trabajo, el gas residual se enfría a 150 °C cuando se expulsa al sistema de escape.

¿Cuál es la eficiencia máxima posible de este motor, expresada en porcentaje?

Solución:

Figura 15. Auto de alto rendimiento.



Nota: Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Auto de alto rendimiento].
https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

- La eficiencia de una máquina ideal puede expresarse usando las temperaturas absolutas de las fuentes de calor, por lo que la temperatura debe estar en K, por lo que debemos realizar la conversión de las temperaturas que proporciona el problema:
- T_1 es la temperatura de la fuente caliente, es decir 500 °C, que cuando se convierte a la escala absoluta se obtiene:

$$T_K = T_{°C} + 273.15 = 550 + 273.15 = 823.15\,\mathrm{K}$$

- T_2 es la temperatura de la fuente fría, es decir 150 °C, que cuando se convierte a Kelvin, se obtiene:

$$T_K = T_{°C} + 273.15 = 150 + 273.15 = 423.15\,K$$

- Ahora podemos sustutuir estos valores en la ecuación

$$\eta = 1 - \frac{423.15\,\mathrm{K}}{823.15\,\mathrm{K}}$$

$$\eta = 1 - 0.514 = 0.486$$

- Este resultado indica que la eficiencia es $\eta = 0.486$, que si expresamos en porcentaje:

$$\boldsymbol{\eta \times 100\% = 0.486 \times 100\% = 48.6\%}$$

- Denota que sólo el **48.6%** del calor que recibe el motor del automóvil se convierte en trabajo útil.



Actividad 3.

Segunda ley de la termodinámica
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

3.4 Segunda ley de la termodinámica

Definición

Proceso termodinámico: Se refiere a la transformación o cambio de ciertas propiedades o magnitudes dentro de un sistema termodinámico específico.

Aunque a veces lo reflexionamos muy poco, los procesos termodinámicos son parte de la vida diaria: todos los días tomamos un baño de agua caliente, usamos un automóvil para transportarnos o incluso almacenamos comida en un refrigerador. Un calentador de agua **(Figura 16**), o como regularmente le llamamos *boiler*, usa una fuente de energía como gas, electricidad o energía solar, y transfiere calor a agua fría, que luego se usa para las tareas domésticas. Este es un ejemplo de cómo la energía química contenida en los combustibles o la energía solar es aprovechada para alguna tarea en particular, o se usa como reservorio de energía o bien se usa para realizar un trabajo.

Figura 16. Máquina de vapor antigua.



Nota: Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Boiler típico para casa]. https://chatgpt.com/c/674fd9dd-8054-8008-9124-4ba7498eb42e

Retomando el concepto de **sistema termodinámico,** que se define como una cantidad de materia o una región del espacio en la que se enfoca el análisis de un problema específico, debemos recordar también, tal como se vio en el inicio de este módulo, que todo lo que se encuentra fuera del sistema se denomina **entorno** o **medio externo,** y está separado del sistema por una fronteras o paredes. Esta **frontera** puede ser fija o móvil, permitiendo o restringiendo el intercambio de energía y/o materia entre el sistema y su entorno. En conjunto, el sistema y su entorno forman un todo completo para el análisis. Hemos escuchado de forma recurrente que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma, y debemos notar que cuando un sistema termodinámico gana energía, en forma de calor o en forma de trabajo, o incluso en ambas formas, habrá otra región del universo que la esté perdiendo. De igual forma, cuando un sistema termodinámico pierde energía, los alrededores la ganan.

Para analizar un proceso termodinámico, es necesario que el sistema se encuentre en **equilibrio termodinámico** tanto en el **estado inicial** como en el **estado final** del proceso. Esto significa que las variables que cambian de un estado a otro (como la presión, el volumen y la temperatura) deben estar claramente definidas en ambos puntos. Un sistema se considera en equilibrio termodinámico cuando sus propiedades principales, como la presión, el volumen y la temperatura, **permanecen constantes.**

La teoría de los procesos termodinámicos tiene una gran variedad de aplicaciones prácticas en distintos campos. Se utiliza, por ejemplo, en el diseño de **motores, sistemas de refrigeración,** y en la **industria química.** También es esencial en **meteorología** para comprender y modelar fenómenos atmosféricos y climáticos, dado que los procesos térmicos son fundamentales en la dinámica de la atmósfera.

En los siguientes subtemas analizaremos cómo la energía interna de los sistemas termodinámicos se ve afectada cuando se agrega o retira energía en forma de calor (Q) o trabajo (w), considerando casos en los que algunas variables termodinámicas permanecen constantes mientras otras cambian.

3.4.1. Proceso isobárico

El primer tipo de proceso que abordaremos se denomina **isobárico:**

Definición

Proceso isobárico: Un proceso isobárico es aquel en el que la presión del sistema permanece constante, permitiendo que el trabajo mecánico se realice o se absorba en función del cambio de volumen del sistema.

La palabra *isobárico* proviene de dos raíces: *iso*, que significa igual, y bar, que se relaciona con la presión. Esto nos indica que un proceso isobárico ocurre a presión constante. Ahora bien, ¿qué procesos cotidianos son isobáricos? Un ejemplo claro es la ebullición del agua en una olla abierta: mientras la presión atmosférica se mantiene constante, se aplica energía en forma de calor para elevar la temperatura del agua, y el vapor generado realiza un trabajo al expandirse desde el estado líquido. Pero este no es el único ejemplo. Imagina que tú eres un sistema termodinámico abierto y estás corriendo por un sendero plano. La planicie es importante porque asegura que la presión atmosférica sea constante durante todo tu recorrido. Mientras corres, realizas trabajo al mover tu cuerpo, que tiene una masa considerable, y también pierdes energía en forma de calor. En este caso, podríamos decir que estás perdiendo energía interna a presión constante, es decir, *isobáricamente* (vea la **Figura 17**).

Figura 17. Ejemplos de procesos isobáricos.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Elaboración propia. [Ejemplos de procesos isobáricos].

Podemos estimar la cantidad de trabajo que se lleva a cabo durante un proceso isobárico a través de la siguiente expresión:

$$w = -P_{ext}\,(V_2 - V_1) \tag{13}$$

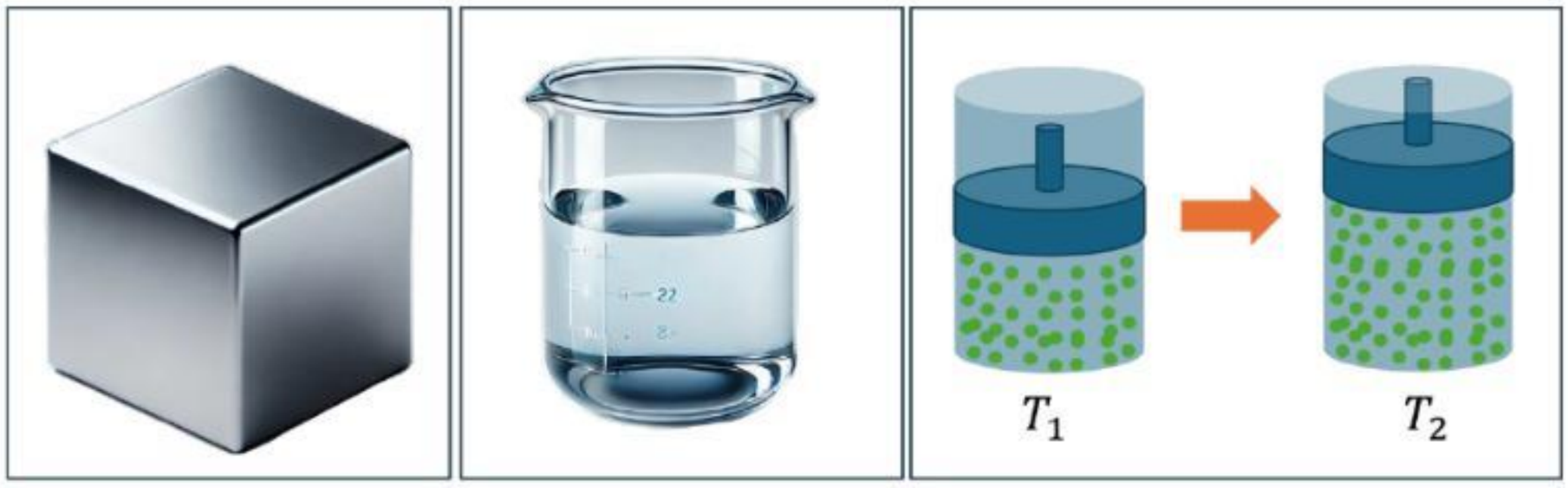
Donde:

- w = es el trabajo desarrollado por o sobre el sistema termodinámico en J
- P_{ext} = es la presión externa (constante) en Pa y que actúa sobre el sistema termodinámico

- V_2 = es el volumen final del sistema termodinámico en m^3
- V_1 = es el volumen inicial del sistema termodinámico en m^3

Ya hemos considerado en el tema de **dilatación** el aumento del volumen que se observa en sólidos y líquidos cuando estos son sujetos de calentamiento, y seguramente recordarás que el aumento de volumen es realmente diminuto. Este hecho no es el mismo para el caso del calentamiento de una sustancia gaseosa, pues en éste el aumento de volumen es realmente notorio, ¿Recuerdas la ley de Charles?

Figura 18. Dilatación de un sólido, de un líquido y de un gas.

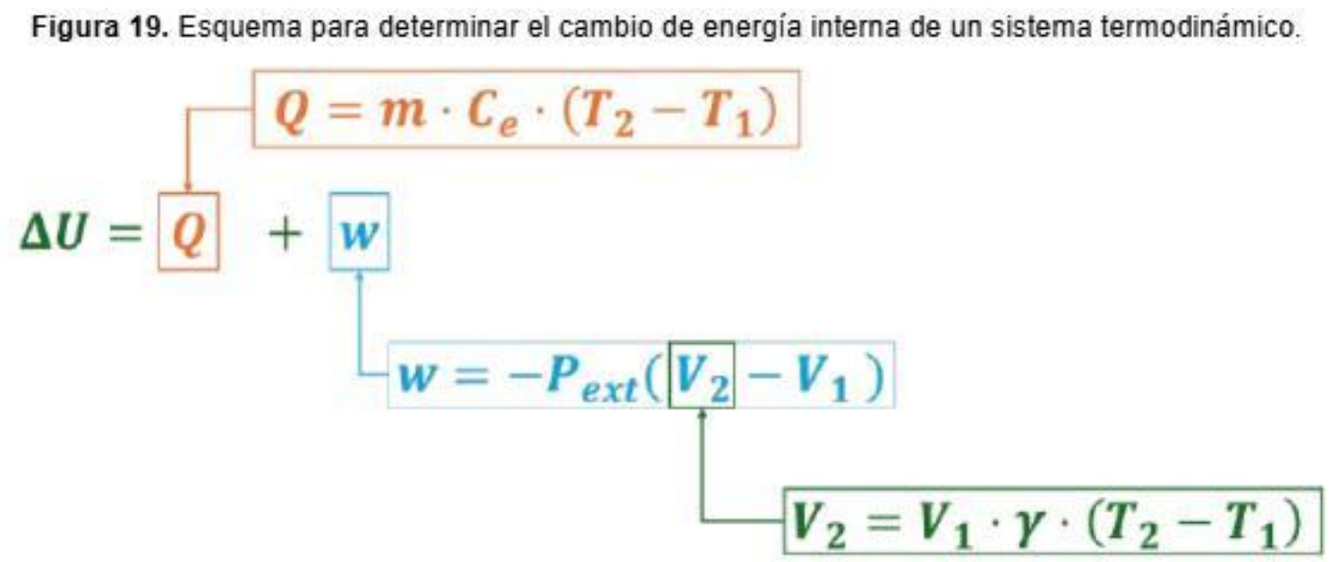


Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Elaboración propia. [Dilatación de un sólido, de un líquido y de un gas].

Para calcular la variación de la energía interna de los cuerpos durante un proceso isobárico, es necesario utilizar la ecuación (6). Sin embargo, para ello debemos apoyarnos en otras relaciones matemáticas que probablemente ya conoces. Siguiendo el esquema presentado en la **Figura 19,** comenzamos determinando el calor utilizando la fórmula vista en los módulos I y II.

Posteriormente, aplicamos la fórmula de dilatación volumétrica para calcular el volumen final del cuerpo en expansión. Con este valor, determinamos el trabajo mediante la ecuación (13). Finalmente, este resultado se incorpora a la ecuación de la Primera Ley de la Termodinámica para obtener la variación total de energía interna.

Figura 19. Esquema para determinar el cambio de energía interna de un sistema termodinámico.



Nota: Fuente: Cruz V., O. (2024). Elaboración propia. [Esquema para determinar el cambio de energía interna de un sistema termodinámico]

Realicemos algunos ejercicios para estimar la variación de la energía interna de algunos sistemas termodinámicos.

Ejemplo

Determine la variación de la energía interna de $200\ \text{g}$ de agua cuando estos se calientan de 20 a $70\,^{\circ}\text{C}$ en condiciones de presión atmosférica constante ($P_{ext} = 101325\ \text{Pa}$), tomando en cuenta que le fueron suministrados 41,840 J en forma de calor (puedes verificar esta cantidad con la fórmula $Q = m \cdot C_e \cdot (T_2 - T_1)$ y se observó un cambio de volumen de $200.34\ \text{cm}^3$ a $201.26\ \text{cm}^3$.

Solución:

- En este problema nos indican la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de estos 200 g de agua, de modo que ya no hay que calcularlos. Esta cantidad de calor es $Q = 41{,}840\ \text{J}$.
- Para determinar la cantidad ΔU, primero necesitamos determinar la cantidad de trabajo a través de la expresión (13), y para esto también requerimos transformar la diferencia $V_2 - V_1$ a unidades de m^3:

$$w = -P_{ext}(V_2 - V_1) = (101325\ \text{Pa})(201.26\ \text{cm}^3 - 200.34\ \text{cm}^3)\left(\frac{1\ \text{m}^3}{1\times 10^6\ \text{cm}^3}\right)$$

$$w = -0.195\ \text{J}$$

- Hemos ya determinado el trabajo y observamos que es una cantidad muy pequeña, ahora tenemos que sustituir esta cantidad en la ecuación (6), considerando también al calor mencionado antes, es decir:

$$\Delta U = Q + w = 41{,}840\ \text{J} + (-0.195\ \text{J}) = 41{,}839.805\ \text{J}$$

- En este punto, vemos que la contribución principal para la variación de la energía interna del sistema descrito en este problema proviene del calor (Q) y no tanto del trabajo (w); la razón de esto se debe a la pequeña variación en el volumen del líquido cuando este cambia su temperatura, la misma situación se espera para las sustancias sólidas.

Cuando se trata con un sistema termodinámico que contiene una sustancia gaseosa, si existe una contribución mayor del trabajo a la variación de la energía interna que la observada para las fases condensadas (líquidos o sólidos), pues un aumento pequeño en la temperatura asegura un aumento apreciable en el volumen del gas (observe la figura 20), es decir el gas se expande.

Figura 20. Máquina de vapor antigua.



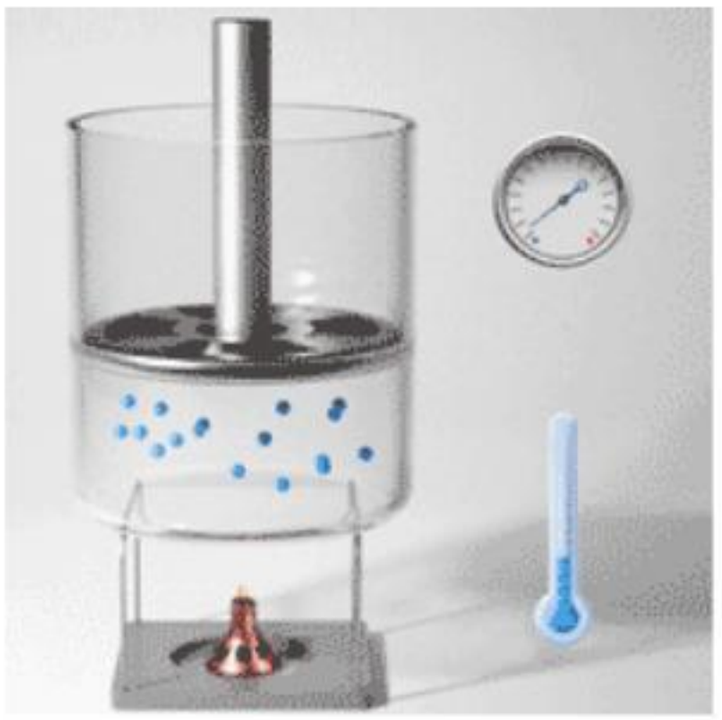
Nota: Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Boiler típico para casa]. https://chatgpt.com/c/674fd9dd-8054-8008-9124-4ba7498eb42e

Ejemplo

Se aplican $70{,}000\ \text{J}$ de calor a $500\ \text{g}$ de nitrógeno gaseoso $\left(C_e = 1040\ \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^{\circ}\text{C}}\right)$ a presión externa constante de $1\ \text{atm}$. Este proceso provoca un aumento de la temperatura del gas desde 25 °C a 159.61 °C, pero tambien su volumen aumenta de $437\ \text{L}$ hasta $633\ \text{L}$. Calcula la variación de la energía interna de este gas.

Solución:

Figura 21. Expansión isobárica de un gas.



- El problema indica que el gas es calentado suministrándole una cantidad de calor $Q = 70{,}000\ \text{J}$, de modo que ya no es necesario calcularlo, aún así podemos comprobar que está cantidad de calor hace que cambie su temperatura de $25\ ^\circ\text{C}$ a $159.61\ ^\circ\text{C}$.
- La cantidad que si debemos calcular es el trabajo que el gas desarrolla al expandirse y lo hacemos a través de la fórmula (13), considerando que la presión externa es de $1\ \text{atm}$ que equivale a $101\ 325\ \text{Pa}$, también debemos tener en cuenta que los volúmenes deben ser expresados en m^3 considerando la equivalencia $1\ \text{m}^3 = 1000\ \text{L}$

$$V_1 = 437\ \text{L}\left(\frac{1\ \text{m}^3}{1000\ \text{L}}\right) = 0.437\ \text{m}^3$$

$$V_2 = 633\ \text{L}\left(\frac{1\ \text{m}^3}{1000\ \text{L}}\right) = 0.633\ \text{m}^3$$

$$w = -P_{ext}\,(V_2 - V_1) = -\,(101\ 325\ \text{Pa})(0.633\ \text{m}^3 - 0.437\ \text{m}^3) = -19\ 859.7\ \text{J}$$

- El trabajo es negativo puesto que el sistema termodinámico pierde energía en forma de trabajo de acuerdo con la primera convención descrita en la **Figura 9.** Y ahora al combinar las cantidad de calor y trabajo en la ecuación (6), se obtiene:

$$\Delta U = Q + w = 70\ 000\ \text{J} + (-19\ 859.7\ \text{J}) = 50140.3\ \text{J}$$

- Observamos ahora que la energía interna del sistema si cambía considerablemente, pues de los $70{,}000\ \text{J}$ que recibe como calor, $19859.7\ \text{J}$ son perdidos por el sistema en forma de trabajo.

Ejemplo

Un gas ideal está confinado en un cilindro con un pistón móvil a una presión constante de $200\ \text{kPa}$. Inicialmente, el volumen del gas es de $0.500\ \text{m}^3$, y luego el pistón se desplaza permitiendo que el gas se expanda hasta un volumen final de $1.20\ \text{m}^3$. ¿Cuánto trabajo realiza el gas durante esta expansión?

Solución:

- Este problema hace referencia a la expansión de un gas, es decir, al aumento de volumen del mismo dentro de un cilindro que cuenta con un pistón móvil. Se nos proporciona el dato de que la presión a la que se encuentra el gas es $200\ \text{kPa}$, debemos recordar la equivalencia $1\ \text{kPa} = 1000\ \text{Pa}$. Para estimar la cantidad de trabajo hacemos uso de la ecuación (13):

$$\text{W} = -P_{ext}\,(V_2 - V_1)$$

$$w = -(200\ \text{kPa})\left(\frac{1000\ \text{Pa}}{1\ \text{kPa}}\right)(1.20\text{m}^3 - 0.500\ \text{m}^3) = -\,140000\text{J}$$

- De esta manera, se obtiene una cantidad de $-140\ 000\ \text{J}$ como trabajo, que es de tipo negativo puesto que al expandirse el sistema termodinámico realiza trabajo sobre los alrededores.

Figura 22. Pistón móvil.



Ejemplo

Un gas ideal está confinado en un cilindro con un pistón móvil a una presión constante de $3.2\ \text{atm}$. Inicialmente, el volumen del gas es de $800\ \text{cm}^3$, y luego el pistón se desplaza permitiendo que el gas se comprima hasta un volumen final de $50.0\ \text{cm}^3$. ¿Cuánto trabajo se realiza sobre el gas durante esta acción?

Solución:

- Para este problema se solicita solamente determinar el trabajo implicado en la compresión (disminución de volumen) de un gas por efecto de la aplicación de la presión de $3.2\ \text{atm}$ misma que debemos transformar a unidades de Pa. El volumen inicial del gas es $V_1 = 800\ \text{cm}^3$ en tanto que el volumen final corresponde a $V_2 = 50.0\ \text{cm}^3$, sirve en este momento realizar las conversiones de estos volúmenes a unidades de m^3 a través del uso de la equivalencia $1\ \text{m}^3 = 1\times10^6\text{cm}^3$:

$$V_1 = 800\ \text{cm}^3\left(\frac{1\ \text{m}^3}{1\times10^6\ \text{cm}^3}\right) = 8.00\times10^{-4}\ \text{m}^3$$

$$V_2 = 50.0\ \text{cm}^3\left(\frac{1\ \text{m}^3}{1\times10^6\ \text{cm}^3}\right) = 5.00\times10^{-5}\ \text{m}^3$$

- Sustituyendo los valores en la ecuación (13):

$$w = -3.2\ \text{atm}\left(\frac{101325\ \text{Pa}}{1\ \text{atm}}\right)(5.00\times10^{-5}\text{m}^3 - 8.00\times10^{-4}\ \text{m}^3) = 243.18\ \text{J}$$

- En este caso, el trabajo tiene signo positivo debido a que se debe suministrar esta energía para garantizar que se efectúe la compresión del gas.

3.4.2. Proceso isotérmico

Definición

Un **proceso isotérmico** se refiere a una transformación termodinámica que ocurre a temperatura constante. Es decir, es un cambio en el estado de un sistema físico en el que la temperatura se mantiene fija a lo largo del proceso.

Algunos procesos de la vida cotidiana se llevan a cabo a temperatura constante, como el derretimiento del hielo en una bebida, donde la temperatura permanece constante mientras el hielo se convierte en agua, o el cambio de estado del agua durante la ebullición a presión atmosférica, donde la temperatura se mantiene fija en 100 °C hasta que toda el agua se convierte en vapor; en estos casos se espera que la energía interna de cada sistema no cambie, pues lo mismo que para las sustancias gaseosas, líquidos y sólidos aumentan o disminuyen su energía interna cuando su temperatura cambia. Esta idea nos conduce a aceptar que la ecuación (6) puede ser reescrita como:

$$\Delta U = Q + w = 0 \tag{14}$$

En esta expresión Q, w y ΔU tienen su significado habitual, sin embargo, podemos advertir que en vista de que no existe variación de energía interna para un proceso isotérmico, entonces fácilmente podemos aceptar la idea de que la cantidad de calor que ingrese o salga de un sistema se verá compensada con el trabajo que se realice sobre o por el sistema, esto quiere decir:

$$Q = -w \tag{15}$$

Esta ecuación es válida sólo para proceso isotérmicos. Ejercitemos ahora con esta expresión para tener más claro en qué momento podemos usarla.

Ejemplo

Una muestra de gas helio se usa para inflar isotérmicamente un globo en contra de la presión atmosférica constante con un valor de $1\ \text{atm}$, suponiendo que el volumen inicial del gas dentro del globo es prácticamente nulo y considerando que se llega a un volumen final de $5.00\ \text{L}$, conteste:

a) ¿Cuánto trabajo se desarrolla al inflar el globo?

b) ¿Cuánto calor implica este proceso?

c) ¿Cuál es la variación de la energía interna del gas en este proceso?

Solución:

- El ejercicio hace referencia a que el globo se infla de forma isotérmica de modo que quizá es más prudente comenzar contestando el inciso c), de modo que es de esperarse que al no variar la temperatura $\Delta U = 0$, o dicho de otra forma, la energía interna del gas no cambia.
- b) Para determinar el trabajo realizado por el gas en este proceso, hacemos uso de la ecuación (13), considerando una presión externa de $1\ \text{atm} = 101325\ \text{Pa}$:

$$w = -P_{ext}(V_2 - V_1) = (101325\ \text{Pa})(5.00\ \text{L} - 0)\left(\frac{1\text{m}^3}{1000\ \text{L}}\right) = -506.6\ \text{J}$$

- De esta manera encontramos que el gas desarrolla un $w = -506.6\ \text{J}$ sobre los alrededores.
- b) Por otro lado, debido a que en este proceso $Q = -\text{w}$, cuando se sustituye el valor del trabajo en esta expresión se tiene:

$$Q = -w = -(-506.6\ \text{J}) = 506.6\ \text{J}$$

- Por último, se comprueba que en este ejemplo la energía interna del sistema no varía sumando las dos cantidades y encontrando que en efecto: $\Delta U = Q + w = 506.6\ \text{J} - 506.6\ \text{J} = 0$.

Figura 23. Globo siendo inflado con helio de forma isotérmica.



Nota: Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Globo siendo inflado con helio de forma isotérmica]. https://chatgpt.com/g/g-pmuQfob8d-image-generator/c/6754a263-b880-8008-852b-8c5cb33917c8

3.4.3. Proceso adiabático

Definición

Un **proceso adiabático** es un proceso termodinámico en el que un sistema no intercambia calor con su entorno, es decir ni entra ni sale calor del sistema.

Si un sistema termodinámico es provisto de paredes adiabáticas, es muy probable que todo proceso que suceda dentro del sistema sea de carácter adiabático; estos procesos son aprovechados sobre todo en la expansión (aumento de volumen) o compresión (disminución de volumen) de los gases y a través de los cuales se ha logrado tener una mayor eficiencia de conversión de energía en sistemas como los motores de automóvil. En estos motores, durante la expansión o compresión de los gases en los cilindros, el calor no se pierde hacia el entorno, lo que permite que la energía interna de los gases se use de manera más eficiente para mover los pistones. Este principio ayuda a que el motor convierta mejor la energía del combustible en movimiento, logrando un mayor rendimiento y aprovechamiento de la energía.

Desde el punto de vista de la ecuación de la Primera Ley de la Termodinámica, como $Q = 0$, entonces se tiene:

$$\Delta U = Q + w = 0 + w \qquad (16)$$

Una versión equivalente es decir que $\Delta U = w$, es decir el aumento o disminución de la energía interna de un sistema es aprovechado para la realización de trabajo sobre o por el sistema.

Ejemplo

En el cilindro de un motor, un gas se comprime adiabáticamente desde un volumen inicial de $V_1 = 0.800\ \mathrm{m}^3$ hasta un volumen final de $V_2 = 0.200\ \mathrm{m}^3$. Durante este proceso, la presión ejercida por el pistón es $2.44\ \mathrm{atm}$. Determine la variación de la energía interna del gas contenido en el pistón.

Solución:

- En este problema se indica que el proceso de compresión del gas dentro del pistón es adiabático, de modo que aceptamos la idea de que el cambio de la energía interna, ΔU es directamente el trabajo realizado sobre el gas, por lo que al llevar a cabo la sustitución de los datos en la expresión para el trabajo:

$$w = -P_{ext}(V_2 - V_1) = -2.44\ \mathrm{atm}\left(\frac{101325\ \mathrm{Pa}}{1\ \mathrm{atm}}\right)(0.200\ \mathrm{m}^3 - 0.800\ \mathrm{m}^3)$$

$$\boldsymbol{w = 148\,339.8\ \mathrm{J}}$$

Sabemos que para un proceso adiabático es cierto que $\Delta U = w$, de tal manera que el cambio de la energía interna es:

$$\Delta U = 148339.8\ \mathrm{J}$$

Figura 24. Pistón de motor en un auto.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Pistón de motor en un auto]. https://chatgpt.com/g/g-pmuQfob8d-image-generator/c/6754a263-b880-8008-852b-8c5cb33917c6

Presentación

Para la Universidad Autónoma del Estado de México, es fundamental que, como estudiante de la Escuela Preparatoria, comprendas de manera clara los conceptos clave del programa de estudio de Física I, parte del campo disciplinar de las Ciencias Naturales, experimentales y tecnología.

La física, junto con otras ciencias y la ingeniería, juega un papel fundamental en el desarrollo tecnológico y científico, permitiendo resolver problemas importantes que enfrenta la sociedad moderna. Por ello, en este libro, cada tema ha sido diseñado cuidadosamente para ayudarte a entender la manera en que los principios físicos se conectan con tu vida diaria y el entorno que te rodea, a fin de enriquecer tu aprendizaje.

En este módulo exploraremos el concepto de energía, uno de los pilares fundamentales de la física. Aprenderás que se manifiesta de muchas formas, como el movimiento de los objetos, la luz, el sonido o el calor que sentimos. Descubrirás que no solo existe de manera abstracta, sino que está presente en gran parte de lo que ocurre a tu alrededor.

A lo largo del módulo, veremos de qué forma la energía puede transferirse de un objeto a otro cuando interactúan, por ejemplo, en las colisiones o en procesos de calentamiento y enfriamiento. Además, analizaremos cómo puede moverse dentro de un sistema y entre diferentes sistemas, y cómo esta transferencia es detectable a través de cambios en el movimiento, la temperatura u otras manifestaciones.

Por medio de ejemplos sencillos y experimentos accesibles, aprenderás a identificar cuándo y cómo ocurre esta transferencia de energía en situaciones cotidianas. Ya sea que observes un coche en movimiento, escuches música o sientas el calor del sol, te darás cuenta de que la energía está fluyendo constantemente y que, aunque no siempre la veamos directamente, sus efectos son detectables y medibles. Este módulo te permitirá desarrollar la habilidad de reconocer y analizar estos fenómenos de manera práctica y cercana a tu experiencia diaria.

Actividad 1.

Evaluación de Diagnóstico
(conocimientos previos)

Antes de iniciar con la revisión de los contenidos del módulo I, te invitamos a responder a la evaluación diagnóstica.

Esto te ayudará a descubrir los conocimientos previos que tienes sobre los temas a abordar y, al mismo tiempo, le permitirá a tu docente conocer tus fortalezas y debilidades.

Para comenzar con el ejercicio, revisa en la plataforma SEDUCA la sección de Actividades (Estudiante) y responde a la actividad denominada: M1 Evaluación Diagnóstica

3.4.4. Proceso isocórico

Definición

Un **proceso isocórico,** también conocido como proceso **isométrico** o **isovolumétrico**, es un proceso termodinámico en el que el volumen se mantiene constante.

En un proceso isocórico, no se realiza trabajo, ya que el volumen permanece constante, es decir, $V_2 - V_1 = 0$. Como el trabajo se define como $w = -P(V_2 - V_1)$, el trabajo realizado en este proceso es nulo. Por lo tanto, recurriendo nuevamente a la ecuación de la Primera Ley de la Termodinámica y considerando que $w = 0$, entonces se tiene:

$$\Delta U = Q \qquad (17)$$

Una ecuación que sólo es válida para procesos isocóricos, de modo que para determinar la variación de la energía interna de un sistema termodinámico basta con saber la cantidad de calor a volumen constante que este adquiere o que disipa.

Un ejemplo de proceso **isocórico** en la vida diaria se observa cuando calentamos agua en una **olla a presión.** Al transferir calor al recipiente, experimentamos un proceso **isovolumétrico,** ya que el aumento de temperatura ocurre a volumen constante. Si el mismo recipiente estuviera abierto, el vapor de agua se expandiría manteniendo su presión (atmosférica), lo que constituiría un proceso **isobárico.**

Figura 24. Una olla de presión es un ejemplo de proceso isocórico.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Una olla de presión es un ejemplo de proceso isocórico]. https://chatgpt.com/g/g-pmuQfob8d-image-generator/c/6754a263-b860-8008-852b-8c5cb33917c6



Actividad 4.

Proceso termodinámicos
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

Resumen del Módulo

La termodinámica estudia el calor, el trabajo y sus interacciones. La energía puede transferirse entre sistemas mediante calor o trabajo, transformándose en otras formas. Por ejemplo, en un motor, el calor generado al quemar combustible realiza trabajo para mover el automóvil, aunque gran parte de la energía se pierde como calor. Esto limita la eficiencia, regida por leyes físicas.

Los sistemas termodinámicos se clasifican en abiertos (intercambian materia y energía, como una taza de café), cerrados (solo intercambian energía, como una botella sellada al sol) y aislados (no intercambian nada, como un termo ideal). Ejemplos como el motor de un auto o la Tierra ilustran estas categorías, fundamentales para entender procesos energéticos en la naturaleza y la tecnología.

1. La **ley cero de la termodinámica** establece que si dos sistemas están en equilibrio térmico con un tercero, también lo estarán entre sí. Esto implica que los tres tienen la misma temperatura, lo que es fundamental para entender cómo funciona la transferencia de calor y el equilibrio térmico.

Un ejemplo cotidiano es el de las incubadoras neonatales, donde la temperatura del bebé, la cuna y el aire dentro del sistema se igualan para garantizar un entorno seguro. Aunque esta ley se descubrió después de la primera y segunda leyes de la termodinámica, su importancia básica llevó a que se colocara al inicio, dando origen a su peculiar nombre.

2. La **primera ley de la termodinámica** establece el principio de conservación de la energía, indicando que la energía en un sistema cerrado no se crea ni se destruye, sino que puede transformarse entre diferentes formas. Matemáticamente, esta ley se expresa como:

$$\Delta U = Q - W$$

Debemos considerar que el valor de Q es positivo cuando entra el calor al sistema y negativo cuando sale de él, por otro lado, el valor de W es positivo si el sistema realiza el trabajo y negativo si se lleva a cabo sobre él.

Para comprender esta ley, es crucial entender las variables fundamentales de un sistema termodinámico: presión (P), volumen (V) y temperatura .

Presión se define como la fuerza ejercida perpendicularmente sobre un área específica, calculada mediante la fórmula:

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

Donde es la fuerza aplicada (en newtons, N) y A es el área (en metros cuadrados, m^2). La presión se mide en pascales (Pa), aunque también se utilizan atmósferas (atm), bar, milímetros de mercurio $(mmHg)$ y libras por pulgada cuadrada (psi). Ejemplos cotidianos incluyen la presión arterial y la presión atmosférica.

Entre los estados de agregación más comunes (sólido, líquido y gaseoso), el gaseoso es el más susceptible a la aplicación de presión, ya que su volumen puede variar significativamente cuando se somete a cambios de presión. Por otro lado, los estados sólido y líquido se consideran prácticamente incompresibles.

Además, así como podemos aplicar presión a ciertos cuerpos (por ejemplo, con un dedo o una aguja sobre la piel), las sustancias también ejercen presión sobre otros objetos. Un gas, por

ejemplo, posee una presión interna que actúa sobre las paredes de su contenedor o superficies adyacentes. Un sólido ejerce presión debido a su peso sobre la superficie que lo soporta. Los líquidos generan **presión hidrostática,** que se percibe al sumergirse en ellos; mientras más profundo sea el punto de inmersión, mayor será la presión experimentada, como ocurre en una alberca llena de agua.

Estos conceptos son esenciales para entender cómo la energía térmica y el trabajo interactúan en los sistemas termodinámicos, base para la aplicación de la Primera Ley.

3. La **segunda ley de la termodinámica** establece que la energía tiene una "única dirección" en su transferencia y transformación, lo que significa que algunos procesos ocurren espontáneamente mientras que otros no. Un ejemplo común es el comportamiento de una bola de caucho al caer: rebota varias veces y luego se detiene, pero nunca se ve que, al detenerse, comience a rebotar por sí sola. Esta ley ayuda a entender fenómenos como este y explica por qué ciertos procesos, como la conversión de energía en trabajo, tienen limitaciones.

A diferencia de la primera ley de la termodinámica, que se enfoca en la conservación de la energía y las transformaciones entre calor y trabajo, la segunda ley de la termodinámica, introduce restricciones al indicar que no toda la energía absorbida por un sistema caliente puede convertirse en trabajo útil. Esto se aplica en el diseño de máquinas térmicas, que reciben energía en forma de calor y la transforman en trabajo, pero siempre con alguna pérdida de energía en forma de calor.

Un ejemplo práctico de esta ley es el motor de combustión interna de un automóvil, que solo convierte alrededor del 25-30% de la energía del combustible en movimiento útil, mientras que el resto se pierde en forma de calor. La eficiencia de las máquinas térmicas está limitada por la diferencia de temperatura entre las fuentes de entrada y salida, lo que establece un límite máximo en la eficiencia de cualquier máquina. Matemáticamente se expresa:

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

Como $w = Q_1 - Q_2$, tenemos

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

La eficiencia de una máquina ideal puede expresarse usando las temperaturas absolutas, es decir, en Kelvin; de las fuentes de calor, la fuente caliente (T_1) y la temperatura de la fuente fría (T_2), se expresa matemáticamente, de la siguiente manera:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Finalmente, **la eficiencia de una máquina térmica** se define como la relación entre el trabajo útil realizado y el calor suministrado, y se expresa en porcentaje. A pesar de los avances tecnológicos, este límite de eficiencia sigue siendo uno de los grandes desafíos de la ingeniería.

4. Un **proceso termodinámico** describe cómo cambian ciertas propiedades dentro de un sistema, como la presión, volumen o temperatura. Estos procesos son fundamentales en la vida diaria, desde el uso de calentadores de agua hasta los motores y refrigeradores. Un sistema termodinámico es una región específica que se estudia, y su entorno es el espacio fuera de él. La energía dentro del sistema se transforma en calor o trabajo, y se intercambia con el entorno. Los procesos pueden ser reversibles, en los que el sistema puede volver a su estado original, o irreversibles, debido a factores como la fricción.

Existen varios tipos de procesos, como el isobárico (a presión constante), isotérmico (a temperatura constante), adiabático (sin intercambio de calor) e isocórico (a volumen constante). Los procesos

termodinámicos tienen aplicaciones en la ingeniería, como en motores, refrigeración y en la comprensión de fenómenos climáticos. Para estudiar estos procesos, se deben considerar las variaciones de energía interna al añadir o quitar calor o trabajo, con ecuaciones matemáticas que representan estos cambios

Actividad 5.

Ejercicio autoevaluable
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido en este módulo acerca de los temas vistos. Da clic aquí, el enlace te guiará al portal SEDUCA donde podrás contestar las preguntas de este ejercicio final del módulo III.

Glosario

Calor. Forma de transferencia de energía entre dos sistemas debido a una diferencia de temperatura. Se mide en joules en el Sistema Internacional, y fluye espontáneamente del cuerpo más caliente al más frío.

Equilibrio térmico. Estado en el cual dos o más sistemas en contacto alcanzan la misma temperatura, y no hay transferencia neta de calor entre ellos.

Energía Interna. Suma de todas las energías microscópicas (cinéticas y potenciales) de las partículas que componen un sistema. Es una función de estado que depende de variables como la temperatura, el volumen y la presión.

Presión. Magnitud física que mide la fuerza ejercida por unidad de área. En un gas, es el resultado de las colisiones de las moléculas con las paredes del recipiente que lo contiene. Su unidad en el Sistema Internacional es el Pascal .

Proceso Térmico. Es el conjunto de cambios físicos o químicos que experimenta un sistema debido a la transferencia de calor o a una variación en su temperatura. Estos procesos pueden incluir calentamiento, enfriamiento, fusión, vaporización, condensación o solidificación, entre otros, y están regidos por las leyes de la termodinámica

Sistema abierto. Es un sistema que intercambia tanto energía como materia con su entorno. Sistema aislado: No intercambia ni energía ni materia con su entorno.

Sistema cerrado. Permite el intercambio de energía, pero no de materia.

Sistema termodinámico. Es una porción específica de materia o espacio que se estudia para analizar los intercambios de energía y materia con su entorno. En termodinámica, el sistema es todo aquello en lo que nos enfocamos, mientras que el entorno es todo lo que lo rodea.

Termodinámica. Rama de la física que estudia las relaciones entre el calor, la energía y el trabajo, así como las propiedades macroscópicas de los sistemas en equilibrio térmico.

Trabajo. Es la energía transferida a un objeto cuando una fuerza actúa sobre él y provoca su desplazamiento. Matemáticamente, se define como el producto de la fuerza aplicada, el desplazamiento del objeto y el coseno del ángulo entre ellos.

Volumen. Espacio tridimensional que ocupa un cuerpo o sustancia. En los gases, el volumen suele variar según la presión y la temperatura.

Referencias

Bibliográficas

- Pérez Montiel, Héctor (2015). *Física General* (5ª ed) Ed. Patria: México. ISBN 9786077440468
- Tippens, P. (2007). Física, conceptos y aplicaciones (7ª ed) Mc Graw Hill: México.
- Serway, R. A., & Vuille, C. (2013). *Fundamentos de física* (10ª ed.). Cengage Learning. ISBN: 978-6075265629

Módulo IV

Mecánica de fluidos y aplicaciones de la energía térmica

Propósito de Módulo

Conocer la forma en que los principios fundamentales de los fluidos y el rastreo de los cambios de energía y materia permiten describir, predecir y optimizar los procesos físicos involucrados en la generación y transferencia de energía.

El flujo de los fluidos no solo es un fenómeno común en la naturaleza, también constituye un proceso cargado de energía. Esta puede transformarse en formas útiles, como la electricidad, que tiene aplicaciones esenciales en el desarrollo tecnológico y sustentable. Ejemplos destacados de esta transformación son las plantas hidroeléctricas, donde el movimiento del agua genera energía eléctrica, así como las plantas eólicas, donde el flujo del aire se convierte en electricidad mediante turbinas de gran tamaño impulsadas por el aire, otro gran fluido.

En este contexto, es fundamental comprender que los sistemas que involucran fluidos están regidos por la ley de la conservación de la energía, la cual establece que la energía contenida en el flujo de un fluido no se crea ni se destruye, sino se transforma y transfiere. Esta propiedad permite diseñar sistemas eficientes que convierten la energía cinética o potencial de un fluido en energía eléctrica, contribuyendo así a soluciones innovadoras para los retos energéticos actuales.

A lo largo de este módulo, exploraremos los principios fundamentales de la hidrodinámica, comenzando con conceptos básicos como la presión, el flujo y el gasto, y avanzando hacia el estudio del principio de continuidad. Posteriormente, analizaremos el principio de Bernoulli y sus aplicaciones prácticas a través del uso de herramientas como el tubo de Pitot, el teorema de Torricelli y el tubo de Venturi.

El módulo también incluye una exploración de las tecnologías sustentables basadas en la energía de los fluidos. Se examinará la manera con la cual fuentes como la energía hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa y geotérmica aprovechan los principios de la mecánica de fluidos para generar energía limpia y renovable.

Este enfoque integral nos permitirá entender cómo los fenómenos naturales de los fluidos pueden ser utilizados para construir un futuro más sostenible, combinando teoría y aplicación en el diseño de sistemas energéticos eficientes

4.1 Hidrodinámica

La hidrodinámica es una rama de la hidráulica que se centra en el estudio de los líquidos en movimiento, analizando variables fundamentales: la velocidad, la presión, el flujo y el gasto del líquido. Este campo es esencial para comprender cómo se comportan los líquidos en diferentes situaciones y su impacto en diversas aplicaciones prácticas.

Una de las bases más importantes de la hidrodinámica es el teorema de Bernoulli, el cual se fundamenta en la ley de conservación de la energía. Este teorema establece que la suma de las energías cinética, potencial y de presión de un líquido en movimiento permanece constante entre dos puntos determinados. Este principio no solo es crucial para describir el flujo de los líquidos, también tiene aplicaciones en nuestra vida cotidiana, como la explicación de por qué los aviones pueden volar o los barcos logran mantenerse a flote.

Al explorar la hidrodinámica, descubriremos cómo las leyes de la física se conectan con el mundo real, transformando algo tan cotidiano como el agua en un tema lleno de sorpresas y aplicaciones prácticas. Prepárate para adentrarte en un mundo donde la ciencia da vida a fenómenos tan impresionantes como útiles.

4.1.1 Presión debido a un fluido

La densidad juega un papel clave en la presión de un fluido. Cuanto mayor es la densidad de un fluido, mayor será la presión que ejercerá a una misma profundidad. El agua es más densa que el aire, por eso sentimos una presión mucho mayor al sumergirnos en el agua que al estar en la atmósfera. Además, esta relación entre densidad y presión se aplica a todos los fluidos, ya sea agua, aceite o incluso gases.

Definición

Densidad (ρ) de las sustancias es una propiedad intensiva, que relaciona la masa y el volumen de la misma; la densidad se puede determinar a partir de la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1}$$

En donde:

- m es la masa de la sustancia en kg
- V es el volumen que ocupa en $\mathrm{m^3}$
- ρ = densidad de la sustancia en $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}}$

Aunque ya lo hemos mencionado en módulo anteriores, es importante notar que la masa de los cuerpos no solo se puede expresar en kilogramos, también se puede dar a conocer en gramos, e incluso en otras unidades de uso común en países de lengua inglesa como las libras o las onzas. Revisa las equivalencias que se muestran en la tabla 1, entre las unidades de masa más usuales, como el kilogramo (kg), el gramo (g), la libra (lb), la onza (oz) y la tonelada (t).

Tabla 1. Equivalencias entre unidades de medida para la masa

$1\ \mathrm{kg} = 1000\ \mathrm{g} = 2.2046\ \mathrm{lb}$
$1\ \mathrm{lb} = 453.59\ \mathrm{g} = 0.45359\ \mathrm{kg} = 16\ \mathrm{oz}$
$1\ \mathrm{oz} = 28.3495\ \mathrm{g}$
$1\ \mathrm{t} = 1000\ \mathrm{kg}$

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia .[Equivalencias para unidades de medida para la masa].

Asimismo, el volumen no tiene como unidades únicas al metro cúbico ($\mathrm{m^3}$), también se puede expresar en centímetro cúbico ($\mathrm{cm^3}$), decímetro cúbico ($\mathrm{dm^3}$), el litro (L) y en unidades propias del sistema inglés, como la pulgada cúbica ($\mathrm{in^3}$), el pie cúbico ($\mathrm{ft^3}$) y el galón (gal), observe la **tabla 2.**

Tabla 2. Equivalencias entre unidades de medida para el volumen.

$1\mathrm{m^3} = (100\mathrm{cm})^3 = 1\times10^6\ \mathrm{cm^3}$	$1\ \mathrm{ft^3} = (30.48\ \mathrm{cm})^3 = 28316.84\ \mathrm{cm^3}$
$1\mathrm{m^3} = (10\mathrm{dm})^3 = 1\times10^3\ \mathrm{dm^3}$	$1\ \mathrm{in^3} = (2.54\ \mathrm{cm})^3 = 16.387\ \mathrm{cm^3}$
$1\mathrm{m^3} = 1\times10^3\ \mathrm{L}$	$1\ \mathrm{gal} = 3.785\ \mathrm{L}$
$1\ \mathrm{L} = 1000\ \mathrm{mL}$	
$1\ \mathrm{m^3} = 1\times10^6\ \mathrm{mL}$	

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia .[Equivalencias entre unidades de medida para el volumen].

En la tabla 3 podrás observar las densidades para algunas sustancias comunes.

Tabla 3. Densidades de algunas sustancias comunes.

c	$\rho/(kg/m^3)$	Sustancia	$\rho/(kg/m^3)$
Hielo	0.917×10^3	Agua	1.00×10^3
Aluminio	2.70×10^3	Glicerina	1.26×10^3
Hierro	7.86×10^3	Alcohol etílico	0.806×10^3
Cobre	8.92×10^3	Benceno	0.879×10^3
Plata	10.5×10^3	Mercurio	13.6×10^3
Plomo	11.3×10^3	Aire	1.29
Oro	19.3×10^3	Oxígeno	1.43
Platino	21.4×10^3	Hidrógeno	8.99×10^{-2}
Uranio	18.7×10^3	Helio	1.79×10^{-1}

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia .[Densidades de algunas sustancias comunes].

Ejemplo 1

Una bola de demolición esférica tiene una masa de $4{,}800\ kg$ y un volumen de $1.75 m^3$.

Determina la densidad del material en las siguientes unidades:

a. $\frac{g}{cm^3}$

b. $\frac{lb}{ft^3}$

Solución:

- Para la obtención de la densidad de este cubo metálico en unidades de $\frac{g}{cm^3}$ aplicamos directamente la fórmula (1), sustituyendo directamente los valores correspondientes:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4800\,kg}{1.75\,m^3} = 2742.85\,\frac{kg}{m^3}$$

- Para realizar la conversión de este valor de densidad $(2742.85\ \frac{kg}{m^3})$ a $\frac{g}{cm^3}$ ocupamos algunas equivalencias mostradas en las tablas previas, como $1\ kg = 1000\ g$ y $1\ m^3 = 1 \times 10^6\ cm^3$

$$2742.85\,\frac{\cancel{kg}}{\cancel{m^3}}\left(\frac{1000g}{1\,\cancel{kg}}\right)\left(\frac{1\,\cancel{m^3}}{1\times10^6\,cm^3}\right) = 2.74\,\frac{g}{cm^3}$$

- El valor de la densidad en las unidades $\frac{lb}{ft^3}$ lo podemos obtener usando las equivalencias $1\ lb = 453.59\ g$ y $1\ ft^3 = (30.48\ cm)^3$, de modo que al realizar la transformación entre unidades:

$$2.74\,\frac{g}{cm^3}\left(\frac{1\,lb}{453.59\,g}\right)\left(\frac{30.48\,cm}{1\,ft}\right)^3 = 171.05\,\frac{lb}{ft^3}$$

$$2.74\,\frac{g}{\cancel{cm^3}}\left(\frac{1\,lb}{453.59\,g}\right)\left(\frac{28316.84\,\cancel{cm^3}}{1\,ft}\right)^3 = 171.05\,\frac{lb}{ft^3}$$

Figura 1. Bola de acero para demolición.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Bola de demolición].

1.1 Unidades de energía, conversión y factor unitario

¿Sabías que… el Sol, en un solo segundo, ¿genera una cantidad de energía tan grande que podría abastecer las necesidades energéticas de toda la humanidad durante más de 10,000 años?

Este dato parece increíble, pero nos muestra algo importante: la energía está presente en todos lados y en muchas formas. La luz que nos llega del Sol, el calor que sentimos cuando encendemos una estufa, el movimiento de un automóvil o incluso la que usamos para cargar nuestros dispositivos electrónicos, todo tiene que ver con la energía.

Figura 1. Energía solar



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Pero. ¿cómo sabemos cuánta energía hay en algo? La física es la ciencia que se encarga de estudiar la energía y su comportamiento. Los físicos, y en general los científicos, han desarrollado formas para medir la energía y entender cómo cambia de una forma a otra. Gracias a esto, podemos calcular la energía en una batería, en un alimento o en cualquier cosa que nos rodea.

En este capítulo aprenderemos cómo se mide la energía y por qué es tan importante realizar estas mediciones. Hablaremos sobre las diferentes unidades que se utilizan para medir esta y otras cantidades físicas, y también cómo podemos convertir de una unidad a otra, y qué significa decir que algo tiene más o menos energía, la cual es fundamental para comprender de qué forma funcionan las cosas, ya que ello nos ayudará a ver el mundo de una manera diferente.

En el estudio de la física, te encontrarás con cantidades que pue den ser extremadamente grandes o muy pequeñas. Por ejemplo, la masa del Sol, una estrella gigante en el centro de nuestro sistema solar es de aproximadamente 1.989×10^{30} kg. Si intentáramos escribir este número sin notación científica, sería algo como:

$$1{,}989{,}000{,}000{,}000{,}000{,}000{,}000{,}000{,}000{,}000$$

¡Es un número tan largo que sería difícil manejarlo! Por otro lado, cuando estudiamos partículas muy pequeñas, como los electrones, nos enfrentamos a números diminutos, como la masa de un electrón, que es de 9.109×10^{-31} kg; si escribimos este número sin notación científica luciría así:

$$0.00000000000000000000000000009109$$

Para hacer nuestro trabajo más fácil, usamos la notación científica. Esta es una manera de expresar estos números largos de una forma mucho más simple. En lugar de escribir una cantidad con muchos ceros, la notación científica nos permite representar los valores de forma compacta y clara, facilitando los cálculos y el estudio de los fenómenos físicos a través de las potencias de 10. Un número expresado con notación científica siempre tiene la forma:

Ejemplo 2

Una pipa de gasolina tiene un tanque cilíndrico con una longitud de 10 m y un diámetro de 2.5 m. Si la densidad de la gasolina es de $750\ \mathrm{kg/m^3}$, ¿cuántos kilogramos de gasolina puede transportar la pipa?

Solución:

- A partir del valor de la densidad de la gasolina $(750\ \mathrm{kg/m^3})$ y con ayuda de la ecuación (1), podemos saber la masa de la gasolina contenida en el tanque. Cuando se despeja la masa de esta expresión y se sustituyen los valores correspondientes a la densidad y el volumen del cilindro $V = \pi r^2 h$, se obtiene:

$$\rho = \frac{m}{V} \longrightarrow m = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi r^2 \mathrm{h}$$

$$m = \left(750 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}}\right)(\pi)(1.25\ \mathrm{m})^2(10\ \mathrm{m}) = 36{,}815.5\ \mathrm{kg}$$

Figura 2. Pipa de gasolina.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Pipa de gasolina]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Seguramente ya has experimentado lo que sucede cuando te sumerges en lo profundo de una piscina. A medida que lo haces, sientes cómo la presión aumenta en tu cuerpo, especialmente en los oídos y el pecho. Esa sensación no es mágica, es la presión que el agua ejerce sobre ti debido a su peso. Aunque el agua parece tranquila, sus moléculas están en continuo movimiento, chocando con las superficies que encuentran, y esos choques generan la presión.

La presión es definida como la fuerza que un fluido ejerce sobre una superficie por cada unidad de área, y se puede expresar matemáticamente como:

$$P = \frac{F}{A} \qquad (2)$$

En donde:

- P es la presión en $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2}}$
- F es magnitud de la fuerza perpendicular a la superficie en N
- A área o superficie sobre la que actúa la fuerza en $\mathrm{m^2}$

Recordemos que la unidad de medida para la presión, de acuerdo con el sistema internacional, es el Pascal que equivale a:

$$1\ \mathrm{Pa} = 1 = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2}}$$

También existen otras unidades para la presión como la atmósfera (atm), el bar (bar), el Torricelli (torr), los milímetros de mercurio (mmHg), las libras sobre pulgada cuadrada (psi), cada una de las cuales encuentra una relación directa con el Pa. La tabla 4 resume algunas de las equivalencias más usuales entre diferentes unidades de medida para la presión.

Figura 3. La presión de un líquido depende de la profundidad.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La presión de un líquido depende de su profundidad]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Tabla 4. Equivalencias entre unidades de presión.

1 atm =101325 Pa	760 mmHg = 101325 Pa
1 bar =100000 Pa	760 torr =101325 Pa
1 atm =760 mmHg	1 psi = 6894.76 Pa
1 atm =760 torr	
1 atm =14.6959 psi	

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia . [Equivalencias entre unidades de presión].

Es esencial entender cómo los fluidos responden a las fuerzas en comparación con los sólidos. Mientras que un sólido puede resistir fuerzas externas sin alterar significativamente su forma, los fluidos no tienen esa capacidad. Los fluidos no resisten esfuerzos cortantes de la misma manera que los sólidos, por lo que, si no están contenidos, simplemente fluyen. Esto explica por qué el agua dentro de un vaso permanece en reposo, pero comienza a moverse si lo inclinamos.

Además, la presión en un fluido se ejerce de manera perpendicular a cualquier superficie en contacto con él. Si perforamos un recipiente lleno de agua, veremos que el agua sale a través de los agujeros de manera perpendicular a las paredes del recipiente, independientemente del lugar donde se haya perforado. Esta propiedad explica cómo la presión en los fluidos se distribuye uniformemente en todas direcciones.

La presión en un fluido aumenta conforme te sumerges más profundamente. Esta relación se puede expresar como:

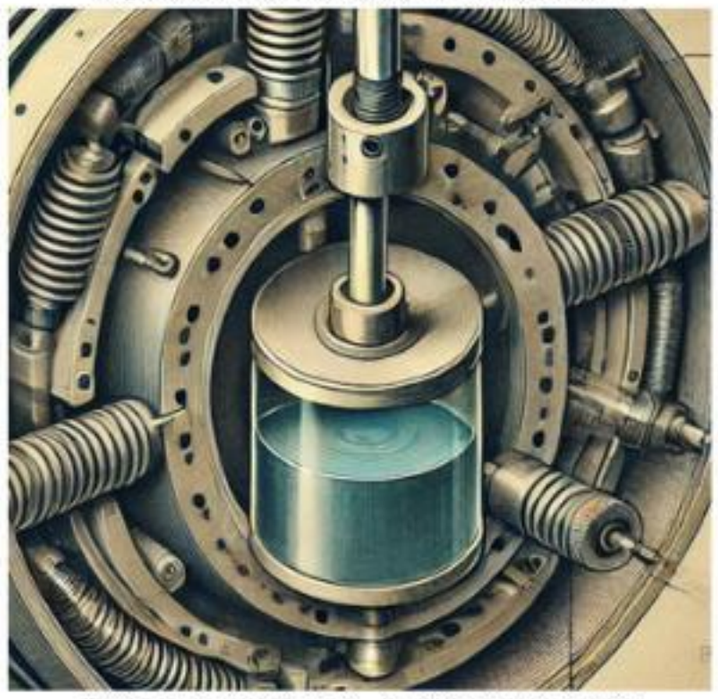
$$P = \rho \cdot g \cdot h \qquad (3)$$

En donde:

- ρ = densidad de la sustancia en $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- g = el valor de la aceleración de la gravedad en $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- h = altura o profundidad en m

Por ejemplo, en el mar, cada 10 metros de profundidad la presión aumenta aproximadamente en 1 atmósfera, lo que equivale a 101,325 Pa. Por eso los buzos necesitan equipos especiales, como trajes a presión, para soportar las altas presiones a grandes profundidades.

Figura 4. Fluido dentro de un recipiente.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La presión de un líquido depende de su profundidad]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Ejemplo 3

Un tanque de frenos hidráulicos contiene un fluido encerrado. Una fuerza de $200\ \text{N}$ se aplica sobre un pistón circular con un área de $0.05\ \text{m}^2$.

¿Cuál es la presión generada en el fluido?

Solución:

- Para obtener la presión generada en el fluido aplicamos directamente la fórmula (2), sustituyendo directamente los valores correspondientes:

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

$$P = \frac{200\,\text{N}}{0.05\,\text{m}^2} = 4\,000\,\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- Por lo que la presión generada por el fluido es de $4000\ \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Ejemplo 4

Un buzo se encuentra sumergido en el mar (observa la figura 5) a una profundidad en la que soporta una presión hidrostática de $3.01 \times 10^5\ \text{N/m}^2$. Considera que la densidad del agua del mar es $1020\ \text{kg/m}^3$

¿A qué profundidad se encuentra sumergido el submarino?

Solución

- Para obtener la profundidad a la que se encuentra el submarino despejamos la profundidad (h) de la fórmula (3):

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

- Para ello movemos al otro lado de la igualdad a la densidad (ρ) y la gravedad (g), con la operación contraria por lo que si está multiplicando a la altura pasa dividiendo a la Presión (P)

$$h = \frac{P}{pg}$$

Sustituyendo directamente los valores correspondientes:

$$h = \frac{3.01 \times 10^5\,\text{N/m}^2}{(1020\,\text{kg/m}^3)(9.81\,\text{m/s}^2)} = 30.0\,\text{m}$$

- Por lo que la profundidad a la que se encuentra sumergido el submarino es de $30.0\ \text{m}$

Figura 5. Buzo sumergido en el mar.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Buzo sumergido en el mar]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

4.1.2 Flujo

Definición

El **flujo** se refiere a la cantidad de masa de un fluido que atraviesa una sección de un conducto o tubería por unidad de tiempo. Este flujo, denominado caudal, se mide generalmente en kilogramos por segundo **(kg/s)**.

Dependiendo de la velocidad y el área de la sección transversal del conducto, el flujo se puede estimar con la ecuación:

$$F = \frac{m}{t} \qquad (4)$$

En donde:

- F = flujo en $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
- m = masa del líquido que fluye en kg
- t = tiempo que tarda en fluir en s

Además, al considerar la densidad de un fluido (ρ), podemos relacionar el flujo con la masa y el volumen. La densidad se define como la masa por unidad de volumen, por lo que podemos escribir el flujo en términos de la densidad como sigue:

$$F = G \cdot \rho \qquad (5)$$

En donde:

F = flujo en $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
G = gasto en $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
ρ = densidad de la sustancia en $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Este concepto es esencial para el diseño y análisis de sistemas de transporte de líquidos, como las redes de agua potable, sistemas de riego y en industrias como la petroquímica, donde se requiere un control preciso del flujo para asegurar la eficiencia operativa y la seguridad.

Cuando un fluido está en movimiento, su flujo puede clasificarse de dos maneras. Se considera flujo laminar o de línea de corriente cuando cada partícula que pasa por un punto específico sigue la misma trayectoria uniforme que las partículas anteriores. Esta trayectoria se denomina línea de corriente. En este tipo de flujo uniforme, las líneas de corriente no se cruzan y en cualquier punto la dirección de la línea de corriente coincide con la dirección de la velocidad del fluido en ese lugar.

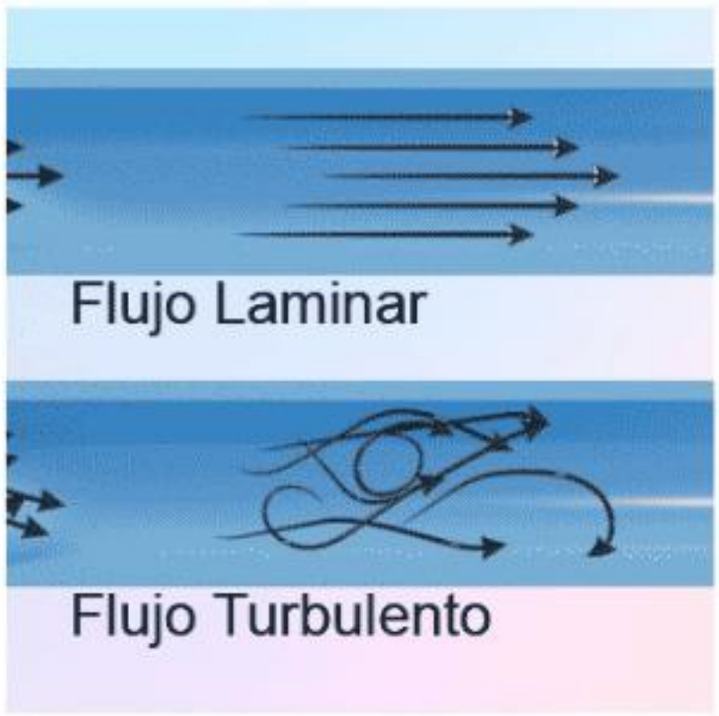
Por otro lado, el flujo de un fluido se torna turbulento cuando alcanza una velocidad crítica u ocurren condiciones que provocan cambios bruscos en su velocidad; se caracteriza por movimientos irregulares del fluido, conocidos como remolinos.

En el estudio del flujo de fluidos, el término viscosidad se utiliza para describir el nivel de fricción interna dentro del fluido. Esta fricción surge de la resistencia entre capas adyacentes del fluido que se desplazan una respecto a la otra. Por ejemplo, el queroseno tiene una viscosidad menor que la del petróleo crudo o la melaza.

Varias propiedades del movimiento de los fluidos se pueden entender analizando un fluido ideal, que cumple con las siguientes condiciones:

1. Es no viscoso, lo que significa que no hay fricción interna entre sus capas.
2. Es incompresible; es decir, su densidad permanece constante.

Figura 6. Ejemplo de flujo laminar.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Ejemplo de flujo laminar]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

3. Su movimiento es estable, lo que implica que la velocidad, densidad y presión en cualquier punto no varían con el tiempo.
4. No presenta turbulencias, por lo que no existen remolinos y cada elemento del fluido tiene una velocidad angular nula con respecto a su centro. Por ejemplo, si se colocara una rueda pequeña en el fluido, esta se movería sin girar.

Ejemplo 5

Imagina que un sistema automatizado de riego está alimentando un jardín. Este sistema está conectado a una manguera que suministra agua a un depósito de $15.0\ \mathrm{L}$. Si el sistema logra llenar un depósito con $10.0\ \mathrm{kg}$ de agua en $25.0\ \mathrm{s}$, ¿cuál es el flujo de agua en kg/s?

Solución:

- Para calcular el flujo de agua en este ejercicio, hacemos uso de la ecuación (4), en la que podemos sustituir directamente cada uno de los valores:

$$F = \frac{m}{t} = \frac{10\,\mathrm{kg}}{25\,\mathrm{s}} = 0.40\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}}$$

- **De modo que el flujo que se encuentra para este caso es de $0.40\ \mathrm{kg/s}$.**

Figura 7. Suministro de agua en jardín



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Suministro de agua en jardín]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Ejemplo 6

En una presa, el caudal de agua que fluye a través de una de sus compuertas es de 50 kg/s. Si este flujo se mantiene constante durante 10 minutos, ¿cuál será la masa total de agua que ha pasado a través de la compuerta en ese tiempo?

Solución:

- Podemos determinar la cantidad de masa que fluye a través del río durante cinco minutos a través de la ecuación (4) al despejarla el término de la masa:

$$F = \frac{m}{t} \longrightarrow m = F \cdot t$$

- Al sustituir los valores correspondientes en la expresión pasada, tenemos:

$$m = \left(50.0\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}}\right)(10\,\mathrm{min})\left(\frac{60\,\mathrm{s}}{1\,\mathrm{min}}\right) = 3.0 \times 10^4\,\mathrm{kg}$$

- La cantidad de masa que fluye en el río durante diez minutos es de $3.0 \times 10^4\ \mathrm{kg}$.

Figura 8. Caudal en una presa.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Caudal en una presa]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

4.1.3 Gasto

El gasto es un concepto fundamental en la hidrodinámica, describe la cantidad de volumen de un líquido que fluye a través de un conducto o tubería en un intervalo de tiempo determinado. Es medida clave para evaluar el flujo volumétrico de líquidos en diversos sistemas de transporte, como redes de distribución de agua potable, canales de riego, o sistemas industriales de transferencia de fluidos.

El gasto, también conocido como gasto volumétrico, se puede expresar matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$G = \frac{V}{t} \tag{5}$$

En donde:

- G = gasto en $\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}$
- V = volumen del líquido que fluye en m^3
- t = tiempo que tarda en fluir el líquido en "s"

Gasto en función del área y la velocidad

Además, el gasto volumétrico también puede calcularse si se conoce la velocidad del líquido (v) y el área de la sección transversal de la tubería (A). En este caso, la relación se define como:

$$G = A \cdot v \tag{6}$$

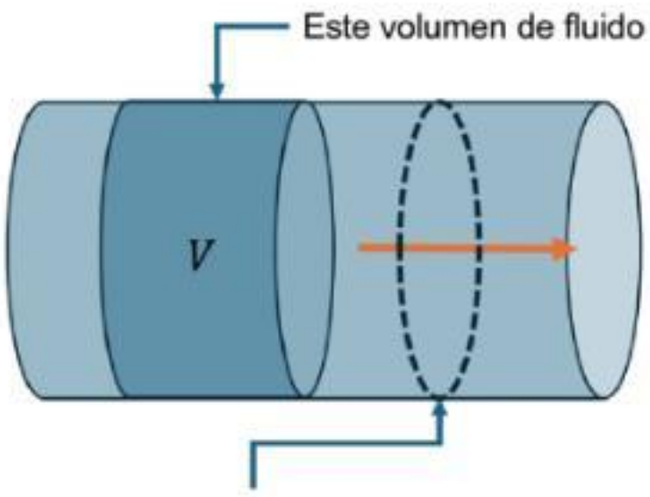
En donde:

- G = gasto en $\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}$
- A = área de la sección transversal del tubo en m^2
- v = magnitud de la velocidad del líquido en $\mathrm{m/s}$

Esta expresión es útil en aplicaciones prácticas, ya que permite calcular el gasto a partir de las dimensiones geométricas del conducto y la velocidad del líquido, variables fácilmente medibles en muchos sistemas.

Resolvamos algunos ejercicios con el uso de las ecuaciones (5) y (6):

Figura 9. Gasto de un fluido



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Elaboración propia. [Gasto de un fluido].

Figura 10. Vaciado de un tanque de agua.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Vaciado de un tanque de agua]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Ejemplo 7

Un tanque de agua se vacía completamente a través de una válvula en 4.00 minutos, liberando un volumen total de 180 litros de agua. Calcula el gasto (G) en . $\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{s}}$

Solución:

- Primero podemos realizar la conversión de los 2.00 minutos a segundos a través de la siguiente operación:

$$4.00\,\text{min}\left(\frac{60\,\text{s}}{1\,\text{min}}\right)=120\,\text{s}$$

- Al sustituir los valores en la ecuación (6), se obtiene:

$$G=\frac{180\,\text{L}}{240\,\text{s}}=0.75\frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- El gasto corresponde a $0.75\ \text{L/s}$, de modo que cada segundo que pasa se pierde un tres cuartos de litro del interior del tanque.

Ejemplo 8

Eres parte de un equipo de ingenieros hidráulicos que necesita diseñar una tubería. La clave radica en calcular correctamente el área de la sección transversal de una tubería por la que fluirá el agua.

Sabemos que:

- **La velocidad del agua en la tubería (v) es de $4.5\ \text{m/s}$**
- **Con un** gasto **(G) del agua de 0.08 m^3/s**

Solución:

- Para determinar el área del ducto a través del cual viaja el fluido podemos hacer uso de la ecuación (7), de la que despejamos el término correspondiente al área, A:

$$G=Av\longrightarrow A=\frac{G}{v}$$

- Ahora procedemos a sustituir los valores correspondientes:

$$A=\frac{0.08\frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{4.5\frac{\text{m}}{\text{s}}}=0.017\,\text{m}^2$$

- El área de la sección transversal del ducto corresponde a $0.017\,\text{m}^2$

Figura 11. Flujo de agua a través de una tubería.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Vaciado de un tanque de agua]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Ejemplo 9

En una granja, los vegetales son cultivados en un sistema ultramoderno de riego automático. Este sistema tiene un ducto cilíndrico que transporta un flujo constante de agua a una velocidad de 12 pies por segundo (ft /s).

El equipo de ingenieros ha calculado que para mantener el cultivo con la cantidad optima de riego, el sistema debe suministrar un caudal de 1,500 galones por minuto (gpm).

Ahora, tú eres el ingeniero jefe y necesitas determinar el diámetro en centímetros de la tubería para garantizar que el agua llegue en el caudal necesario. ¡Es una misión crítica para los vegetales!

Figura 12. Sistema de riego de cultivos.



Nota. Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Bing Image Creator. [Sistema de riego de cultivos]. https://www.bing.com/images/create/sistema-de-irrigacic3b3n-para-abastecer-con-agua-a-lo/1-6753dd3f084342de9178815c9068d91c?FORM=GUH2CR

Solución:

- Para realizar el cálculo del diámetro del ducto que conduce el agua en este sistema de irrigación, primero debemos realizar el cálculo del área del tubo a través de la ecuación (6):

$$G = Av \longrightarrow A = \frac{G}{v}$$

- También es importante notar que en este ejemplo, debemos realizar conversión entre unidades con la finalidad de reportar el resultado solicitado en centímetros, de modo que al realizar la sustitución de las cantidades respectivas se tiene:

$$Gasto = 1500 \frac{\cancel{gal}}{\cancel{min}} \left(\frac{3.875 \cancel{L}}{1 \cancel{gal}} \right) \left(\frac{1\,m^3}{1000 \cancel{L}} \right) \left(\frac{1 \cancel{min}}{60\,s} \right) = 0.0968 \frac{m^3}{s}$$

$$v = 12 \frac{\cancel{ft}}{s} \left(\frac{0.3048\,m}{1 \cancel{ft}} \right) = 3.65 \frac{m}{s}$$

$$A = \frac{G}{v} = \frac{0.0968\,m^3/s}{3.65\,m/s} = 0.026\,m^2$$

- A partir de este dato, y considerando la fórmula para la determinación del área de una sección transversal circular, podemos saber el radio del tubo:

$$A = \pi \cdot r^2 \longrightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0.026\,m^2}{\pi}} = 0.091\,m$$

- El radio que se obtiene corresponde a 0.091 "m" que cuando se convierte a centímetros resulta en:

$$0.091\,cm \left(\frac{100\,cm}{1\,m} \right) = 9.1\,cm$$

- En el problema nos solicitan el diámetro de la tubería que equivale a dos veces el valor del radio, de tal manera que es $2(9.1\,cm) = 18.2\,cm$.

4.1.4 Principio de continuidad

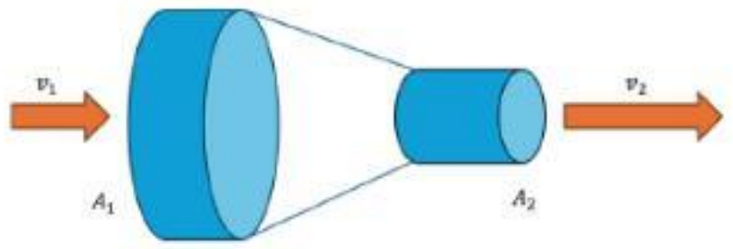
El principio de continuidad establece que, para un fluido incompresible que fluye dentro de un conducto cerrado, la cantidad de fluido que entra es igual a la que sale, siempre que no haya acumulación ni pérdida en el sistema. Este principio garantiza la conservación de la masa del fluido en movimiento y se expresa matemáticamente como:

$$G_1 = G_2 \qquad (8)$$

donde G es el gasto o caudal volumétrico, que representa el volumen de fluido que pasa por una sección transversal del conducto en un intervalo de tiempo. En términos de área (A) y velocidad (v), el gasto se define como:

$$G_1 = A \cdot v \qquad (9)$$

Figura 13. Principio de continuidad.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Elaboración propia. [Principio de continuidad].

Por lo tanto, para cualquier punto del conducto:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \tag{10}$$

Esta relación se conoce como la ecuación de continuidad. De este principio se deduce que el producto del área transversal de un tubo y la velocidad del fluido en esa sección permanece constante. En consecuencia, la velocidad del fluido aumenta en las secciones más estrechas del tubo y disminuye en las más anchas. Este producto, Av, con dimensiones de volumen por unidad de tiempo, se denomina gasto o caudal. La constancia de Av refleja que el volumen de fluido que ingresa en un extremo del tubo durante un intervalo de tiempo es igual al volumen que sale por el otro extremo en el mismo lapso, siempre que el fluido sea incompresible y no haya pérdidas.

Existen múltiples ejemplos cotidianos que ilustran la aplicación de la ecuación de continuidad. Por ejemplo, al reducir el área de salida de una manguera de jardín colocando un dedo sobre ella, el agua fluye con mayor velocidad, permitiendo que el chorro alcance mayores distancias. Un razonamiento similar explica el comportamiento del humo generado por un leño que arde lentamente: inicialmente, el humo asciende en un flujo laminar que disminuye en área con la altura, para luego dispersarse en un patrón turbulento. Esto sucede porque tiene menor densidad que el aire, y la fuerza de flotación lo impulsa hacia arriba. A medida que la velocidad del flujo aumenta, el área transversal disminuye, según la ecuación de continuidad. Finalmente, la velocidad del flujo alcanza un punto en el que el comportamiento laminar ya no es sostenible.

Figura 14. Ejemplo de principio de continuidad.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Sistema de suministro de agua]

Ejemplo 10

Un sistema de suministro de agua en una comunidad utiliza una tubería de entrada con un diámetro de 0.60 m que se conecta a un conducto más pequeño con un diámetro de 0.35 m. La velocidad del agua en la tubería de entrada es de 3.0 m/s.

- **¿Cuál es la velocidad del agua en la sección más estrecha de la tubería?**
- **Si el flujo de agua debe llenar un depósito 15000 L , ¿cuánto tiempo tardará el agua en llenar al depósito?**

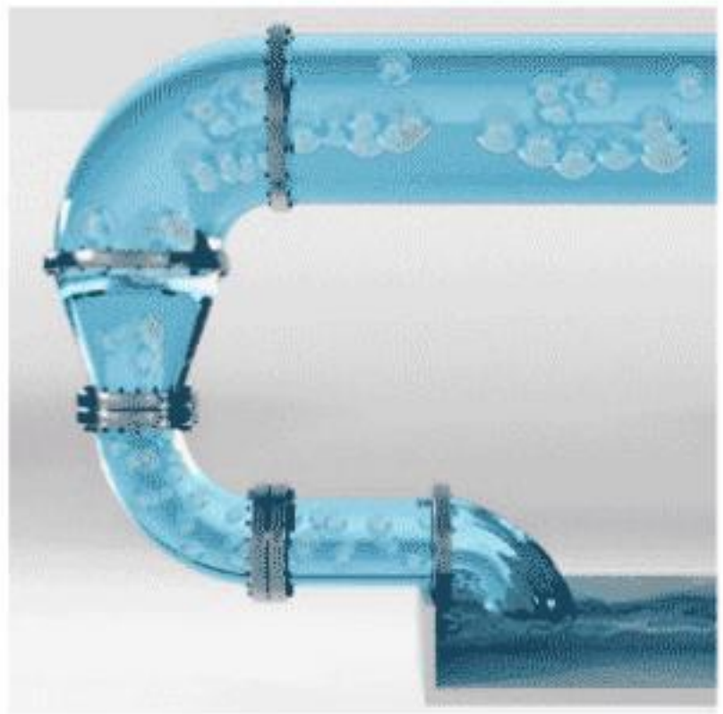
Solución:

a. Para determinar la velocidad a la que viaja el fluido en la sección más estrecha de la tubería, debemos usar la ecuación (10) despejada para el término v_2:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \longrightarrow v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$$

- Para poder llevar a cabo la determinación del área en cada una de las zonas usamos la expresión para determinar el área de una sección circular, $A = \pi \cdot r^2$, sabiendo que en la zona de entrada el radio es de $r_1 = 0.30\ \mathrm{m}$ y en la zona más estrecha, el radio es $r_2 = 0.175\ \mathrm{m}$, de modo que al sustituir los valores en la expresión correspondiente:

Figura 15. Sistema de suministro de agua.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Sistema de suministro de agua].

$$v_2 = \frac{\pi \cdot r_1^2 \cdot v_1}{\pi \cdot r_2^2} = \frac{(0.30\,\mathrm{m})^2\left(3.0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)}{(0.175\,\mathrm{m})^2} = 8.8\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

- De modo que la velocidad en la zona más estrecha corresponde a $8.8\,\mathrm{m/s}$.

b. Para determinar el tiempo en que tarda en llenarse el depósito de 15000 L, hacemos uso de las expresiones (5) y (6), primero determinamos el gasto (G), en cualquiera de las dos zonas de la tubería, por ejemplo, en la zona (1):

$$G = A_1 \cdot v_1 = \pi \cdot \mathrm{r}_1^2 \cdot v_1 = \pi(0.30\,\mathrm{m})^2(3.0\mathrm{m/s}) = 0.848\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$$

- Una vez que se sabe el gasto, podemos despejar de la ecuación (6) al término t, sabiendo que el volumen que se tiene que drenar es de $15{,}000\,\mathrm{L}$:

$$G = \frac{V}{t} \longrightarrow t = \frac{V}{G}$$

- De modo que, al sustituir los valores en esta expresión despejada, se obtiene:

$$t = \frac{V}{G} = \frac{15000\,\mathrm{L}\left(\frac{1\mathrm{m}^3}{1000\,\cancel{\mathrm{L}}}\right)}{0.392\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}} = 38.3\,\mathrm{s}$$



Actividad 1.

Hidrodinámica
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Da clic aquí y accederás a un breve cuestionario, ten cerca tu calculadora.

$$\text{número} \times 10^{\text{potencia}}$$

Por ejemplo, en lugar de escribir un número como 1,000,000 lo podemos expresar como 1×10^{6}. El número 6 indica cuántos ceros hay después del 1. De la misma manera, si queremos expresar un número muy pequeño como 0.000001, podemos escribirlo como 1×10^{-6}, en que el signo negativo en el exponente nos indica cuántos lugares debemos mover el punto decimal hacia la izquierda.

Gracias a la **notación científica,** trabajar con números muy grandes o muy pequeños se vuelve mucho más sencillo, y podemos concentrarnos en atender mejor los conceptos en lugar de preocuparnos por contar ceros.

En la tabla 1 se muestran representaciones habituales para cantidades grandes y pequeñas, revísala con atención para que encuentres la forma lógica en la cual podrías recordar el correcto uso de la notación científica.

Tabla 1. Notación científica al expresar cantidades grandes o pequeña

Números pequeños		Números grandes	
Sin notación científica	**Con notación científica**	**Sin notación científica**	**Con notación científica**
0.1	1×10^{-1}	10	1×10^{1}
0.01	1×10^{-2}	100	1×10^{2}
0.001	1×10^{-3}	1000	1×10^{3}
0.0001	1×10^{-4}	10000	1×10^{4}
0.00001	1×10^{-5}	100000	1×10^{5}
0.000001	1×10^{-6}	1000000	1×10^{6}
0.0000001	1×10^{-7}	10000000	1×10^{7}
0.00000001	1×10^{-8}	100000000	1×10^{8}
0.000000001	1×10^{-9}	1000000000	1×10^{9}
0.0000000001	1×10^{-10}	10000000000	1×10^{10}

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia .[Notación científica al expresar cantidades grandes o pequeñas].

A continuación, practicaremos la notación científica con algunas cantidades en diferentes ejemplos:

Ejemplo 1.

La rapidez con la que viaja la luz en el vacío se ha estimado de forma muy precisa. Su valor exacto es 299,792,458 m/s. Esta velocidad es una constante universal y juega un papel crucial en muchas áreas de la física moderna. ¿Cómo podemos expresar este valor con notación científica?

Solución:

• **Identificamos el valor:** lo primero que debemos observar es que esta cantidad tiene nueve cifras y que además es una cantidad muy grande, y como toda cantidad de rapidez tiene unidades de m/s.

299,792,458 m/s

Figura 2. La luz viaja en el vacío



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

4.2 Principio de Bernoulli

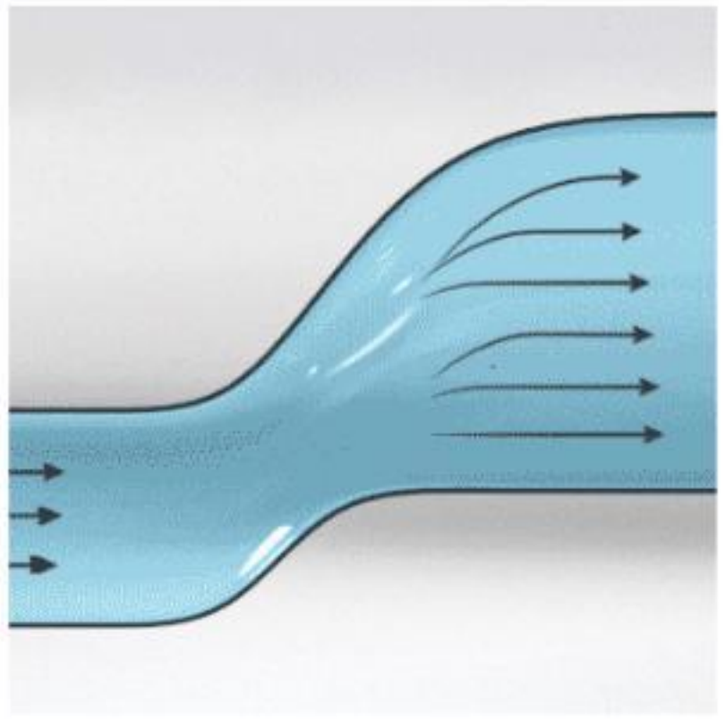
Cuando un fluido se desplaza a través de un tubo con secciones transversales y elevaciones variables, la presión varía a lo largo de su recorrido. Este fenómeno fue estudiado en 1738 por el físico y matemático suizo Daniel Bernoulli (1700-1782), quien desarrolló una expresión que relaciona la presión de un fluido con su velocidad y su altura. Esta relación, conocida como la ecuación de Bernoulli, no es una ley física independiente, es una aplicación del principio de conservación de la energía en fluidos ideales.

Para deducir la ecuación de Bernoulli, se asume que el fluido es incompresible, no viscoso y fluye de manera uniforme; es decir, sin turbulencia, en un régimen estacionario. En su análisis, Bernoulli destacó cuatro parámetros fundamentales para describir el comportamiento de los fluidos en movimiento: la presión (P), la densidad (ρ), la velocidad (v) y la altura (h) respecto a un nivel de referencia.

Para entenderlo, imaginemos un fluido que fluye por un tubo. Según la ecuación de continuidad, cuando el tubo se estrecha, el fluido debe moverse más rápido para mantener la misma cantidad de flujo. Sin embargo, esta aceleración no ocurre mágicamente, necesita una fuerza que la provoque. Aquí es donde entra la presión. En las zonas del tubo donde el fluido fluye más rápido, la presión es menor. Este balance asegura que el fluido acelere hacia adelante en el tubo.

Si añadimos altura al análisis, el cuadro se vuelve aún más interesante. Cuando el fluido se mueve hacia una región más alta, parte de la presión también se utiliza para vencer la gravedad, lo que genera otra variación de presión. Esto se combina con las diferencias de velocidad para producir lo que se conoce como la ecuación de Bernoulli, básicamente un balance de energía. La ecuación nos dice que la suma de tres términos —la presión, la energía cinética (asociada a la velocidad del fluido) y la energía potencial gravitacional (debido a la altura)— se mantiene constante a lo largo de un flujo estable y sin fricción.

Figura 16. Deducción de la ecuación de Bernoulli



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Deducción de la ecuación de Bernoulli].

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \qquad (11)$$

Para las dos zonas mostradas en la **Figura 15** cada uno de los términos incluidos en la ecuación anterior simboliza lo siguiente:

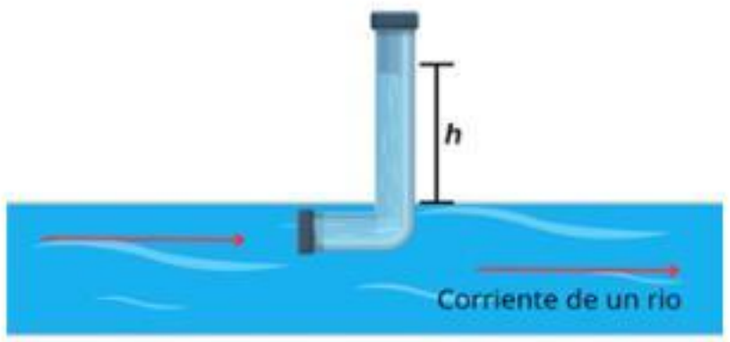
- P = es la presión en $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}$
- v = magnitud de la velocidad del líquido en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- ρ = densidad de la sustancia en $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$
- g = el valor de la aceleración de la gravedad en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$
- h = altura o profundidad en m

4.2.1 Tubo de Pitot

El tubo de Pitot es un dispositivo fascinante que se utiliza para medir la velocidad de un fluido, ya sea un líquido o un gas. Este instrumento fue inventado en 1732 por Henri Pitot, ingeniero francés, y desde entonces ha tenido aplicaciones en áreas tan diversas como la aeronáutica, la meteorología y la ingeniería civil.

Imagina que estás en una aventura científica junto a tus compañeros a la orilla de un río. Tu misión: medir qué tan rápido fluye la corriente. ¡Pero no tienes un radar! En cambio, tienes un tubo sencillo, en forma de L, llamado tubo de Pitot (observa la figura 17). Es como un espía en el agua. Lo colocas en la corriente, y algo mágico sucede: el agua entra por un extremo del tubo y sube dentro de él. ¿Hasta dónde? Dependerá de qué tan veloz es la corriente. Cuanto más rápido vaya el agua, ¡más alto sube en el tubo! ¿Por qué ocurre esto? El tubo de Pitot mide la diferencia entre dos presiones: la presión estática (presión normal del agua sin moverse) y la presión dinámica (causada por la velocidad del agua). Al dirigir uno de los extremos del tubo directamente contra la corriente, se captura esta presión combinada, llamada presión total. En el tubo, esta presión total empuja al agua hacia arriba hasta equilibrarse con el peso del agua en el tubo. De esta manera, la altura del agua se convierte en un indicador de la velocidad de la corriente.

Figura 17. Tubo de Pitot



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Tubo de Pitot].

Ahora, "la pregunta del millón": ¿cómo se relaciona esa altura con la velocidad del agua? Aquí entra en acción Torricelli y su famosa fórmula, una simplificación de la ecuación del principio de Bernoulli:

$$v = \sqrt{2gh} \tag{12}$$

En donde:

- v = es la velocidad del agua en la corriente en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- g = el valor de la aceleración de la gravedad en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$
- h = es la altura a la que subió el agua dentro del tubo en m

El tubo de Pitot tiene numerosas aplicaciones que resultan muy útiles en nuestra vida diaria y en tecnologías avanzadas:

- **Aeronáutica:** Los aviones utilizan tubos de Pitot para medir su velocidad relativa al aire. Estos dispositivos son esenciales para el correcto funcionamiento de los sistemas de navegación y seguridad.
- **Hidrología:** Se emplea para medir la velocidad de ríos o corrientes de agua en proyectos de gestión de recursos hídricos.
- **Automovilismo:** En pruebas aerodinámicas, se usan tubos de Pitot para analizar el flujo de aire alrededor de un vehículo y mejorar su diseño.

4.2.2 Teorema de Torricelli

En muchas situaciones físicas, las propiedades de un fluido, como su velocidad, altura o presión, permanecen constantes. En estos casos, la ecuación de Bernoulli puede simplificarse. Por ejemplo, si un líquido está en reposo, las velocidades v_1 y v_2 son iguales a cero. Esto permite que la ecuación de Bernoulli se reduzca a:

$$P_2 - P_1 = \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_2) \tag{13}$$

Esta expresión es idéntica a la ecuación que describe los fluidos en equilibrio estático.

Figura 18. Teorema de Torricelli.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Teorema de Torricelli].

Otro caso interesante ocurre cuando no hay variación en la presión $P_1 = P_2$. Por ejemplo, en la figura 18, un líquido fluye a través de un orificio cercano al fondo de un tanque abierto. Su velocidad de salida puede determinarse con la ecuación de Bernoulli. Para ello, asumimos que el nivel del líquido en el tanque desciende de manera tan lenta que la velocidad v_1 en la superficie es despreciable $v_1 = 0$. También consideramos que la presión en la parte superior del líquido y en el orificio es igual a la presión atmosférica $P_1 = P_2$ y $v_2 = 0$.

Con estas condiciones, la ecuación de Bernoulli se simplifica aún más, dando lugar a:

$$v_1^2 = 2g(h_2 - h_1) = 2gh \tag{14}$$

Esta relación, conocida como el teorema de Torricelli, se expresa como:

$$v = \sqrt{2gh} \tag{15}$$

Esto significa que la velocidad con la que un líquido sale de un orificio a una profundidad (h) es equivalente a la velocidad que alcanzaría un objeto al caer desde una altura (h) en ausencia de fricción.

¿Qué nos dice el teorema de Torricelli?

Este teorema se basa en una idea simple pero poderosa: la velocidad con la que un líquido sale por un agujero en un recipiente es la misma que tendría un objeto si lo dejamos caer desde la superficie del líquido hasta el nivel del agujero.

¿Por qué importa la profundidad?

Cuanto mayor es la profundidad, mayor es la energía potencial transformada en energía cinética. ¡Por eso el agua sale más rápido!

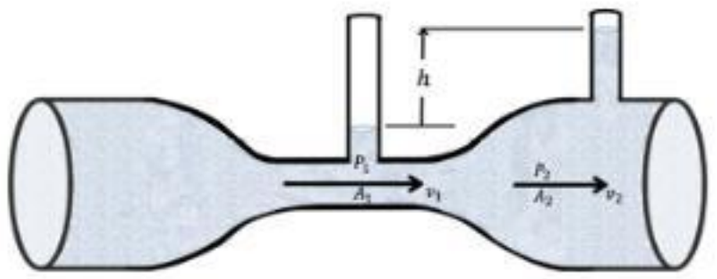
Este comportamiento del líquido se explica usando el teorema de Bernoulli, que describe cómo cambia la energía de un fluido en movimiento. En este caso:

- La energía potencial gravitacional (por estar más alto) se transforma en energía cinética al salir del agujero.
- Por eso, a mayor profundidad (h), mayor será la velocidad del agua.

4.2.3 Tubo de Venturi

Como una aplicación final del principio de Bernoulli, consideremos el efecto Venturi, que describe el comportamiento de un fluido al pasar por un estrechamiento en su trayectoria. Supongamos que la tubería ilustrada en la figura 19 es horizontal. En este caso, podemos asumir que las alturas en ambos puntos $(h_1$ y $h_2)$ son iguales, lo que simplifica la ecuación de Bernoulli a la siguiente forma:

Figura 19. Teorema de Venturi



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Tubo de Venturi].

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \tag{16}$$

Dado que la velocidad del fluido v_1 en el angostamiento es mayor que v_2, se deduce que la presión P_1 en esa región debe ser menor que la presión P_2 en la zona más ancha de la tubería para satisfacer la ecuación. Este comportamiento, que relaciona la velocidad y la presión del fluido, es un concepto fundamental que ya se ha estudiado previamente y tiene aplicaciones prácticas en dispositivos como los tubos Venturi, carburadores y medidores de flujo.

Además, el efecto Venturi ilustra de qué forma los fluidos pueden generar diferencias de presión al cambiar su velocidad, lo que resulta esencial en la ingeniería y en sistemas de transporte de fluidos.

¿Qué es el tubo de Venturi?

Es una herramienta que utiliza un diseño inteligente (una parte ancha, seguida de un estrechamiento, y luego otra parte ancha) para medir la velocidad de un líquido que fluye dentro de una tubería.

¿Cómo funciona?

1. Cuando el líquido pasa por la parte más estrecha, aumenta su velocidad para mantener el flujo constante.
2. Al mismo tiempo, su presión disminuye.
3. Midiendo la presión en las secciones ancha y estrecha con manómetros, ¡podemos calcular la velocidad del líquido usando el teorema de Bernoulli.

Ejemplo 11

Un vaquero miope dispara a un ladrón con su pistola de tiros. Por fortuna para el ladrón, la bala no lo toca, pero se desvía y perfora el tanque de agua, ocasionando una fuga. Determina la rapidez con la cual el agua sale por el agujero cuando el nivel de agua está a 0.800 m por encima del agujero.

Solución:

- Como el tanque está abierto a la atmósfera y además, como se indica en el problema, en la parte superior del tanque la velocidad del fluido es cero, entonces podemos usar la ecuación (14) para determinar la velocidad con que el agua sale del orificio en la parte inferior del tanque, de modo que al sustituir los valores correspondientes:

$$v = \sqrt{2g \cdot h} = \sqrt{2\left(9.81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(0.800\,\mathrm{m})} = 3.961 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

- La rapidez con la que el agua sale por el agujero es aproximadamente $3.961\ \mathrm{m/s}$

Figura 20. Tanque de agua perforado



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Tanque de agua perforado].

Ejemplo 12

En una pista acuática para carreras de lanchas, hay un sistema de tuberías que llena los canales. En un tramo de 10.0 cm de diámetro, el agua fluye a una velocidad de 3.6 . Más adelante, la tubería se estrecha a un diámetro de 5.0 cm para dar un "turbo boost" al flujo. ¿Qué velocidad lleva el agua en el punto del estrechamiento?

Solución:

- Para resolver este ejercicio, primero cambiamos las unidades de los radios de las dos secciones:

$$r_1 = 5.0\,\text{cm}\left(\frac{1\,\text{m}}{100\,\text{cm}}\right) = 0.05\,\text{m}$$

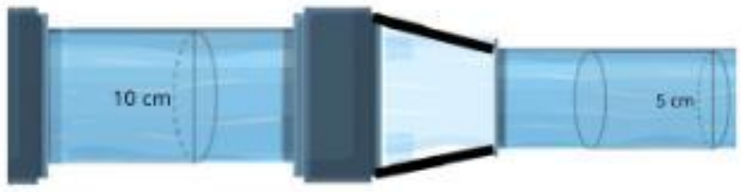
$$r_2 = 2.5\,\text{cm}\left(\frac{1\,\text{m}}{100\,\text{cm}}\right) = 0.025\,\text{m}$$

- Posteriormente usamos la ecuación del principio de continuidad considerando que el área para cada sección está dada por $A=\pi \cdot r^2$, de modo que al realizar las sustituciones correspondientes, se tiene:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \longrightarrow v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2} = \frac{\pi \cdot r_1^2 \cdot v_1}{\pi \cdot r_2^2}$$

$$v2 = \frac{\pi(0.05\text{m})2\left(3.6\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\pi(0.025\,\text{m})^2} = 14.4\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Figura 21. Estrechamiento en tuberías



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Estrechamiento en tuberías].

Ejemplo 13

Para el diseño de un tobogán acuático en un parque de diversiones se necesita medir la velocidad del agua que impulsa a los usuarios, para ello se instala un tubo de Pitot en el canal de agua del tobogán. El agua sube a una altura de 0.32 m en el tubo. ¿Cuál es la velocidad del flujo del agua en el canal?

Solución:

- Para resolver este problema hacemos uso nuevamente de la ecuación (11), de modo que al sustituir los valores correspondientes:

$$v = \sqrt{2g \cdot h}$$

$$v = \sqrt{2\left(9.81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(0.32\,\text{m})} = 2.50\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad en el canal es de aproximadamente $2.50\ \text{m/s}$.

Figura 22. Estrechamiento en tuberías



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Tobogán en parque acuático].



Actividad 2.

Principio de Bernoulli
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Da clic aquí y accederás a un breve cuestionario, ten cerca tu calculadora.

4.3 Generación de energía sustentable

Imagina un mundo donde los superhéroes no usan capas, sino turbinas eólicas, paneles solares y volcanes activos como fuentes de energía. Este universo simbólico refleja el papel crucial de la energía sustentable en nuestra vida cotidiana y en el cuidado del medio ambiente. A través de fuentes renovables y limpias, no solo satisfacemos nuestras necesidades energéticas, también respetamos el principio de conservación de la energía y su constante interacción con la materia en el entorno.

Figura 23. Los héroes sustentables.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Los héroes sustentables]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

La conservación de la energía, uno de los pilares fundamentales de la física, como ya lo hemos mencionado antes, establece que la energía no se crea ni se destruye, se transforma de una forma a otra. En el contexto de la generación de energía sustentable, este principio guía el aprovechamiento eficiente de recursos como el sol, el viento, el agua y el calor geotérmico. Estas transformaciones permiten minimizar las pérdidas, optimizar el uso de materiales y reducir el impacto ambiental, al mismo tiempo que satisfacen la creciente demanda energética global.

Además, el estudio de las interacciones entre la energía y la materia desempeña un papel vital en la innovación de tecnologías limpias. Por ejemplo, el diseño de paneles solares de alta eficiencia o turbinas eólicas más resistentes depende de comprender cómo la materia responde y almacena energía bajo diferentes condiciones. Este enfoque científico asegura que las soluciones sostenibles sean cada vez más efectivas y accesibles.

A lo largo de este análisis, exploraremos cómo los principios de conservación de la energía y su interacción con la materia fundamentan el desarrollo de tecnologías energéticas sostenibles y contribuyen a construir un modelo más equilibrado y respetuoso con el medio ambiente.

Además, las fuentes de energía se dividen principalmente en dos categorías: no renovables y renovables, cada una con características particulares que determinan su impacto ambiental y sostenibilidad.

Las fuentes de energía no renovables presentan importantes desventajas. Su explotación y uso generan altos niveles de contaminación debido a la emisión de gases de efecto invernadero y la producción de residuos. Además, son recursos limitados, conocidos como fuentes agotables, ya que sus reservas se reducen progresivamente con el consumo. Entre estas fuentes se encuentran combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo, el gas natural, y la energía nuclear. Aunque esta última puede ser eficiente en algunos contextos, plantea desafíos significativos tanto ambientales como económicos.

Las fuentes de energía renovables destacan por su impacto ambiental mínimo. Su explotación no genera residuos significativos ni emisiones contaminantes, y su carácter inagotable asegura que se renuevan constantemente en la naturaleza. Estas fuentes suelen ser recursos locales, lo que no solo disminuye la dependencia de fuentes externas, también promueve un desarrollo energético más autónomo y sostenible. Entre las energías renovables principales se encuentran la hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa, geotérmica y aquellas obtenidas del movimiento de olas, mareas y corrientes marinas.

Este enfoque dual resalta la importancia de las energías renovables en la transición hacia modelos energéticos más sostenibles y responsables. Al reducir la dependencia de fuentes agotables y minimizar el impacto ambiental, se posicionan como un pilar esencial en la lucha contra el cambio climático y en la construcción de un futuro energético más equilibrado.

Adentrémonos en cada una de las energías renovables.

Figura 24. Los héroes sustentables.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Bing Image Creator. [Energía sustentable impulsada por IA]. https://image.shutterstock.com/image-vector/aidriven-energy-renewable-solutions-clean-600nw-2528678383.jpg?app=peacock

4.3.1 Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es una fuente limpia, renovable y eficiente de generación de electricidad que aprovecha el movimiento del agua en ríos y embalses. Su funcionamiento se basa en transformar la energía potencial del agua almacenada en un embalse en energía cinética cuando esta fluye hacia las turbinas. Posteriormente, la energía cinética se convierte en energía mecánica al hacer girar las turbinas, y finalmente, esta se transforma en energía eléctrica mediante generadores. Este proceso ejemplifica la Ley de la Conservación de la Energía.

Aunque en cada etapa del proceso se producen pequeñas pérdidas de energía, como calor o fricción, la cantidad total de energía se conserva, asegurando su aprovechamiento eficiente.

Figura 25. Planta hidroeléctrica



Una central hidroeléctrica consta de tres componentes principales. La obra civil incluye las presas y embalses que permiten canalizar el agua y generar el salto necesario para el flujo hacia las turbinas. El equipo hidromecánico, que incluye las turbinas, transforma la energía del agua en energía mecánica (Figura 25). Por último, el equipo eléctrico convierte esta energía mecánica en electricidad lista para el consumo. En el caso de las centrales hidráulicas de bombeo, se utilizan dos embalses a diferentes alturas, lo que permite almacenar energía durante las horas de baja demanda bombeando agua hacia el embalse superior, para luego liberarla en momentos de mayor necesidad.

La energía hidroeléctrica tiene múltiples bondades que la posicionan como una alternativa ideal para satisfacer las crecientes demandas de electricidad de manera sostenible. Es una fuente renovable, ya que utiliza el ciclo natural del agua, garantizando su disponibilidad constante. Además, su impacto ambiental es reducido, ya que no emite gases contaminantes ni requiere combustibles fósiles para su operación. En términos de eficiencia, las centrales hidroeléctricas convierten un mayor porcentaje de energía en electricidad que otras fuentes renovables como la solar o la eólica. Su capacidad de almacenamiento permite garantizar un suministro estable, especialmente durante los picos de demanda, y su infraestructura, con mantenimiento adecuado, puede operar por décadas.

Otra ventaja significativa es su versatilidad. Las hidroeléctricas son ideales para comunidades rurales y aisladas mediante micro o mini instalaciones, llevando electricidad a lugares donde las redes tradicionales no llegan. Asimismo, ofrecen beneficios adicionales, como el suministro de agua para riego, consumo humano y actividades recreativas.

Sin embargo, la energía hidroeléctrica también enfrenta desafíos. La construcción de embalses puede requerir la inundación de grandes áreas, afectando ecosistemas y desplazando comunidades. Además, el uso del agua para generación de energía puede entrar en conflicto con otras necesidades, como la agricultura o el consumo humano. También es susceptible a variaciones climáticas, lo que puede reducir su capacidad de generación en periodos de sequía. Finalmente, aunque los costos operativos son bajos, una vez en funcionamiento, las inversiones iniciales en infraestructura son significativas.

4.3.2 Energía eólica

La energía eólica es una fuente renovable que aprovecha la energía cinética del viento para generar electricidad de manera limpia y sostenible. Su funcionamiento se basa en principios físicos simples, pero efectivos. Los aerogeneradores, máquinas diseñadas para este propósito, convierten el movimiento del viento en electricidad a través de un proceso que inicia con las palas del aerogenerador. Estas son movidas por el viento, generando un movimiento rotativo en el rotor al que están conectadas (Figura 26) . Este movimiento se transfiere mediante un eje al generador, que utiliza el principio de inducción electromagnética para transformar la energía mecánica en electricidad. Finalmente, la electricidad producida pasa por un transformador que ajusta su voltaje para ser distribuida eficientemente a través de las líneas eléctricas.

Figura 26. Sección transversal de un aerogenerador.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Shutterstock. [Sección transversal de un aerogenerador].
https://image.shutterstock.com/image-illustration/cross-section-large-commercial-wind-600nw-2003243210.jpg?app=peacock

El proceso está directamente relacionado con la Ley de la Conservación de la Energía, pues la energía cinética del viento se convierte sucesivamente en energía mecánica y después en energía eléctrica, manteniéndose la cantidad total de energía, aunque con pérdidas inevitables en forma de calor o resistencia aerodinámica.

La energía eólica ofrece numerosas ventajas. Es una fuente renovable inagotable, ya que el viento se regenera constantemente debido a fenómenos atmosféricos naturales. Su uso no genera gases de efecto invernadero ni residuos tóxicos, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático. Además, su versatilidad permite su implementación en diversas escalas: desde grandes parques eólicos capaces de abastecer a regiones enteras, hasta pequeñas turbinas para uso doméstico. Su instalación tiene un impacto mínimo en el uso del suelo, permitiendo que el terreno circundante se destine a actividades productivas como la agricultura o la ganadería.

Entre sus beneficios económicos destacan los bajos costos operativos y de mantenimiento una vez en funcionamiento, así como su capacidad para fomentar la independencia energética al reducir la necesidad de importar combustibles fósiles. Su instalación, relativamente rápida en comparación con otras infraestructuras energéticas, facilita su uso en proyectos con plazos ajustados.

La adaptabilidad de la energía eólica la hace ideal para diversas comunidades y entornos. Es especialmente efectiva en regiones con vientos constantes y fuertes, como áreas costeras, montañosas o planicies abiertas. En zonas rurales y aisladas, donde las redes eléctricas principales no llegan, sistemas híbridos que combinan energía eólica con otras fuentes renovables pueden satisfacer necesidades energéticas locales. En regiones agrícolas, puede complementar actividades agropecuarias mediante sistemas de riego o bombas de agua, sin interferir con el uso del suelo. Asimismo, en islas y comunidades costeras, la energía eólica ofrece una solución confiable para suplir necesidades energéticas locales.

En el contexto de proyectos de electrificación rural, particularmente en países en desarrollo, la energía eólica se posiciona como una herramienta clave para mejorar la calidad de vida, reducir desigualdades energéticas y fomentar el desarrollo sostenible en comunidades marginadas. Su implementación contribuye a un acceso más equitativo y respetuoso con el medio ambiente a fuentes de energía.

4.3.3 Energía solar

La energía solar es una fuente de energía renovable que aprovecha la radiación del sol para generar electricidad mediante la tecnología de paneles solares fotovoltaicos. Este proceso es posible gracias a las celdas fotovoltaicas, dispositivos fabricados principalmente con silicio, material semiconductor que, al recibir la luz solar, genera una corriente eléctrica mediante la liberación de electrones. Este fenómeno, conocido como efecto fotovoltaico, convierte la energía radiante del sol en energía eléctrica, cumpliendo con los principios de la Ley de la Conservación de la Energía.

El funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos comienza con la captura de radiación solar, que puede ser directa o difusa, permitiendo la generación de electricidad incluso en días nublados. La energía capturada se convierte en corriente continua (CC) en las celdas fotovoltaicas. Posteriormente, esta corriente puede almacenarse en baterías para su uso posterior o transformarse en corriente alterna (CA) mediante un inversor, haciéndola adecuada para la mayoría de los dispositivos eléctricos. Finalmente, la electricidad se distribuye y utiliza en actividades domésticas, comerciales o industriales (Figura 27)

Figura 27. Celdas solares para la generación de electricidad.



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Celdas solares para la generación de electricidad].

La energía solar tiene múltiples ventajas. Es limpia, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni residuos tóxicos, lo que contribuye significativamente a la mitigación del cambio climático. Además, es un recurso inagotable y ampliamente disponible, adaptable tanto a pequeñas instalaciones domésticas como a grandes plantas solares que pueden abastecer comunidades enteras. Su instalación no requiere infraestructuras complejas, esto permite su rápida implementación; su mantenimiento es mínimo, resultando en una inversión eficiente y económica a largo plazo.

Ejemplo 1.

• Movemos el punto decimal: en notación científica, debemos mover el punto decimal para que el número resultante esté entre 1 y 9. El número **299,792,458** tiene implícitamente el punto decimal al final:

$$299{,}792{,}458.0$$

• Aplicamos potencia de diez: para que el número quede entre 1 y 10, debemos mover el punto decimal 8 posiciones hacia la izquierda, es decir:

De **299,792,458.0** a **2.99792458**

• La notación científica tiene la forma:

$$\text{número} \times 10^{\text{potencia}}$$

• En este caso, el número es **2.99792458**, y lo multiplicamos por 10^8, ya que movimos el punto decimal 8 lugares a la izquierda.

• De modo que, en el resultado final el número **299,792,458** se expresa en notación científica como:

$$\mathbf{2.99792458 \times 10^8\ m/s}$$

Revisemos un ejemplo más, pero ahora con una cantidad física muy pequeña

Ejemplo 2.

El muón es una partícula muy pequeña que forma parte de lo que los científicos llaman el "modelo estándar" de la física. Este modelo es como un mapa de todas las partículas fundamentales que componen el universo. Es similar al electrón, ya que ambos pertenecen a una familia de partículas llamadas leptones, pero es mucho "más pesado", aproximadamente 200 veces más masivo que el electrón. La masa de un muón es:

$$\mathbf{0.000000000000000000000000001883531594 48\ kg}$$

Expresemos ahora esta cantidad en notación científica:

Solución:

• Identificamos el valor: El número que vamos a convertir es:

$$0.000000000000000000000000001883531594 48$$

• Movemos el punto decimal: Para convertir este número a notación científica, movemos el punto decimal a la derecha hasta que quede un número entre 1 y 10. En este caso, movemos el punto decimal 28 lugares hacia la derecha. Esto nos da el número:

$$1.88353159448$$

• Aplicamos la potencia de 10: Como movimos el punto decimal 28 lugares hacia la derecha, el exponente será −28 (negativo porque el número original es menor que 1).

• Resultado en notación científica: La masa del muón en notación científica es:

$$1.88353159448 \times 10^{-28}\ \text{kg}$$

La versatilidad de la energía solar la convierte en una solución viable para diferentes contextos. En zonas rurales y aisladas, donde las redes eléctricas no llegan, los sistemas solares permiten cubrir necesidades básicas como iluminación y refrigeración, mejorando significativamente la calidad de vida. En comunidades urbanas, los techos y espacios disponibles pueden utilizarse para instalar paneles solares, promoviendo un modelo de ciudad más sostenible al reducir los costos de electricidad. En regiones con alta irradiación solar, como zonas desérticas o tropicales, se puede maximizar el aprovechamiento de esta fuente de energía, garantizando un suministro constante y confiable.

En islas y comunidades costeras, la energía solar representa una alternativa clave para diversificar las fuentes de energía, al reducir la dependencia de combustibles importados y asegurar un suministro más estable. Asimismo, en proyectos de desarrollo comunitario en países en vías de desarrollo, la energía solar contribuye a la electrificación rural, el bombeo de agua y la refrigeración de alimentos y medicamentos, fomentando el desarrollo sostenible y la autonomía energética en estas áreas.

Finalmente, la energía solar no solo ejemplifica el principio de transformación energética establecido por la física, también ofrece una solución accesible, sostenible y eficiente frente a los desafíos energéticos globales. Su capacidad para adaptarse a diversas necesidades y entornos la posiciona como una herramienta crucial en la transición hacia un modelo energético más limpio y equitativo.

4.3.4 Biomasa

La biomasa es una fuente de energía renovable proveniente de la materia orgánica generada por actividades: agricultura, ganadería, silvicultura, así como residuos urbanos, entre otros. Su clasificación depende de su origen y del tipo de transformación energética que experimenta, destacándose:

1. **Cultivos bioenergéticos:** Plantaciones cultivadas con fines energéticos, como el maíz o la caña de azúcar, utilizados para la producción de biocombustibles: bioetanol o biodiesel.
2. **Residuos agrícolas:** Restos de cosechas: paja y cáscaras de frutos.
3. **Residuos forestales:** Maderas no aprovechadas y restos de podas provenientes de actividades forestales.
4. **Residuos ganaderos e industriales:** Desperdicios generados por la industria cárnica y otros residuos orgánicos.
5. **Residuos urbanos:** Basura orgánica, incluidos restos de alimentos y residuos vegetales.

Una de las características más destacadas de la biomasa es su carbono neutralidad. Esto significa que, aunque su combustión libera CO_2, este carbono fue previamente absorbido durante el crecimiento de las plantas. Este ciclo cerrado contribuye a reducir el impacto sobre el cambio climático, en comparación con los combustibles fósiles, cuya quema incrementa la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

La biomasa puede ser convertida en energía a través de diversos procesos, principalmente térmicos y eléctricos:

- **Usos térmicos**: La biomasa se quema para producir calor y agua caliente sanitaria. Este tipo de aprovechamiento es común en hogares e industrias.

- **Usos eléctricos:** La biomasa también se emplea para generar electricidad mediante la combustión de materiales orgánicos que producen vapor para mover turbinas conectadas a generadores eléctricos. En el caso de la digestión anaeróbica, se produce biogás que, al ser quemado, también genera electricidad.
- **Producción de biocombustibles:** Se procesan cultivos energéticos y residuos orgánicos para producir biocombustibles líquidos, como bioetanol y biodiesel, que sustituyen parcialmente a los combustibles fósiles en sectores como el transporte.

Figura 28. Planta eléctrica por biomasa



Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Shutterstock. [Planta eléctrica por biomasa]. https://image.shutterstock.com/image-vector/green-energy-isometric-background-advertising-600nw-2306303659.jpg?app=peacock

La biomasa se encuentra directamente relacionada con la Ley de la Conservación de la Energía, pues en este contexto, la energía química almacenada en la biomasa a través de la fotosíntesis se libera en procesos como la combustión o la digestión anaeróbica.

Al quemar madera o residuos agrícolas, por ejemplo, la energía química almacenada en forma de azúcares y celulosa se convierte en calor. De manera similar, al producir biogás a partir de residuos orgánicos, la energía química se transforma en energía térmica o eléctrica.

La biomasa ofrece numerosas ventajas tanto ambientales como socioeconómicas:

1. **Bajo impacto ambiental:** Aunque la combustión de biomasa libera CO_2, este proceso es considerado neutro en carbono, ya que el dióxido de carbono emitido es el mismo que las plantas absorbieron durante su crecimiento.
2. **Reducción de residuos:** Aprovechar residuos orgánicos para la generación de energía contribuye a la gestión eficiente de residuos y reduce la contaminación.

3. **Desarrollo socioeconómico:** La biomasa puede generar empleo en áreas rurales, impulsando la economía local. También promueve la autonomía energética en comunidades alejadas de las redes eléctricas tradicionales.

4. **Versatilidad:** La biomasa puede ser utilizada para diversas necesidades energéticas, desde la producción de electricidad hasta el suministro de calor o la creación de biocombustibles.

La biomasa se presenta como una solución eficaz para zonas rurales y agrícolas, donde los residuos orgánicos son abundantes. Esto no solo permite generar energía localmente, también ayuda a reducir la dependencia de fuentes externas de energía y fomenta el desarrollo sostenible.

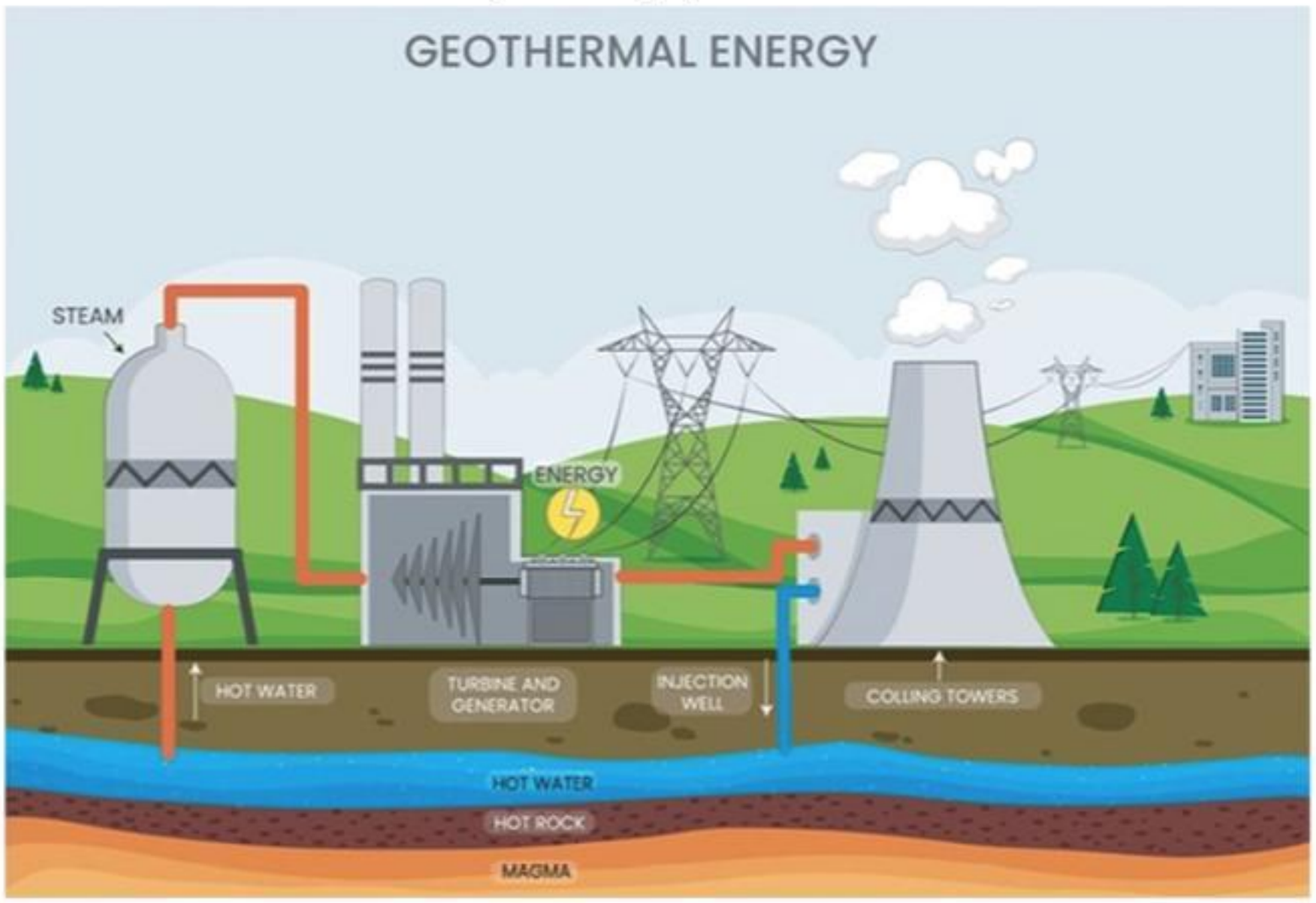
Además, la biomasa puede jugar un papel clave en la electrificación rural y en el suministro de energía para actividades agrícolas, como el riego. En países en desarrollo, puede contribuir a mejorar la calidad de vida y promover el desarrollo económico y social.

4.3.5 Geotérmica

La energía geotérmica es una fuente de energía renovable que aprovecha el calor almacenado en el interior de la Tierra para producir electricidad y calor útil. Este calor proviene de la descomposición de elementos radiactivos en el núcleo y el manto terrestre, así como del calor residual de la formación del planeta. A través de procesos tecnológicos específicos, se transforma en una alternativa energética limpia, sostenible y confiable.

El calor geotérmico se encuentra en forma de energía térmica en rocas, agua subterránea y vapor bajo la superficie terrestre. Estas reservas energéticas, conocidas como reservorios geotérmicos, se localizan con mayor facilidad en regiones con alta actividad volcánica o tectónica. Países como Islandia han aprovechado este recurso para generar hasta 25% de su electricidad.

Figura 29. Energía geotérmica.



El proceso para aprovechar la energía geotérmica se desarrolla en varias etapas clave:

- Localización del calor.
- Se identifican zonas con alto potencial geotérmico, como las cercanas a volcanes, fallas tectónicas o fuentes termales.
- Extracción del vapor o agua caliente.

A través de pozos profundos, se accede al vapor o agua caliente atrapada en las rocas porosas del subsuelo.

Dependiendo de las características del reservorio, se utiliza una de las siguientes tecnologías:

1. **Plantas de vapor seco:** Utilizan directamente el vapor del reservorio para mover turbinas.
2. **Plantas de vapor flash:** El agua caliente se convierte en vapor al llegar a la superficie debido a la disminución de presión.
3. **Plantas de ciclo binario:** Transfieren el calor del agua caliente a un fluido con un punto de ebullición más bajo, como el isobutano, para generar vapor y mover las turbinas.

El agua utilizada se reinyecta al subsuelo para garantizar la sostenibilidad del sistema.

Algunas de las ventajas de este tipo de energía son:

- **Limpia y sostenible:** Produce mínimas emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Confiabilidad:** Está disponible constantemente, sin depender del clima.
- **Eficiencia:** Su capacidad de generación es más constante y efectiva que otras fuentes renovables.
- **Bajo impacto ambiental:** Las plantas geotérmicas ocupan menos espacio en comparación con los parques eólicos o solares.

Al final se cuenta con las siguientes aplicaciones de la energía geotérmica:

- **Generación de electricidad:** Uso principal en plantas geotérmicas.
- **Calefacción directa:** Para viviendas, invernaderos y procesos industriales.
- **Desalinización de agua:** Ayuda a obtener agua potable en regiones con escasez.

En México, los campos geotérmicos de Cerro Prieto en Baja California y Los Azufres en Michoacán son reconocidos internacionalmente por su capacidad de generación eléctrica. Estas plantas demuestran el potencial del país en el aprovechamiento de este recurso.



Actividad 3.

Generación de energía sustentable

Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Da clic aquí y accederás a un breve cuestionario, ten cerca tu calculadora.

Resumen del Módulo

1. La hidrodinámica es una rama de la hidráulica que se centra en el estudio de líquidos en movimiento, considerando variables como presión, velocidad y flujo. Uno de sus principios fundamentales es el teorema de Bernoulli, que establece que la energía de un líquido en movimiento, sumando su energía cinética, potencial y de presión, se conserva entre dos puntos del flujo. Este principio tiene aplicaciones prácticas, desde la aviación hasta la ingeniería naval.

   La presión de un fluido depende de su densidad y profundidad, esto explica por qué experimentamos mayor presión bajo el agua que en la atmósfera. Además, el flujo de un líquido puede clasificarse como laminar, donde las partículas se mueven en trayectorias suaves y paralelas, o turbulento, caracterizado por movimientos irregulares. El principio de continuidad, afirma que, en un sistema cerrado, el flujo de un fluido es constante, de modo que, al reducir el área de un conducto, la velocidad del fluido aumenta. Este principio tiene aplicaciones cotidianas, como en el diseño de mangueras o sistemas de riego.

2. El principio de Bernoulli describe cómo la presión de un fluido varía en función de su velocidad y altura, basándose en el principio de conservación de la energía. Según este principio, en un flujo estable y sin fricción, la suma de la presión, la energía cinética y la energía potencial gravitacional de un fluido permanece constante.

   Dispositivos como el tubo de Pitot, el teorema de Torricelli y el tubo de Venturi ejemplifican aplicaciones prácticas del principio de Bernoulli. El tubo de Pitot mide la velocidad de un fluido basándose en la diferencia entre presión estática y dinámica, útil en aeronáutica e hidrología. El teorema de Torricelli permite calcular la velocidad de un líquido al salir por un orificio, considerando la altura del nivel del líquido. Por último, el tubo de Venturi muestra cómo la velocidad de un fluido aumenta en secciones angostas de una tubería, mientras su presión disminuye, lo cual se aprovecha en sistemas de medición y transporte de fluidos.

3. La generación de energía sustentable se basa en transformar los recursos naturales renovables en electricidad, respetando el principio de conservación de la energía. Este tema aborda fuentes como la energía hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa y geotérmica, destacando sus beneficios y limitaciones.

   La energía hidroeléctrica utiliza la energía potencial del agua almacenada en embalses para generar electricidad mediante turbinas. Este proceso es eficiente y renovable, aunque enfrenta desafíos como el impacto ambiental por la construcción de embalses. Por su parte, la energía eólica convierte la energía cinética del viento en electricidad a través de aerogeneradores, al ser fuente limpia y versátil, especialmente útil en áreas rurales.

Actividad 4.

Ejercicio autoevaluable
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido en este módulo acerca de los temas vistos.

Realiza el siguiente ejercicio, para comenzar, revisa en la plataforma SEDUCA la sección de Actividades (Estudiante) y responde a la actividad denominada M4 Cuestionario Final.

La energía solar aprovecha la radiación solar mediante paneles fotovoltaicos, ofreciendo una solución accesible y adaptable a contextos urbanos y rurales. La biomasa transforma materia orgánica en energía térmica o eléctrica, destacando su neutralidad de carbono y utilidad en comunidades agrícolas. Finalmente, la energía geotérmica aprovecha el calor interno de la Tierra para generar electricidad y calefacción, siendo una fuente confiable y con bajo impacto ambiental, aunque limitada a regiones con actividad tectónica o volcánica.

Este tema subraya cómo la integración de fuentes renovables puede reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático, promoviendo un futuro energético sostenible.

Glosario

Biomasa: Materia orgánica proveniente de actividades agrícolas, ganaderas, forestales o residuos urbanos, utilizada para generar energía térmica, eléctrica o biocombustibles.

Caudal: Cantidad de masa o volumen de un fluido que atraviesa una sección de un conducto por unidad de tiempo.

Conservación de la energía: Principio físico que establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra, manteniéndose constante en un sistema cerrado.

Densidad: Propiedad intensiva de las sustancias que relaciona su masa con el volumen que ocupan.

Energía cinética: Energía asociada al movimiento de un cuerpo o fluido.

Energía potencial: Energía almacenada debido a la posición o altura de un cuerpo en un campo gravitatorio.

Energía geotérmica: Fuente renovable que aprovecha el calor del interior de la Tierra para producir electricidad o calor útil.

Energía hidroeléctrica: Generación de electricidad a partir del movimiento del agua en ríos o embalses, utilizando turbinas y generadores.

Energía solar: Energía obtenida mediante la captación de la radiación solar, convertida en electricidad o calor por paneles solares.

Energía sustentable: Energía generada de forma limpia y renovable, minimizando el impacto ambiental y promoviendo la sostenibilidad.

Energía eólica: Aprovechamiento de la energía cinética del viento para generar electricidad mediante aerogeneradores.

Flujo laminar: Movimiento de un fluido en líneas suaves y paralelas, sin turbulencia.

Flujo turbulento: Movimiento irregular de un fluido, caracterizado por remolinos y cambios bruscos en velocidad y dirección.

Hidrodinámica: Rama de la hidráulica que estudia el comportamiento de los líquidos en movimiento.

Ley de Bernoulli: Principio físico que describe cómo la presión de un fluido varía con su velocidad y altura, en un flujo constante y sin fricción.

Principio de continuidad: Afirmación de que, en un sistema cerrado, el flujo de un fluido es constante, relacionando su área transversal con la velocidad del flujo.

Presión: Fuerza ejercida por un fluido sobre una superficie por unidad de área, expresada en Pascales (Pa) o atmósferas (atm).

Teorema de Torricelli: Relación que establece la velocidad con la que un fluido sale por un orificio, basada en la altura del líquido sobre el orificio.

Tubo de Pitot: Instrumento utilizado para medir la velocidad de un fluido basándose en la diferencia entre la presión estática y dinámica.

Tubo de Venturi: Dispositivo que utiliza un estrechamiento en un conducto para medir la velocidad y presión de un fluido, aplicando el principio de Bernoulli.

Referencias

Bibliográficas

- Pérez M., H. (2015). *Física General* (5a ed.). Ed. Patria.
- Serway, R. A., & Vuille, C. (2013). *Fundamentos de física* (10ª ed.). Cengage Learning.
- Tippens, P. (2007). *Física, conceptos y aplicaciones* (7ª ed.). Mc Graw Hill.

Resumen General

Hemos llegado al final, a lo largo de este ebook, hemos explorado juntos algunos conceptos fundamentales de la Física, organizados en cuatro módulos que te han permitido descubrir y entender cómo esta ciencia está presente el día a día de tu vida diaria. Nuestro propósito se ha centrado en ofrecerte un contenido accesible y práctico, lleno de ejemplos y descripciones basados en fenómenos cotidianos, para que no solo aprendas teoría, sino que también veas cómo la Física es una parte fascinante de tu día a día.

En el **Módulo I: Energía y Movimiento**, comenzamos con los conceptos básicos de energía, sus diferentes manifestaciones y las formas en que se transfiere. Analizamos cómo la energía está presente en el movimiento de los objetos, el calor y la luz, y vimos ejemplos como el impacto de dos vehículos en una colisión o el uso de la energía cinética al practicar deportes.

El **Módulo II: Temperatura y sus Manifestaciones** nos llevó a comprender cómo el calor y la temperatura afectan el comportamiento de la materia. Desde los cambios de estado, como la congelación del agua o la evaporación, hasta las propiedades térmicas de los materiales, exploramos cómo la energía térmica es clave en nuestro entorno. También trabajamos con escalas de temperatura, aprendiendo a convertir entre ellas, y vimos cómo la dilatación térmica es un fenómeno cotidiano que ocurre, por ejemplo, en los rieles del tren o los termómetros.

En el **Módulo III: Termodinámica,** nos adentramos en las leyes que gobiernan la energía en los sistemas físicos. Conocimos la importancia de estas leyes en aplicaciones prácticas, como el funcionamiento de motores, refrigeradores o incluso nuestro propio cuerpo. Entendimos que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma, y reflexionamos sobre cómo las pérdidas de energía en forma de calor afectan la eficiencia de los sistemas. También aprendimos a identificar procesos como los isocóricos, isobáricos y adiabáticos.

Finalmente, en el **Módulo IV: Mecánica de Fluidos y Energía Sustentable,** exploramos los principios del movimiento de fluidos y su aplicación en tecnologías clave. Desde el flujo del agua en tuberías y analizamos cómo conceptos como la presión, el principio de Bernoulli y el teorema de Torricelli son fundamentales en ingeniería y ciencia. Cerramos con un tema esencial: las energías renovables, estudiando cómo fuentes como el sol, el viento y el agua pueden ser aprovechadas para generar energía de manera sustentable.

Nuestro objetivo principal ha sido mostrarte que la Física no es lejano, sino una herramienta para entender y apreciar el mundo que te rodea. Esperamos que este acercramiento te haya ayudado a desarrollar una visión más profunda sobre los fenómenos que experimentas cada día y que este aprendizaje sea una base sólida para los tus siguientes cursos. La Física es una ciencia fascinante que no deja de sorprendernos, y confiamos en que este libro haya sido una puerta para que tú también te maravilles con ella.

Gracias por permitirnos acompañarte en este recorrido. ¡Qué este sea solo el inicio de un camino lleno de descubrimientos y aprendizaje!

Al estudiar física, notarás que el **uso de las unidades es fundamental** para describir cualquier cantidad física. Es decir, una **cantidad física** siempre se representa mediante **un número** acompañado de su correspondiente **unidad de medida.**

El **Sistema Internacional de Unidades** (**SI**) es el conjunto de reglas que la mayoría de los países usan para medir diferentes cosas o fenómenos de manera exacta. Este sistema define y revisa **las siete magnitudes fundamentales,** que son base para todas las mediciones. En la siguiente tabla se muestran estas magnitudes, junto con sus unidades y símbolos.

Tabla 2. Magnitudes fundamentales del SI, sus unidades y símbolos

Magnitud	Unidad	Símbolo	Ejemplo de medición
Longitud	metro	m	5.0 m
Masa	kilogramo	kg	2.5 kg
Tiempo	tiempo	s	55 s
Corriente eléctrica	ampere	A	0.5 A
Temperatura termodinámica	kelvin	K	273.15 K
Cantidad de sustancia	mol	mol	2.3 mol
Intensidad luminosa	candela	cd	600 cd

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia. [Magnitudes fundamentales del SI, sus unidades y símbolos.

Así como los números tienen múltiplos y submúltiplos (por ejemplo, el número 8 es múltiplo de 4, y 2 es submúltiplo de 4), las unidades de medida también se pueden expresar en versiones más grandes o pequeñas usando **prefijos,** pequeñas palabras que se colocan antes de la unidad de medida para expresar cantidades muy grandes o pequeñas.

Probablemente ya has usado algunos de estos prefijos, como "kilo-" en kilómetro o "mili-" en milímetro. Ahora, vamos a ampliar los que puedes usar. Para explicarlo mejor, tomaremos como ejemplo el **metro,** unidad de medida de longitud.

Cuando usamos los prefijos junto con el metro, podemos obtener diferentes tamaños de medida.

Por ejemplo:

- **kilómetro (km)**: Significa 1,000 metros. El prefijo "kilo-" indica mil veces la unidad base.
- **centímetro (cm)**: Significa 0.01 metros, es decir, una centésima parte del metro. El prefijo "centi-" indica 100 veces más pequeño que la unidad base.
- **milímetro (mm)**: Significa 0.001 metros, o la milésima parte de un metro. El prefijo "mili-" se usa para cantidades 1,000 veces más pequeñas que la unidad base.

Como te habrás dado cuenta, los prefijos nos permiten expresar mediciones de diferentes tamaños de forma sencilla y rápida. Aprender a usarlos te ayudará a entender mejor las magnitudes grandes y pequeñas que encontramos en la vida diaria. En la siguiente tabla se resumen los prefijos más usados en el estudio de la física.

Tabla 3. Múltiplos y submúltiplos de unidades de medida

Prefijo	Símbolo	Multiplicador	Ejemplos
tera	T	$1\,000\,000\,000\,000 = 10^{12}$	$1\,\text{Tm} = 1\,000\,000\,000\,000\,\text{m}$
giga	G	$1\,000\,000\,000 = 10^{9}$	$1\,\text{Gm} = 1\,\,000\,000\,000\,\text{m}$
mega	M	$1\,000\,000 = 10^{6}$	$1\,\text{Mm} = 1000000\,\text{m}$
kilo	k	$1\,000 = 10^{3}$	$1\,\text{km} = 1000\,\text{m}$
hecto	h	$100 = 10^{2}$	$1\,\text{hm} = 100\,\text{m}$
deca	da	$10 = 10^{1}$	$1\,\text{dam} = 10\,\text{m}$
unidad	1	10	$1\,\text{m} = 1 \times 10^{0}\text{m}$

Doctor en Tecnología e Innovación de la Educación
Arturo Mejía Zamora
Plantel "Lic. Adolfo López Mateos"

Maestro en Ciencias de la Educación
Erick Vieyra Méndez
Plantel "Nezahualcóyotl"

Maestro en Administración Pública y Gobierno
Raúl Juárez Toledo
Plantel "Cuauhtémoc"

Doctora en Ciencias de la Educación
María del Rocío García de León Pastrana
Plantel "Ignacio Ramírez Calzada"

Doctor en Ciencias de la Educación
Alejandro Morales Velázquez
Plantel "Dr. Ángel Ma. Garibay Kintana"

Maestro en Educación con Orientación en Innovación y Tecnología Educativa
Sergio Luis Roldán Vásquez
Plantel "Texcoco"

Maestro en Docencia
Erick Rodolfo Sánchez Cortés
Plantel "Sor Juana Inés de la Cruz"

Química Farmacéutica Bióloga
Janette Jaimes García
Encargada del Despacho de la Dirección del Plantel "Dr. Pablo González Casanova"

Doctora en Educación
María del Rosario Sotelo Hurtado
Encargada del Despacho de la Dirección del Plantel "Isidro Fabela Alfaro"

Licenciada en Comunicación
Ana Vianey Suárez Castro
Encargada del Despacho de la Dirección del Plantel " Mtro. José Ignacio Pichardo Pagaza"

deci	d	$0.1=10^{-1}$	$1\ \text{dm}=1\times10^{-1}\ \text{m}$
centi	c	$0.01=10^{-2}$	$1\ \text{cm}=0.01\ \text{m}$
mili	m	$0.001=10^{-3}$	$1\ \text{mm}=0.001\ \text{m}$
micro	μ	$0.000001=10^{-6}$	$1\ \mu\text{m}=0.000001\ \text{m}$
nano	n	$0.000000001=10^{-9}$	$1\ \text{nm}=0.000000001\ \text{m}$
pico	p	$0.000000000001=10^{-12}$	$1\ \text{pm}=0.000000000001\ \text{m}$
femto	f	$0.000000000000001=10^{-15}$	$1\ \text{fm}=0.000000000000001\ \text{m}$

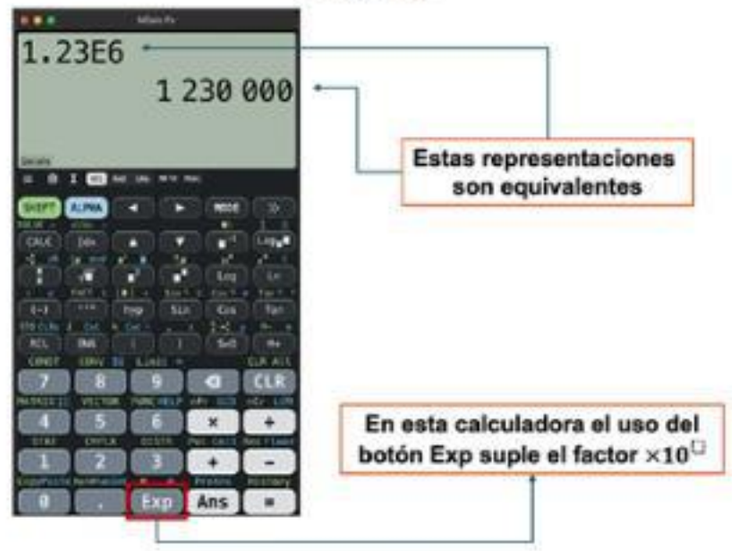
Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia. [Múltiplos y submúltiplos de unidades de medida]

Para ingresar en tu calculadora una cantidad grande como el número:

$$1.23 \times 10^6$$

- primero escribe '1.23',
- luego presiona el botón 'Exp' o 'EE' (esto puede variar según tu calculadora, existen algunas que tienen la tecla con $\times 10^x$),
- seguido de '6'.
- La calculadora mostrará el número en formato simplificado (**Figura 3.**):
- También puedes ver el video de cómo introducir esta cantidad en la calculadora dando clic **aquí.**

Figura 3. Uso de la calculadora para notación científica.



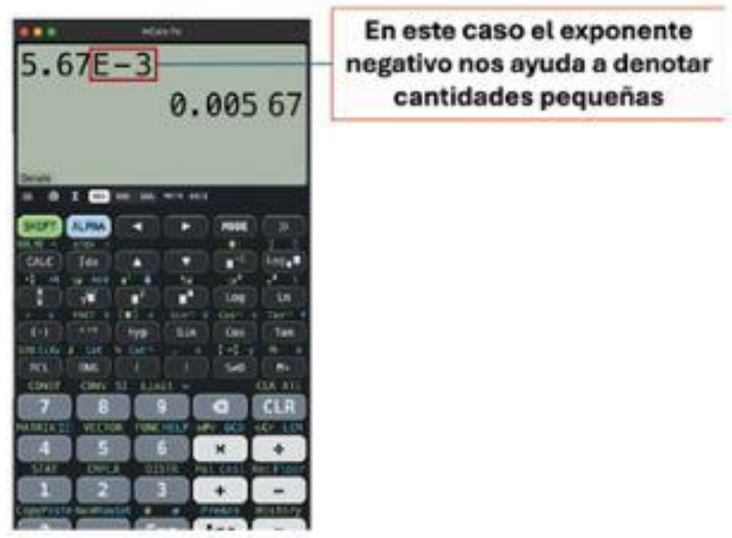
Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia soportado en la aplicación NCalc versión 3.1.8 (2024)

Del mismo modo, para ingresar números pequeños como:

$$5.67\times10^{-3}$$

- escribe '5.67',
- luego presiona 'EXP' o 'EE'
- seguido de '−3',
- La calculadora mostrará el número del formato simplificado que se observa en la **Figura 4.**
- También puedes ver el video de cómo introducir esta cantidad en la calculadora dando clic **aquí.**

Figura 4. Uso de la calculadora para notación científica de números pequeños.



Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia soportado en la aplicación NCalc versión 3.1.8 (2024)

En la tabla 2 se muestran las unidades fundamentales y las que vamos a encontrar en muchas de las ocasiones como resultado de alguna medición; también existen otras unidades que se denominan **unidades derivadas** y que se forman a través de la combinación de dos o más unidades fundamentales, veamos algunos ejemplos.

- La unidad m^2 es el resultado de multiplicar dos cantidades expresadas en metros, y se usa para expresar mediciones de área:

$$m \cdot m = m^2$$

- La unidad m^3 es el resultado de multiplicar tres cantidades en metros, y se usa para denotar volúmenes:

$$m \cdot m \cdot m = m^3$$

- La unidad **Newton** (N) se usa en mediciones de fuerza, y equivale a:

$$1\text{N} = 1\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

- La unidad **Joule** (J), unidad de medición de la energía, también es una unidad derivada y resulta de la siguiente combinación:

$$1\text{J} = 1\ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

Aunque el Joule es una unidad común para medir energía, no es la única. También puede usarse la **caloría** en ciertos contextos, y existe una equivalencia de una unidad a la otra:

$$1\ \text{cal} = 4.184\ \text{J}$$

La unidad térmica británica (British Thermal Unit, BTU por sus siglas en inglés), también es usada para expresar cantidades de energía, y su equivalencia en Joules es:

$$1\ \text{BTU} = 1055.06\ \text{J}$$

Es importante aclarar que ni la caloría ni el BTU (Unidad Térmica Británica) son unidades derivadas del Sistema Internacional de Unidades (SI), por lo que no se pueden expresar como combinaciones de unidades fundamentales, como sí ocurre con los Joules o los Newtons. Aun así, estas unidades son ampliamente utilizadas, especialmente en contextos relacionados con la energía y la temperatura.

El **sistema inglés de unidades,** que incluye el BTU, es diferente al Sistema Internacional y se utiliza principalmente en países de habla inglesa, como Estados Unidos. Otras unidades de medida del sistema inglés son:

Tabla 4. Algunas unidades de medida del sistema inglés

Unidad	Símbolo	Equivalencia al SI
pulgada	in	$1\ \text{in} = 2.54\ \text{cm}$
libra	lb	$1\ \text{lb} = 435.6\ \text{g}$
pie	ft	$1\ \text{ft} = 0.3048\ \text{m} = 30.48\ \text{cm}$
yarda	yd	$1\ \text{yd} = 3\ \text{ft} = 91.44\ \text{cm}$
milla	milla	$1\ \text{milla} = 1609\ \text{m}$

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia. [Algunas unidades de medida del sistema inglés].

Para llevar a cabo conversiones entre cantidades físicas expresadas en unidades del sistema inglés y las del sistema internacional, así como para convertir unidades de energía, podemos utilizar el método del factor unitario, el cual consiste en emplear las equivalencias conocidas entre las unidades como parte de un factor que nos permite hacer la conversión sin cambiar el valor de la cantidad original (ver **tabla 4**).

Ejemplo 3.

Imagina que queremos expresar una distancia de $5.00\ \text{m}$ en pies (ft).

Solución:

Para hacerlo, comenzamos con la cantidad que deseamos convertir, en este caso $5.00\ \text{m}$, y utilizamos un factor de conversión. Este factor debe estar organizado en forma de división, de manera que las unidades de metros se cancelen, dejando como resultado las unidades de pies. El procedimiento es el siguiente:

Ejemplo 3.

$$(5.00\text{m})\left(\frac{1\text{ ft}}{0.308\text{m}}\right) = 16.40\text{ ft}$$

De esta forma, multiplicamos 5.00 m por el factor de conversión $\left(\frac{1\text{ ft}}{0.3048\text{ m}}\right)$, donde $1\text{ ft} = 0.3048\text{ m}$. Al hacer esto, las unidades de metros se cancelan y obtenemos la distancia en pies. Para apoyarte con el uso de la calculadora, puedes visualizar cómo realizar esta operación dando clic **aquí.**

Realicemos una conversión con unidades de energía:

Ejemplo 4.

Cierta máquina térmica libera $2.57 \times 10^4\text{ cal}$ en cada segundo de operación. ¿Cuánto es esta cantidad en Joules (J) y en BTU?

Solución:

- Para realizar estas dos conversiones consideremos las siguientes equivalencias:
  - $1\text{ cal} = 4.184\text{ J}$
  - $1\text{ BTU} = 1055.06\text{ J}$

- Primero, convertimos calorías a Joules y organizamos las cantidades para que las unidades de calorías se cancelen y obtengamos el resultado en Joules:

$$(2.57 \times 10^4\text{ cal})\left(\frac{4.184\text{J}}{1\text{ cal}}\right) = 1.08 \times 10^5\text{J}$$

- La primera conversión nos da $1.08 \times 10^5\text{ J}$. Ahora, usamos este valor para convertirlo a BTU. Aplicamos la equivalencia de Joules a BTU, asegurándonos de que las unidades de Joules se cancelen:

$$(1.08 \times 10^5\text{ J})\left(\frac{1\text{ BTU}}{1055.06\text{ J}}\right) = 102\text{ BTU}$$

- El **método del factor unitario** nos permite convertir fácilmente entre diferentes unidades. En este caso, utilizamos las equivalencias entre calorías, Joules y BTU para transformar una cantidad de energía de un sistema de unidades a otro, asegurándonos de que las unidades no deseadas se cancelen correctamente. Este enfoque es fundamental para trabajar con diferentes sistemas de medición en la ciencia. También puedes revisar la resolución del problema y el uso de la calculadora en el video correspondiente dando clic **aquí.**



Actividad 2.

Unidades de medida

Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales
Carlos Eduardo Barrera Díaz
Rector

Doctor en Ciencias Computacionales
José Raymundo Marcial Romero
Secretario de Docencia

Doctora en Ciencias Sociales
Martha Patricia Zarza Delgado
Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados

Doctor en Ciencias de la Educación
Marco Aurelio Cienfuegos Terrón
Secretario de Rectoría

Doctora en Humanidades
María de las Mercedes Portilla Luja
Secretaria de Difusión Cultural

Doctor en Ciencias del Agua
Francisco Zepeda Mondragón
Secretario de Extensión y Vinculación

Doctora en Ciencias Económico Administrativas
Eréndira Fierro Moreno
Secretaria de Administración

Doctor en Educación
Octavio Crisóforo Bernal Ramos
Secretario de Finanzas

Doctora en Ciencias Administrativas
María Esther Aurora Contreras Lara Vega
Secretaria de Planeación y Desarrollo Institucional

Doctora en Derecho
Luz María Consuelo Jaimes Legorreta
Oficina de la Abogacía General

Licenciada en Comunicación
Ginarely Valencia Alcántara
Directora General de Comunicación Universitaria

Maestra en Salud Animal
Trinidad Beltrán León
Secretaria Técnica de la Rectoría

Doctor en Ciencias Sociales
Luis Raúl Ortiz Ramírez
Director de Centros Universitarios
y Unidades Académicas Profesionales
Región A y Encargado del Despacho Región B

Doctora en Investigación Educativa
Eva Lilia García Escobar
Directora de Estudios de Nivel Medio Superior

1.2 Concepto de energía

La palabra **energía** es usada todos los días y en muchos contextos. Hablamos de energía cuando comemos, cuando usamos medicamentos o baterías, y en otras situaciones. La energía es lo que nos permite realizar todas nuestras actividades diarias. Seguramente tú mismo has mencionado el término "energía" en diferentes momentos de tu vida. Si miras a tu alrededor, notarás que la energía se manifiesta de varias maneras.

Es importante saber que la energía no se ve de una sola forma, sino que aparece de distintas maneras. Tenemos que hacer mención en este momento de la definición concreta de **energía:**

Figura 5. Manifestación de la energía



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Definición

Energía: se refiere a la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo o producir cambios y se mide en Joule (J). En términos simples, es lo que permite que algo suceda, como el movimiento, el cambio de temperatura, o la realización de cualquier actividad física o química

Una de las más comunes y que está presente en casi todos los procesos es la **energía térmica,** lo que también conocemos como **calor.**

Uno de los principios fundamentales que rige en todo momento el comportamiento de la materia y los fenómenos que suceden a nuestro alrededor es **la ley de la conservación de la energía** que establece: "la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma".

1.2.1 Energía mecánica

Al entender que la energía se manifiesta de distintas maneras, es importante reconocer que **la energía mecánica** es una de las formas más relevantes cuando hablamos de cuerpos en movimiento; se divide en dos tipos principales:

1. **Energía cinética,** posee un cuerpo debido a su movimiento.
2. **Energía potencial,** tiene un cuerpo debido a su posición o configuración

Estas dos formas de energía se combinan en muchos sistemas para describir el comportamiento de los objetos en el mundo físico. Analicemos un ejemplo breve: En una montaña rusa, se puede observar la transformación constante de la **energía mecánica**, que es la suma de la **energía potencial** y la **energía cinética.** Al comienzo del recorrido, un motor eleva el vagón hasta el punto más alto, lo que genera una gran cantidad de **energía potencial gravitatoria** debido a la altura del vagón. Esta energía potencial es parte de la energía mecánica total del sistema.

Una vez que el vagón comienza a descender, la energía potencial acumulada se convierte gradualmente en **energía cinética,** lo que provoca que aumente su

Figura 6. Energía mecánica en la montaña rusa



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

velocidad. En este punto, la energía cinética, relacionada con el movimiento, alcanza su valor máximo cuando el vagón está en la parte más baja del recorrido, donde la energía potencial es mínima.

Durante el trayecto, el vagón sigue subiendo y bajando colinas, lo que resulta en una transformación continua entre energía potencial y cinética, manteniendo constante la **energía mecánica total** (sin contar las pérdidas debidas a la fricción). Sin embargo, a medida que el vagón avanza, la fricción y la resistencia del aire reducen progresivamente la energía mecánica, hasta que el sistema pierde toda su energía y se detiene.

La **energía mecánica** es la suma de la energía cinética y la energía potencial de un objeto o sistema. Se refiere a la capacidad de un objeto para realizar trabajo debido a su movimiento (energía cinética) y a su posición o configuración (energía potencial). En un sistema aislado, la energía mecánica se conserva, lo que significa que puede transformarse de una forma a otra, pero la cantidad total de energía mecánica permanece constante, salvo por las pérdidas ocasionadas por fricción u otras fuerzas externas.

Su expresión matemática es:

$$E_m = E_C + E_p \tag{1}$$

En esta expresión:

- E_m es la energía mecánica en J
- E_C es la energía cinética en J
- E_p es la energía potencial en J

Otro concepto que debemos tomar en cuenta es:

Trabajo mecánico: se entiende como la fuerza que ejerces sobre un objeto a lo largo de una distancia específica.

Si reflexionamos un poco más, notaremos que los objetos también tienen la capacidad de realizar trabajo. Podemos determinar la cantidad de trabajo mecánico que una fuerza realiza sobre un objeto a través de la siguiente ecuación:

$$W = F \cdot d \tag{2}$$

Donde:

- W es trabajo realizado en J
- F es la fuerza aplicada sobre un objeto en N
- d es el desplazamiento provocado en m por la fuerza F

La unidad de medida de la **energía** es idéntica a la del trabajo: el **Joule**. Por lo tanto, a pesar de que podamos pensar que el trabajo es energía, no es así, el trabajo es una forma en cómo la energía se puede transferir de un cuerpo a otro.

1.2.1.1 Energía cinética

La **energía cinética** es una de las formas más notables de energía en la física, ya que de acuerdo con la siguiente definición:

Definición

Energía cinética (E_c): es la energía que se refiere a la energía que posee un objeto debido a su movimiento.

Esta energía está directamente relacionada con la masa del objeto y su velocidad, lo que significa que un aumento en cualquiera de estos factores incrementará su energía cinética. Por ejemplo, un automóvil en movimiento o una pelota lanzada son ejemplos claros de energía cinética en acción.

Definición

La velocidad es una medida de qué tan rápido se mueve un objeto o partícula y en qué **dirección** lo hace. Para calcular la velocidad, necesitas saber la **distancia** que recorre el objeto y el **tiempo** que tarda en recorrer esa distancia. La velocidad nos dice no solo qué tan rápido va algo, sino también hacia dónde se dirige.

Por ejemplo, si caminas a cinco kilómetros por hora hacia el norte, es una velocidad porque incluye tanto la rapidez ($5\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$) como la dirección (norte). En el curso de **Física II** abordaremos un poco más estas dos características, por el momento, expresaremos que la velocidad puede ser determinada a través de la siguiente relación:

$$v = \frac{d}{t} \tag{3}$$

Donde:

- v es la velocidad de un objeto en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- d es la distancia recorrida por el objeto en m
- t es el tiempo que tarda el recorrido del objeto en s

Antes de dar paso a la determinación de la energía cinética de un cuerpo, verifiquemos cómo calcular la velocidad a través de algunos ejemplos:

Ejemplo 5.

Imagina que estás en una emocionante carrera de Fórmula 1, y el piloto mexicano Sergio "Checo" Pérez está compitiendo con su auto. Checo acaba de pasar por la línea de partida a toda velocidad, y los jueces quieren saber qué tan rápido está yendo en este tramo de la carrera en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Para hacerlo, miden la distancia que recorre y el tiempo que tarda en recorrerla. Supongamos que "Checo" recorre una distancia de 0.50 milla en solo 10 s.

Solución:

- Para saber la rapidez con que viaja el piloto precisamos del uso de la ecuación (3), y también se necesita saber la distancia d que recorre expresada en metros, para ello es necesario el uso del método del factor unitario:

$$(0.50\ \text{milla})\left(\frac{1609\ \mathrm{m}}{1\ \text{milla}}\right) = 804.5\mathrm{m}$$

- Una vez que sabemos la distancia en metros, sustituimos los valores $\mathrm{d} = 804.5\ \mathrm{m}$ y $\mathrm{t} = 10\ \mathrm{s}$ en la ecuación (3), para encontrar el valor de la rapidez:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{804.5\ \mathrm{m}}{5\ \mathrm{s}} = 80.45\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

- Es decir, la rapidez a la que viaja el piloto es de $160.9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Figura 7. Velocidad de un auto de carreras



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Ejemplo 5.

En el espacio exterior, no hay aire ni fricción que frene los cuerpos en movimiento. Esto significa que, una vez que un objeto (asteroide) comienza a moverse a una velocidad determinada, continuará haciéndolo a esa misma velocidad a menos que otra fuerza actúe sobre él, como la gravedad de un planeta. Un asteroide viaja por el espacio exterior a una velocidad constante de $25\,000\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Sabemos que el asteroide está a $100{,}000$ km de la Tierra. ¿Cuántas horas tardará el asteroide en llegar a la Tierra si sigue moviéndose a dicha velocidad?

Solución:

- Para determinar el tiempo considerando la velocidad constante del asteroide, tenemos que despejar t de la ecuación (3), es decir:

$$v = \frac{d}{t} \longrightarrow t = \frac{d}{t}$$

- Antes de sustituir los valores correspondientes a d y v, tenemos que realizar la conversión de la distancia de kilómetros a metros, esto es:

$$\left(1 \times 10^{6}\mathrm{km}\right)\left(\frac{1000\mathrm{m}}{1\,\mathrm{km}}\right) = 1 \times 10^{9}\mathrm{m}$$

- Ahora procedemos a sustituir cada uno de los valores en la expresión resuelta para t:

$$t = \frac{1 \times 10^{9}\mathrm{m}}{25000\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 4 \times 10^{4}\mathrm{s}$$

- Al realizar el análisis de las unidades de medida, nos percatamos que en el numerador se encuentra la unidad m, mientras que en el denominador se tiene $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, es decir:

$$\frac{\mathrm{m}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = \frac{\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}}{\mathrm{m}} = \mathrm{s}$$

- De tal manera que el resultado se obtiene en unidades de segundos.

- Por último, transformamos el tiempo que resulta de segundo a horas a través de la equivalencia: $1\ \mathrm{h} = 3600\ \mathrm{s}$

$$\left(4 \times 10^{4}\mathrm{s}\right)\left(\frac{1\mathrm{h}}{3600\mathrm{s}}\right) = 11.1\mathrm{h}$$

Figura 8. Movimiento de un asteroide en el espacio exterior



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Comprender este concepto es esencial para analizar el comportamiento de los cuerpos en movimiento, así como su interacción con otras fuerzas. En esta explicación, profundizaremos las características de este tipo de energía, por medio de su fórmula y aplicaciones de la energía cinética en diversos contextos. La forma matemática de esta energía está dada por la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \qquad (4)$$

Donde:

- E_c es la energía cinética en J
- m es la masa del cuerpo en kg
- v es la velocidad del objeto en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

1.2.1.2 Energía potencial

Cuando un objeto se encuentra elevado a cierta altura, como ocurre en un juego mecánico de caída libre, acumula **energía potencial gravitatoria.** Esta energía depende de la **altura** del objeto y de su **masa,** ya que cuanto más alto esté y mayor sea su masa, más energía potencial tendrá. Cuando el objeto comienza a descender, esa energía potencial se transforma en **energía cinética** a medida que gana velocidad durante la caída.

Este principio es el mismo que ocurre en fenómenos naturales, por ejemplo, cuando una roca cae desde una montaña, o en aplicaciones de ingeniería, como el diseño de puentes o represas. **Comprender la energía potencial** no solo es clave para analizar estos fenómenos, sino también para entender cómo la energía se **conserva** y **transforma** en diferentes sistemas. En este tipo de atracciones, la energía potencial del vagón en la cima se convierte casi por completo en energía cinética durante la caída, haciendo que el viaje sea emocionante y rápido.

Este proceso es un ejemplo perfecto de la **conservación de la energía,** que señala: la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra. Al llegar al punto más bajo, la energía cinética está en su máximo, mientras que la energía potencial es mínima. Este ciclo de transformación entre las dos formas hace que la experiencia de la caída sea emocionante.

Figura 9. Juego mecánico que simula caída libre



Nota. Fuente: shutterstock.com

Definición

Energía potencial es aquella que se acumula en los objetos cuando se realiza trabajo para situarlos en una posición o estado específico. Se le denomina así ya que tiene la capacidad de alterar los estados de los cuerpos cuando se libera la energía.

La forma matemática de esta energía está dada por la siguiente fórmula:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \qquad (5)$$

Donde:

- E_p es la energía potencial en J
- m es la masa del objeto expresada en kg
- g es la aceleración de la gravedad $\left(9.81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$
- h es la altura del objeto con respecto al piso en m

Cualquier tipo de energía que pueda poseer un cuerpo (cinética y/o potencial) siempre se podrá interconvertir entre ellas, o incluso transferirse a otros sistemas en forma de calor y trabajo (w). Esto quiere decir que en algunas circunstancias:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \mathrm{w} \quad (6)$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = \mathrm{w} \quad (7)$$

A continuación, exploraremos algunos ejemplos.

Ejemplo 5.

Alonso tiene un cohete de juguete con una masa de $500\ \mathrm{g}$. El cohete se lanza verticalmente desde el suelo hasta una altura de $20.0\ \mathrm{m}$, donde alcanza su punto más alto antes de caer de nuevo. Considera que, a lo largo de su ascenso, la energía del cohete cambia de energía cinética a energía potencial:

a. Calculemos la energía potencial del cohete en su punto más alto
b. Calculemos la energía potencial del cohete a 10.0 m de altura

Solución:

a. Para la determinación de energía potencial en el punto más alto de la trayectoria que describe el cohete, se debe considerar que tiene una masa de $500\ \mathrm{g} = 0.500\ \mathrm{kg}$, y alcanza una altura $h = 20.0\ \mathrm{m}$, cuando sustituimos estos valores en la ecuación (5), resulta:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = (0.5\,\mathrm{kg})\left(9.81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(20.0\,\mathrm{m}) = 98.1\,\mathrm{J}$$

b. Cuando el cohete tiene una altura $h = 10.0\ \mathrm{m}$, la energía potencial que posee, determinada también a través de la ecuación (5), resulta en:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = (0.5\,\mathrm{kg})\left(9.81\,\frac{m}{s^2}\right)(10.0\,\mathrm{m}) = 49.05\,\mathrm{J}$$

Este resultado nos permite observar que, a mitad de la altura, la energía potencial del cohete corresponde a la mitad del valor que posee en su punto más alto.

Figura 10. Cohete de juguete



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Ejemplo 6.

Sabías que... El skate surgió a finales de los años cuarenta por influencia del surf, ya que cuando no había suficiente oleaje no podían practicar su actividad favorita. Considera un patinador que está en la cima de una rampa inclinada. La masa del patinador, incluyendo su patineta, es de $60\ \mathrm{kg}$. Desde una altura de $2.5\ \mathrm{m}$, él desciende por la rampa sin usar frenos, alcanzando una velocidad justo al llegar a la base. Calculemos la energía cinética del patinador al llegar al final de la rampa:

Solución:

Figura 11. Patinador de skate



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Ejemplo 6.

- En el punto más alto de la rampa, el skater tendrá una energía potencial equivalente a:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = (60\,\text{kg})\left(9.81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(2.5\,\text{m}) = 1471.5\,\text{J}$$

Cuando el *skater* comience a descender por la rampa, la energía potencial se transformará directamente en energía cinética. A medida que avanza por la rampa, toda la energía potencial acumulada al inicio se convertirá gradualmente en energía cinética hasta que llegue al final de su trayecto, entonces:

$$E_p = E_c = 1471.5\ \text{J}$$

Ejemplo 7.

Consideremos que un coche de 1200 kg se mueve a 30.0 m/s en una carretera recta; de repente, reduce su velocidad a 20.0 m/s. Determinemos:

a. La energía cinética antes y después de reducir su velocidad
b. ¿Cuánta energía pierde el auto al reducir su velocidad? ¿Hacia dónde crees que se va esa energía?

Solución:

a. Para saber la energía cinética $(E_{c,1})$ en el momento en que el auto posee una velocidad de $30.0\ \text{m/s}$, se emplea la ecuación (4):

$$\text{E}_{c,2} = \frac{1}{2} \cdot \text{m} \cdot \text{v}_2^{\,2} = \frac{1}{2}(1200\,\text{kg})\left(20.0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 2.40 \times 10^5\,\text{J}$$

En este punto debemos recordar que la unidad de medida para la energía es el J, y que esta es una unidad derivada que resulta de la combinación:

$$1\text{J} = 1\,\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

La energía cinética en el momento en que el auto ha reducido su velocidad $(E_{c,2})$, se determina también a través de la expresión (4):

$$\text{E}_{c,2} = \frac{1}{2} \cdot \text{m} \cdot \text{v}_2^{\,2} = \frac{1}{2}(1200\ \text{kg})\left(30.0\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 2.40 \times 10^5\ \text{J}$$

b. Para determinar la cantidad de energía cinética que el auto perdió al reducir su velocidad debemos calcular la diferencia $E_{c,1} - E_{c,2}$

$$E_{c,1} - E_{c,2} = 5.40 \times 10^5\,\text{J} - 2.40 \times 10^5\text{J} = 3.0 \times 10^5\,\text{J}$$

Figura 12. Auto en movimiento



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Ejemplo 8.

En la Ciudad de México se encuentra una de las montañas rusas más icónicas de Six Flags: *Superman El Último Escape.* Desde su inauguración en 2004, ha sido la favorita de los amantes de la adrenalina, destacando como la montaña rusa más alta del país, alcanza una altura máxima de $70\ \mathrm{m}$ y una velocidad de $133.42\ \mathrm{km/h}$. Su vagón tiene una masa de $500\ \mathrm{kg}$.

a. Calculemos la energía potencial del vagón en el punto más alto.
b. Calculemos la energía mecánica total cuando el vagón está a 70 m de altura.
c. Calculemos la energía mecánica total en la parte más baja de la montaña rusa.

Solución:

a. En el punto más alto $(h = 70\ \mathrm{m})$, la energía potencial gravitacional se calcula usando la relación:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = (500\mathrm{kg})\left(9.81\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(70\mathrm{m}) = 343350\mathrm{J}$$

b. La energía mecánica se determina por la contribución de la energía cinética y la energía potencial:

$$E_m = E_c + E_p$$

• Y, por otro lado, la energía cinética está dada por la ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

• Sin embargo, en el punto más alto, la velocidad del vagón es cero, $v = 0$, de modo que la energía cinética también tiene un valor de cero, por lo tanto, la energía mecánica es equivalente a la energía potencial:

$$E_m = E_p = 343350\ \mathrm{J}$$

c. Cuando el vagón se encuentra en la parte más baja, la energía potencial es cero $(\mathrm{h} = 0)$, por lo que la energía mecánica es equivalente a la energía cinética y en este punto el vagón lleva la velocidad máxima que puede alcanzar, de modo que primero necesitamos realizar la conversión de la velocidad dada en $\mathrm{km/h}$ a las unidades $\mathrm{m/s}$, y posteriormente el cálculo de la energía cinética:

$$\left(133.42\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right)\left(\frac{1\,\mathrm{h}}{3600\,\mathrm{s}}\right)\left(\frac{1000\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{km}}\right) = 37.06\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$E_m = E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2}(500\mathrm{kg})\left(37.06\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 343360\ \mathrm{J}$$

Figura 13. Montaña rusa



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Ejemplo 8.

- La energía mecánica que calculamos en la parte más baja de la montaña rusa (343,360 J) es casi igual a la energía potencial que obtuvimos en el punto más alto (343,350 J). Esta pequeña diferencia se debe a aproximaciones en los cálculos. Sin embargo, esto nos muestra que la energía del vagón no se pierde, solo se transforma de energía potencial a energía cinética durante el recorrido. Esto confirma que, en un sistema sin fricción ni resistencia del aire, la energía total siempre se conserva, lo que significa que la cantidad de energía permanece constante, pero cambia de una forma a otra



Actividad 3.

Energía

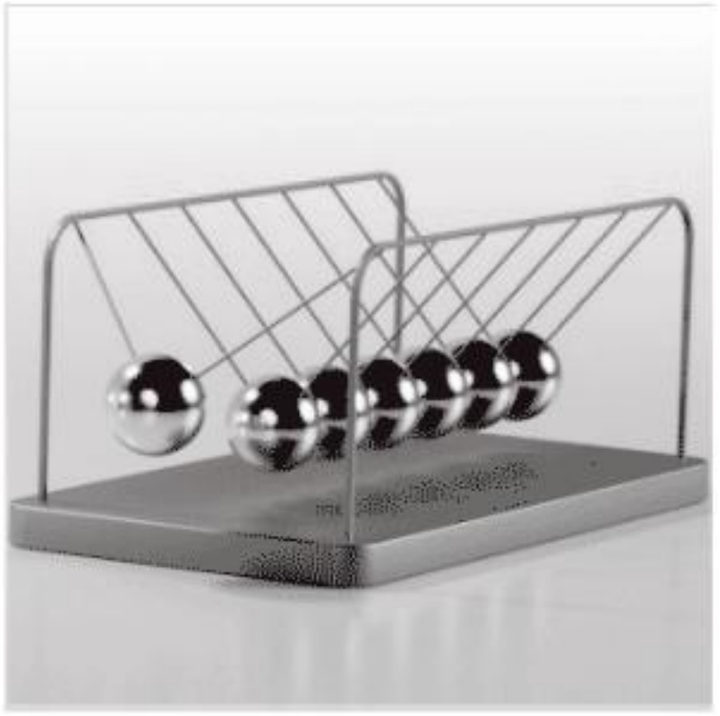
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, ten cerca tu calculadora.

1.3 Teoría de colisiones

(transferencia de momento lineal)

Figura 14. Péndulo de Newton



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Sabías que... el péndulo de Newton es un dispositivo impresionante utilizado durante siglos para ilustrar los principios de la física y la mecánica. Este ingenioso instrumento, compuesto por una serie de bolas suspendidas, se mueve de manera que genera un patrón hipnotizante. Introducido por primera vez por Sir Isaac Newton, uno de los científicos más influyentes de la historia, el péndulo ha servido como herramienta educativa clave para enseñar y demostrar las leyes de la física de manera creativa y visual.

Los choques, también llamados colisiones, entre objetos son fenómenos comunes en la vida cotidiana y en la física, y se clasifican en dos categorías principales: **choques elásticos y choques inelásticos.** Es fundamental entender estas dos clases de colisiones para analizar cómo interactúan los cuerpos durante un impacto.

Antes de explicar las características de cada tipo de colisión, es importante hablar de un concepto clave en física relacionado con el movimiento de los objetos: la cantidad de movimiento, también conocida como impulso lineal. En términos simples, la cantidad de movimiento depende de dos factores: la masa del objeto y su velocidad. Por ejemplo, un tren de carga moviéndose lentamente tiene una gran cantidad de movimiento debido a su enorme masa, mientras que una bala pequeña disparada a gran velocidad tiene gran cantidad de movimiento por la rapidez con la que se desplaza. La cantidad de movimiento recibe otros nombres: impulso, *momentum* o momento lineal.

Definición

Momento lineal (cantidad de movimiento lineal) p: se refiere al producto entre la masa de un objeto y la velocidad que este posee, se calcula a partir de la fórmula:

$$\rho = m \cdot v \tag{8}$$

Donde:

- ρ es la cantidad de movimiento lineal medido en $\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- m es la masa de un objeto en kg
- v es la velocidad que posee el objeto en $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

La energía cinética de un cuerpo también puede calcularse a partir de su cantidad de movimiento lineal mediante la siguiente relación:

$$\mathrm{E}_c = \frac{\rho^2}{2\,m} \tag{9}$$

Donde:

- E_c es la energía cinética del objeto medido en J
- ρ es la cantidad de movimiento lineal medido en $\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- m es la masa del objeto medida en kg

FÍSICA I

En un choque elástico, se conservan tanto el momento lineal como la energía cinética. Esto significa que, después del choque, los objetos rebotan sin perder energía, y ambos conservan su cantidad de movimiento (momento) y energía. Un ejemplo clásico de este tipo de choque es el de dos bolas de billar que, al chocar, se separan y siguen moviéndose en direcciones distintas.

Figura 15. Colisión elástica de dos esferas

Imagina dos esferas $(1 \text{ y } 2)$ con masas diferentes, m_1 y m_2, que se están moviendo con velocidades iniciales $v_{1,i}$ y $v_{2,i}$. Cuando estas esferas chocan, intercambian momento lineal. Sin embargo, este intercambio no depende solo de cuál tiene más masa o mayor velocidad, sino del momento total del sistema. Debemos aclarar aquí que el sistema ahora está formado por las dos esferas (figura 15).

Esto significa que ambas esferas se transfieren cantidad de movimiento (momento lineal) de tal manera que el momento total se conserva en todo momento, sin importar cuál de ellas es más pesada o rápida. La ley de conservación del momento lineal asegura que, después del choque, las nuevas velocidades finales de las esferas $v_{1,f}$ para la esfera 1 y $v_{2,f}$ para la esfera 2) deben ser tales que, si sumamos el momento de las dos esferas antes y después del choque, la suma siempre será la misma.

De esta forma, el choque sigue las leyes físicas, permitiendo que las esferas intercambien su cantidad de movimiento de manera balanceada.

En consecuencia, esta transferencia de movimiento quedará expresada por la siguiente relación:

$$m_1 \cdot v_{1,i} + m_2 \cdot v_{2,i} = m_1 \cdot v_{1,f} + m_2 \cdot v_{2,f} \qquad (10)$$

En donde:

m_1 es la masa del objeto 1 en kg
m_2 es la masa del objeto 2 en kg
$v_{1,i}$ es la velocidad inicial del objeto 1 en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
$v_{2,i}$ es la velocidad del objeto 2 en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
$v_{1,f}$ es la velocidad inicial del objeto 1 en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
$v_{2,f}$ es la velocidad del objeto 2 en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

En los choques, es importante elegir un objeto como punto de referencia para describir la velocidad del otro. Como se muestra en la figura 15, la esfera 1 se mueve hacia la derecha y la esfera 2 hacia la izquierda. Si consideramos que el movimiento de la esfera 1 es en la dirección positiva, entonces el movimiento de la esfera 2 será en la dirección negativa. Por lo tanto, debemos asignarle un signo negativo a la velocidad inicial de la esfera 2 $(v_{2,i})$.

Por otro lado, en un **choque inelástico,** aunque el momento lineal se conserva, la energía cinética no se mantiene constante. En este tipo de colisiones, parte de la energía cinética se convierte en otras formas de energía, como calor o sonido. Un ejemplo de choque inelástico es el impacto entre dos coches que se deforman y quedan entrelazados tras la colisión, lo que implica una pérdida significativa de energía cinética.

Figura 16. Ejemplo de un choque inelástico



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

En los choques inelásticos, volvamos a considerar dos esferas, 1 y 2, con masas m_1 y m_2. Antes del choque, cada una tiene su propia velocidad, similar a lo que

sucede en un choque elástico. Después del choque, las dos esferas quedan pegadas y se mueven juntas a la misma velocidad y en la misma dirección.

Esto significa que ambos cuerpos han perdido parte de su energía cinética, ya que una cantidad de esta se transforma en calor o en otra forma de energía.

La ecuación que modela este hecho es la siguiente:

0

$$m_1 \cdot v_{1,i} + m_2 \cdot v_{2,i} = (m_1 + m_2)\, v_f \qquad (11)$$

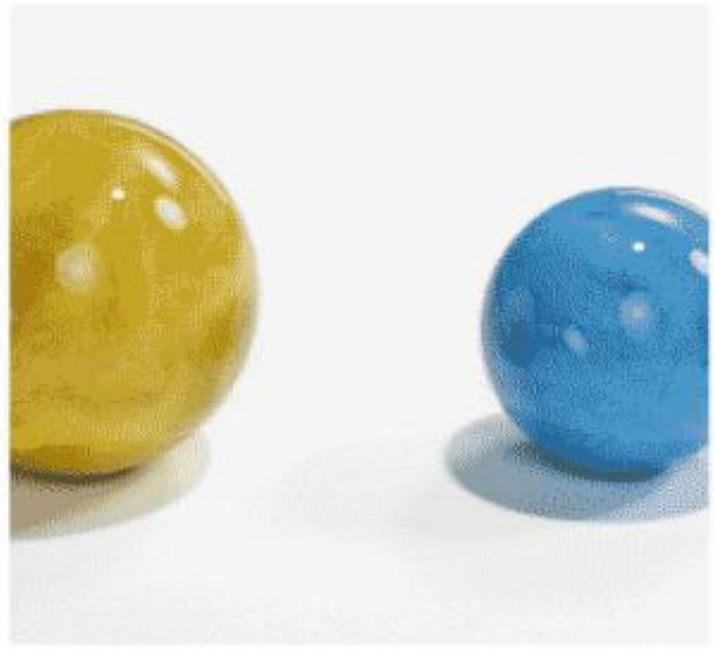
Donde:

m_1 es la masa del objeto 1 en kg
m_2 es la masa del objeto 2 en kg
$v_{1,i}$ es la velocidad inicial del objeto 1 en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
$v_{2,i}$ es la velocidad del objeto 2 en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
v_f es la velocidad inicial de ambos objetos en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

En este tipo de situaciones, también es necesario elegir un objeto como punto de referencia y asignarle un valor positivo para su velocidad inicial. Al otro objeto, que se moverá en la dirección opuesta, se le asignará una velocidad inicial negativa.

Practiquemos un poco con ejercicios relativos a la transferencia de movimiento:

Figura 17. Colisión inelástica de dos esferas



Nota. Fuente:

Ejemplo 9.

Una bola de boliche tiene una masa de $16.0\ \text{lb}$ y es lanzada por un jugador con una velocidad inicial de $15\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Encontremos:

a. ¿Cuál es la cantidad de movimiento de esta bola de boliche en $\text{kg}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$?
b. ¿Cuál es el valor de su energía cinética en J?

Solución:

a. Ya que nos solicitan la cantidad de movimiento ρ en unidades de $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$, tenemos que hacer las conversiones adecuadas pues nos proporcionan la masa en libras.

$$16.0\ \text{lb}\left(\frac{453.6\ \text{g}}{1\ \text{lb}}\right) = 7257.6\ \text{g}$$

Posteriormente tenemos que realizar la conversión de esta cantidad en gramos a kilogramos.

$$7257.6\ \text{g}\left(\frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}\right) = 7.2576\ \text{kg}$$

Y ahora si procedemos a usar la ecuación (8) para obtener el momento en $\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$:

$$\rho = m \cdot v = (7.2576\ \text{kg})\left(15\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 108.9\ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tu calculadora científica puede realizar la operación en un solo paso como se muestra a continuación, y te sugerimos realizar la reflexión de que el resultado es el mismo si lo haces paso a paso

$$\rho = \text{m} \cdot \text{v} = (16.0\ \text{lb})\left(\frac{453.6\ \text{g}}{1\ \text{lb}}\right)\left(\frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}\right)\left(15\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$\rho = 108.9\ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ejemplo 9.

b. El valor de la energía cinética de esta bola de boliche se obtiene a partir de la ecuación (9):

$$E_c = \frac{\rho^2}{2m} = \frac{\left(108.9\,\text{kg}\cdot\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2(7.2576\,\text{kg})} = 816.5\,\text{J}$$

Es importante mencionar que este mismo resultado se debe obtener a partir del uso de la ecuación (4).

Ejemplo 10.

Imagina que estás jugando en una mesa de billar. Una de las bolas, que llamaremos bola 1, tiene una masa de $0.5\ \text{kg}$ y se mueve a una velocidad de $4.0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ hacia la derecha. La bola 1 choca de manera elástica con la bola 2, que está en reposo (sin moverse) y tiene una masa de $0.3\ \text{kg}$. El impacto es tal que la bola 1 después del choque queda en reposo, ¿cuál es la velocidad final de la bola 2?

Solución:

- Para la resolución de este problema debemos considerar la ecuación (10), e identificar los datos, antes del choque se tiene que $m_1 = 0.5\ \text{kg}$, $v_{1,i} = 4.0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $m_2 = 0.3\ \text{kg}$, $v_{2,i} = 0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, después del choque los valores de masa de las bolas no cambia pero sus velocidades sí, de modo que como se describe la $v_{1,f} = 0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$, mientras que el dato que nos solicita el problema es la velocidad final de la bola 2, de modo que considerando la ecuación (8), despejamos a la $v_{2,f}$:

- Considerando que el valor de las masas está expresado en kg y el de las velocidades en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$, en la sustitución de ecuación despejada mostrada arriba se omitirán las unidades en cada valor:

$$v_{2f} = \frac{(0.5)(4.0)+(0.3)(0)-(0.5)(0)}{0.3}$$

$$v_{2f} = 6.6\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Como lo podemos apreciar, la velocidad de la bola 2 aumenta desde 0 hasta $6.6\ \text{m/s}$, que es un valor mayor que el que poseía la bola 1.

Ejemplo 11.

Una camioneta con masa de $1.80 \times 10^3\ \text{kg}$ se mueve con una velocidad de $15.0\ \text{m/s}$, mientras que un automóvil compacto con masa de $9.00 \times 10^2\ \text{kg}$ se desplaza en sentido contrario con una velocidad de $15.0\ \text{m/s}$. Ambos vehículos chocan de frente y quedan entrelazados después del impacto.

a) Encuentra la velocidad de los vehículos después del choque.
b) Determina el cambio en la velocidad de cada vehículo.

Ejemplo 11.

Solución:

a. Como se menciona, los dos vehículos chocan de frente y quedan unidos, moviéndose así en la misma dirección e igual velocidad después del choque. Para determinar esta velocidad, primero debemos identificar los datos proporcionados en el problema. En esta solución, debemos considerar que la camioneta es el objeto 1 y el automóvil el objeto 2. De este modo, tenemos los siguientes valores:

$$m_1 = 1.8 \times 10^3\ \text{kg},\ v_{1,i} = 15.0\ \text{m/s},\quad m_2 = 9.00 \times 10^2\ \text{kg},\ v_{2,i} = -15\ \text{m/s}$$

- En este caso, hemos asignado un signo negativo a la velocidad del automóvil pues se mueve en dirección opuesta. Es decir, al usar la ecuación (11), y despejar de ella a la velocidad final se tiene:

$$m_1 \cdot v_{1,i} + m_2 \cdot v_{2,i} = m_1 \cdot v_{1,f} + m_2 \cdot v_{2,f} \longrightarrow v_{2,f} = \frac{m_1 \cdot v_{1,i} + m_2 \cdot v_{2,i} - m_1 \cdot v_{1,f}}{m_2}$$

- Dado que las masas están expresadas en kg y las velocidades en m/s, omitiremos temporalmente las unidades al sustituir los valores en la ecuación correspondiente, con el fin de mantener la claridad en los cálculos.

$$v_f = \frac{(1.8 \times 10^3)(15.0) + (9.00 \times 10^2)(-15.0)}{(1.8 \times 10^3 + 9.00 \times 10^2)}$$

$$v_f = 5.0\ \text{m/s}$$

- El valor de la velocidad es final y como lo podemos advertir, el movimiento de los vehículos entrelazados será en el mismo sentido en que se movía inicialmente la camioneta.

b. El cambio en la velocidad para cada vehículo lo podremos determinar de la siguiente forma:

- Para la camioneta: $v_f - v_{1,i} = 5.0\ \text{m/s} - 15.0\ \text{m/s} = -10.0\ \text{m/s}$
- Para el automóvil: $v_f - v_{2,i} = 5.0\ \text{m/s} - (-15.0\ \text{m/s}) = 20.0\ \text{m/s}$



Actividad 4.

Colisiones
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, ten cerca tu calculadora.

1.4 Energía y sus manifestaciones

Sabías que... Aunque la energía solar es una de las fuentes de energía renovable más conocidas y utilizadas en el mundo, se estima que la cantidad de energía solar que llega a la Tierra en una hora es suficiente para cubrir las necesidades energéticas de toda la población mundial durante un año. Esto resalta el enorme potencial de la energía solar como alternativa sostenible, especialmente en países como México, que cuenta con abundante luz solar a lo largo del año. Además, la energía solar se puede manifestar no solo en la generación de electricidad, también en aplicaciones como la calefacción de agua y el secado de productos agrícolas.

Figura 18. Energía solar en México



Nota. Fuente: Shutterstock.com

1.4.1 Tipos de energía

A lo largo de la historia, el ser humano ha utilizado distintas formas de energía para realizar sus actividades cotidianas y avanzar en su desarrollo. En el diseño de espacios habitables, el uso de ciertas fuentes de energía es esencial para el progreso. La energía, definida como la capacidad de realizar un trabajo, permite generar movimiento, esfuerzo físico o cambios materiales, y se presenta en diversas formas como térmica, eléctrica, mecánica y potencial. Aunque son fundamentales para nuestra vida, no todas tienen el mismo impacto; mientras que los combustibles fósiles son limitados y dañinos para el medio ambiente, las energías sustentables como la solar y la eólica son inagotables y respetuosas con el planeta. En esta lección, exploraremos los diferentes tipos de energía y su importancia para tomar decisiones responsables sobre su uso.

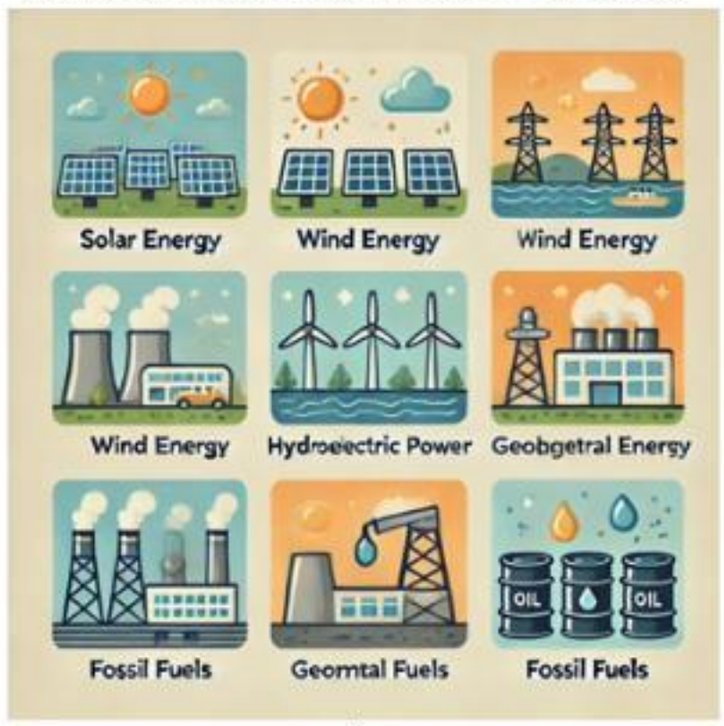
1.4.1.1 Energía térmica

La **energía térmica** proviene del movimiento de las partículas dentro de una sustancia. Cuando estas se mueven más rápido, la temperatura de la sustancia aumenta, lo que significa que tiene más energía térmica; esta se transfiere entre cuerpos a través del calor, desde aquellos que tienen mayor temperatura hasta los que tienen menor. Ejemplos de energía térmica incluyen el calor producido por el sol, el fuego, los motores y los sistemas de calefacción. Una ventaja de la energía térmica es que puede aprovecharse fácilmente para generar electricidad o calefacción. Sin embargo, su desventaja radica en que, en muchos casos, su producción implica el uso de combustibles fósiles, lo que contribuye a la contaminación y el calentamiento global.

1.4.1.2 Energía química

La **energía química** se genera a partir de una reacción química, esto ocurre cuando se rompen o forman enlaces entre átomos y moléculas. Al romperse los enlaces, se libera energía, y al formarse, se absorbe, transformando las sustancias originales en otras con propiedades diferentes. Ejemplos de este tipo de energía incluyen la combustión del carbón, la leña y el petróleo, y procesos como la fotosíntesis y el catabolismo de alimentos. Una ventaja de la energía química es que puede producirse en grandes cantidades, pero su desventaja radica en los residuos generados, que a menudo son contaminantes.

Figura 19. Algunas manifestaciones de la energía



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Figura 20. Representación de la energía en una reacción química



Nota. Fuente: Shutterstock.com

1.4.1.3 Energía radiante

La energía radiante es la forma de energía que se transmite mediante ondas electromagnéticas. Esta categoría de energía abarca diversas longitudes de onda, incluyendo la luz visible, los rayos ultravioleta, los infrarrojos, las microondas y las ondas de radio; se propaga tanto en el vacío como a través de materiales como el aire y el agua.

Un ejemplo conocido de energía radiante es la luz solar, que emite una mezcla de diferentes longitudes de onda que se pueden utilizar para diversas aplicaciones, como la fotosíntesis en las plantas y la generación de energía solar mediante paneles fotovoltaicos. La energía radiante es esencial en la naturaleza y desempeña un papel vital en múltiples procesos, incluyendo el calentamiento del planeta y la transmisión de información a través de tecnologías de comunicación.

Figura 21. Ejemplo de energía radiante



Nota. Fuente: Shutterstock.com

1.4.1.4 Energía eléctrica

La energía eléctrica se genera por el movimiento de electrones a través de un material, generalmente un buen conductor como los metales. La carga eléctrica de cualquier partícula cargada se mide en Coulomb (C). Los electrones se desplazan desde un polo negativo, que tiene un exceso de electrones, hacia un polo positivo, carente de ellos, ya que las cargas eléctricas opuestas buscan equilibrarse. Este esfuerzo de compensación se conoce como tensión eléctrica y se mide en Volts (V). El flujo de electrones por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de electrones que pasan en un segundo se mide en Ampere (A), lo que equivale a 1 C/s. Este flujo se denomina intensidad eléctrica y se representa con la letra I . Un Coulomb es igual a 6.25×10^{18} electrones viajando durante $1s$. De aquí proviene el término corriente eléctrica. La potencia eléctrica, que se mide en Watts (W), se calcula multiplicando la tensión (V) por la corriente (I), según la fórmula:

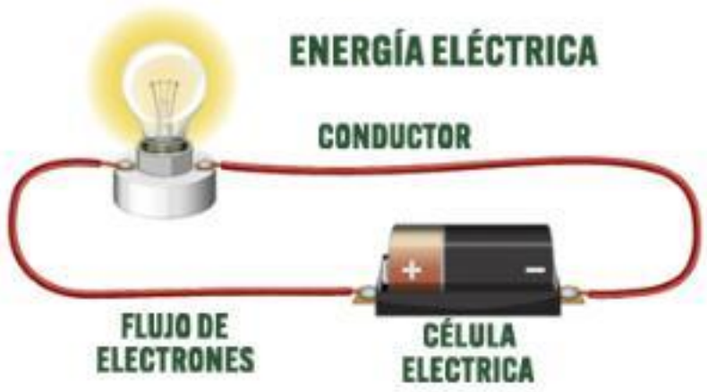
$$P = V \cdot I \tag{12}$$

Donde:

- P es la potencia en W,
- V es el voltaje en V,
- I es la corriente eléctrica o intensidad en A.

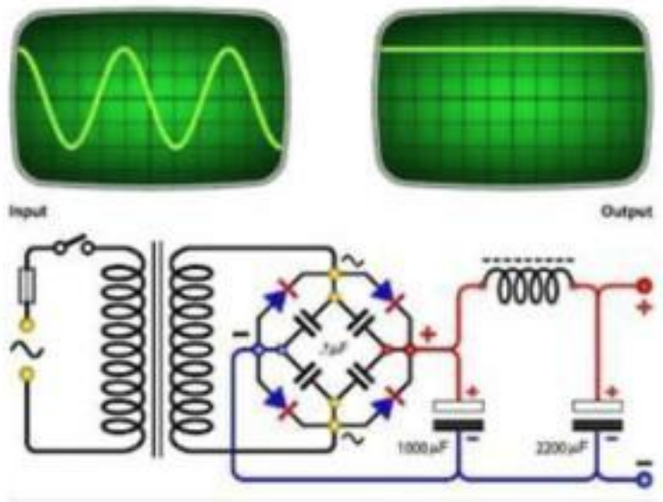
La **energía eléctrica** es una de las formas de energía más comunes en la vida cotidiana, ya que puede transformarse fácilmente en otros tipos de energía para diversas actividades humanas. Existen dos tipos de corriente eléctrica: la corriente continua (CC) y la corriente alterna (CA). La primera se caracteriza por mantener una intensidad y voltaje constantes, y la polaridad del voltaje no cambia. Este tipo de corriente se encuentra en baterías o celdas fotovoltaicas. La segunda varía cíclicamente tanto en su voltaje e intensidad como en la dirección de los polos. Es la más utilizada, ya que se distribuye de manera más eficiente y generalmente llega a los puntos de consumo como tableros eléctricos y enchufes. Por ello, la mayoría de los aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna.

Figura 22. Circuito en que se manifiesta la energía eléctrica



Nota. Fuente: https://www.freepik.es/experimento-cientifico-circuito-electrico_13635247.htm#fromView=image_search&page=1&position=28&uuid=c280c7f3-f3dd-4a84-82cc-758adceca990

Figura 23. Tipos de corrientes eléctricas, alterna y directa



Nota. Fuente: Shutterstock.com

1.4.1.5 Energía nuclear

La energía nuclear es la energía que mantiene unidos a los neutrones y protones de un átomo; puede liberarse cuando un núcleo se divide, ya que la

Figura 24. Proceso de la energía nuclear



Nota. Fuente: https://www.freepik.es/vector-gratis/vector-generacion-electricidad-nuclear_39326076.htm#fromView=search&page=4&position=19&uuid=e6356979-8ce0-489b-a988-5a03870d92c6

fuerza nuclear se debilita, provocando una reacción llamada **fisión,** y los dos núcleos se dividen, provocando una reacción de desintegración.

1.4.1.6 Energía geotérmica

La energía geotérmica es una forma de energía renovable que se obtiene del calor que se encuentra en el interior de la Tierra. Este calor puede tener diversas fuentes, como la descomposición de materiales radiactivos, la actividad volcánica o el calor residual de la formación del planeta; se puede utilizar en diferentes aplicaciones, como la generación de electricidad, la calefacción de edificios y el calentamiento de agua. A través de sistemas geotérmicos, se extrae el calor de fuentes subterráneas, como manantiales, vapor o rocas calientes, y se transforma en energía aprovechable. Esta fuente de energía es considerada sostenible, ya que su utilización no agota los recursos terrestres y tiene un impacto ambiental mínimo.

Figura 25. Proceso de la energía geotérmica



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.



Actividad 5.

Energía y sus manifestaciones

Instrucciones:

Con base en lo que se ha revisado acerca de las manifestaciones de la energía, contesta las preguntas que encontrarás en el documento que puedes descargar dando clic aquí. Comenta tus respuestas en clase.

1.5 Calor y transferencia de energía

Cuando cae un rayo, en cuestión de milisegundos se produce una **transferencia de energía eléctrica** hacia el suelo. La energía que se libera en un solo rayo puede llegar a ser de aproximadamente **cinco mil millones de Joules,** lo que es suficiente para encender una bombilla de 100 W durante más de 578 días seguidos. Esta energía genera mucho calor, haciendo que el aire a su alrededor se expanda rápidamente, lo que causa el sonido del trueno.

Este fenómeno es un ejemplo espectacular de cómo la energía puede moverse rápidamente en la naturaleza, mostrando la increíble capacidad de los sistemas físicos para transferir energía de una forma a otra.

La energía es la capacidad de cambiar un sistema y puede transferirse a un objeto de manera mecánica cuando una fuerza actúa sobre él. La energía que se transfiere a un objeto al aplicar una fuerza a lo largo de una distancia se llama trabajo. Por eso, cuando un objeto realiza trabajo, está entregando una cantidad de energía igual al trabajo hecho. Dado que los cambios pueden suceder de varias maneras, la energía se manifiesta de diferentes formas. Todas estas formas, incluido el trabajo, se miden en Joules y son cantidades escalares. Un objeto puede realizar trabajo si tiene energía.

Figura 26. Rayo en una tormenta eléctrica



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

1.5.1 Calor y temperatura

En física, calor siempre se refiere a transferencia de energía de un cuerpo o sistema a otro, a causa de una diferencia de temperatura, no a la cantidad de energía contenida en un sistema dado.

Por ejemplo, en uno de tus días de estudio, imagina una taza de café caliente dentro de una habitación fría donde hay una mesa. Si colocas la taza en la mesa, el calor se transferirá desde el café caliente hacia el aire más frío de la habitación hasta que ambos alcancen una temperatura equilibrada. Durante este proceso, el calor se está moviendo del café a la habitación, pero no estamos hablando de cuánta energía tiene el café en sí, sino de la energía que está fluyendo de él.

El calor es simplemente otra forma de transferencia de energía que puede medirse únicamente en términos del efecto que produce. Esto significa que no medimos el calor respecto a "cuánto calor hay" en un objeto, sino más bien en cuanto a cómo ese calor afecta a otros cuerpos, por ejemplo, el aumento de **temperatura** de un líquido o la expansión de un gas.

Figura 27. Ejemplo de transferencia de calor



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Unidad de medida del calor

Podemos medir el calor usando el cambio de temperatura de un material. **La caloría** se define como la cantidad de calor necesaria para subir la temperatura de un gramo de agua de 14.5 °C a 15.5 °C.

También se usa la **kilocaloría** (kcal), que es igual a 1000 cal. Cuando hablamos de calorías en alimentos, nos estamos refiriendo a kilocalorías.

Como se ha visto, otra unidad de medida para el calor es la **unidad térmica británica** (BTU), que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en 1°F, es decir, de 63 °F a 64 °F.

Como el calor es una forma de energía, hay una relación entre estas unidades de calor y otras unidades de energía que conocemos, como el Joule. Con la finalidad de tenerlas presentes, nuevamente te presentamos las equivalencias entre las diferentes unidades de energía:

$$1\ \text{cal} = 4.184\ \text{J}$$
$$1\ \text{BTU} = 1055.06\ \text{J}$$
$$1\ \text{kcal} = 1000\ \text{cal} = 4184\ \text{J}$$

Ejemplo 12.

Un grupo de amigos decide hacer ejercicio después de una tarde comiendo pizza y refrescos. Cada uno consumió 600 kcal de más y quieren compensarlo realizando una cantidad equivalente de trabajo subiendo una colina. Si cada persona tiene una masa de 65.0 kg, ¿qué altura total de la colina debe subir cada uno para quemar las calorías extra?

Solución:

Utilizando el tema de conversión de unidades visto en el tema 1.1 y utilizando factor unitario tenemos que las 600 kcal en Joules:

$$\left(\frac{600\ \cancel{\text{kcal}}}{1}\right)\left(\frac{4184\ \text{J}}{1\ \cancel{\text{kcal}}}\right) = 2.51 \times 10^6\ \text{J}$$

En el tema **1.2.1.2** acerca de energía potencial se hace referencia a la capacidad de realizar trabajo en función de una posición (la altura de la colina), por lo que el trabajo necesario para subir una altura vertical h está dado por $W = m \cdot g \cdot h$. De tal manera que, despejando h, y sustituyendo los valores se tiene:

$$h = \frac{W}{mg} = \frac{2.51 \times 10^6\ \text{J}}{(65\ \text{kg})(9.81\ \text{m/s}^2)} = 3936.3\ \text{m}$$

1.5.2 Formas de transferencia de calor

El calor se entiende como una forma de energía que se encuentra en movimiento. Cada vez que existe una diferencia de temperatura entre dos objetos o entre distintas zonas de un mismo objeto, se dice que el calor se transfiere desde la región de mayor temperatura hacia la de menor temperatura. Este proceso de **intercambio térmico** ocurre principalmente a través de tres mecanismos: conducción, convección y radiación.

1.5.2.1 Conducción

Imagina que tienes una varilla de cobre. Si la sostienes por un extremo y calientas el otro con una flama, el que mantienes en tus manos se calienta también, aunque no esté en la flama. Esto sucede porque el calor se mueve a través de la varilla, en un proceso llamado conducción.

Definición

Conducción: Es el proceso de transferencia de energía térmica a lo largo de un material mediante colisiones de sus moléculas adyacentes.

En términos sencillos, cuando calientas un extremo, los **átomos** en esa parte se mueven más rápido porque tienen más energía. Estos átomos "chocan" con los átomos que están más fríos y les transmiten un poco de su energía. Así, el calor se pasa de un átomo a otro, viajando a lo largo de la varilla, pero los átomos en sí no se mueven de un lugar a otro; solo su energía se desplaza.

Figura 28. Ejemplo de la transferencia de calor por **conducción**



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

1.5.2.2 Convección

A diferencia de la conducción, donde el calor se transfiere de molécula a molécula sin que el material se desplace, la convección implica el movimiento real de la masa del fluido.

Definición

Convección: es el proceso de transferencia de calor que ocurre a través del movimiento real de la masa de un fluido, ya sea un gas o un líquido.

Un ejemplo cotidiano de convección se observa cuando calientas tus manos sobre una llama. El aire que está directamente sobre la llama se calienta y se expande, lo que disminuye su **densidad.** Como resultado, el aire caliente asciende y transfiere calor conforme sube. Este fenómeno se debe al hecho de que las masas de aire en movimiento transportan energía térmica desde la fuente de calor hacia las zonas más frías.

Este tipo de transferencia es fundamental en muchos sistemas, como los que se usan para calentar y enfriar la mayoría de las casas. Las corrientes de convección permiten que el aire caliente suba y el aire frío descienda, distribuyendo el calor de manera eficiente a lo largo de un espacio.

Figura 29. Ejemplo de la transferencia de calor por **convección**

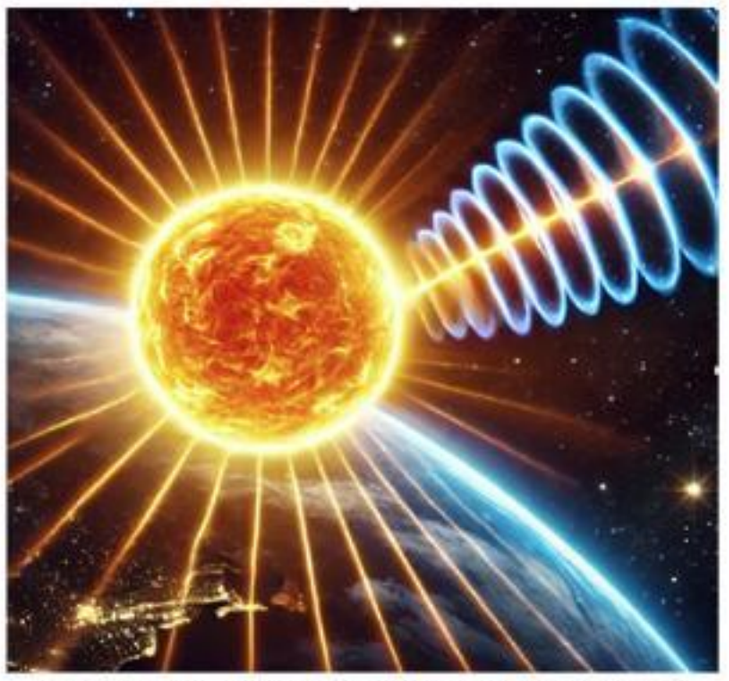


Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

1.5.2.2 Radiación

Un ejemplo claro de radiación es la energía térmica que llega a la Tierra desde el Sol. Dado que entre el Sol y nuestro planeta no hay aire ni otra sustancia que permita la conducción o la convección, toda esa energía se transfiere a través de la **radiación electromagnética.** La mayor parte del calor que recibimos en la Tierra proviene de este proceso.

Figura 30. Ejemplo de la transferencia de calor por **radiación**



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Definición

Radiación: Es un proceso de transferencia de calor que ocurre mediante la emisión o absorción de ondas electromagnéticas

Estas ondas, que se originan a nivel atómico, viajan a la **velocidad de la luz** (aproximadamente $3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) y no necesitan un medio material para propagarse, lo que las diferencia de métodos de transferencia de calor como la conducción y la convección.

DIRECCIÓN DE PUBLICACIONES UNIVERSITARIAS
Editorial de la Universidad Autónoma del Estado de México

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales
Carlos Eduardo Barrera Díaz
Rector

Doctora en Humanidades
María de las Mercedes Portilla Luja
Secretaria de Difusión Cultural

Doctor en Administración
Jorge Eduardo Robles Alvarez
Director de Publicaciones Universitarias

Doctora en Investigación Educativa
Eva Lilia García Escobar
Directora de Estudios de Nivel Medio Superior

Maestro en Tecnología Educativa
Alberto Torres Gutiérrez
Director de Educación Continua y Digital

Todos los objetos emiten energía en forma de radiación térmica debido a las vibraciones térmicas de sus moléculas. Un ejemplo cotidiano de este tipo de radiación es el brillo anaranjado que se observa en los quemadores de una estufa eléctrica, en un calentador o en las bobinas de un tostador. Sin embargo, cuando hay un medio material presente, la transferencia de calor por radiación suele ser mucho menor en comparación con la que ocurre por conducción o convección.

1.6 Transferencia de calor entre dos sistemas

Hoy, todos estamos familiarizados con el calor. Percibimos el calor del sol en verano, el vapor que sube de una taza de chocolate caliente, y cómo nuestro sudor nos refresca. Cuando sentimos calor, se debe a que está transfiriendo energía a nuestro cuerpo; cuando sentimos frío, el calor transfiere energía fuera de nuestro cuerpo. Esta acción es el movimiento de la energía térmica de un lugar o material a otro; esto ocurre debido a las diferencias de temperatura. Por ejemplo, gran parte de nuestro clima se debe a que la Tierra busca equilibrar la temperatura a lo largo del planeta, lo cual provoca vientos y tormentas fuertes, impulsados por el calor que transfiere energía desde el Ecuador hacia los polos fríos.

El estudio del calor y su transferencia es fundamental en la física, ya que nos permite entender cómo la energía térmica fluye entre distintos cuerpos y materiales.

1.6.1 Calor específico

Imagina estar en la cocina y, por accidente, te quemas. Ahora, te enfrentas a una pregunta interesante: **¿qué preferirías que te quemara, una gota de agua hirviendo o una gota de aceite caliente?** Aunque ambos están a una temperatura alta, la sensación y el daño que podrían causar son muy diferentes.

Esta diferencia está relacionada con una propiedad fundamental de las sustancias: el **calor específico,** medida que nos indica cuánta energía necesita una sustancia para aumentar su temperatura. En otras palabras, no todas las sustancias se calientan o enfrían de la misma manera ni a igual velocidad. Por ejemplo, el agua tiene un calor específico relativamente alto, es decir, puede absorber una gran cantidad de energía antes de que su temperatura aumente de manera significativa. Esto permite que el agua mantenga estable la temperatura de nuestro cuerpo y la del medio ambiente. En cambio, el aceite tiene un calor específico menor que el agua, o sea, se calienta y enfría más rápido, lo que puede provocar una quemadura más intensa, aun cuando las temperaturas sean similares.

En este tema, exploraremos en detalle qué es el calor específico, cómo afecta a diferentes materiales y por qué esta propiedad es crucial en diversas aplicaciones de la vida diaria. Desde la forma en que el océano regula el clima

Figura 31. La sensación térmica de dos líquidos distintos es debida a su calor específico



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

hasta por qué ciertos materiales son mejores para cocinar o para evitar quemaduras, el calor específico juega un papel esencial.

La **cantidad de calor,** Q, necesaria para hacer variar la temperatura de un sistema es directamente proporcional a la masa m de este sistema y al cambio de temperatura que experimenta, a menudo este cambio puede expresarse como $\Delta T = (T_f - T_i)$. La relación matemática que resume el enunciado anterior es:

$$Q = m\, C_e\, (T_f - T_i) \tag{13}$$

Donde:

- Q es el calor transferido por o sobre el sistema en J,
- m es la masa del sistema en g o en kg,
- C_e es llamado calor específico y tienen unidades de $\mathrm{J/(kg \cdot °C)}$ o de $\mathrm{cal/(kg \cdot °C)}$,
- T_i es la temperatura inicial del sistema en $°\mathrm{C}$,
- T_f es la temperatura final del sistema en $°\mathrm{C}$.

El calor específico (C_e) es una cantidad característica de la sustancia en cuestión y de su estado de agregación, y se define como:

Definición

Calor específico (C_e) es la capacidad térmica de la sustancia por unidad de masa. Esto significa también la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de un gramo de sustancia en $1\ °\mathrm{C}$.

Algunos valores de calor específico para diversas sustancias se muestran en la tabla 5. Observa que los valores pueden expresarse en unidades de $\mathrm{J/(kg \cdot °C)}$ o en unidades de $\mathrm{cal/(g \cdot °C)}$

Tabla 5. Calores específicos para algunas sustancias a la presión atmosférica

Sustancia	Calor específico, C_e		Sustancia	Calor específico, C_e	
	$\mathrm{J/(kg \cdot °C)}$	$\mathrm{cal/(g \cdot °C)}$		$\mathrm{J/(kg \cdot °C)}$	$\mathrm{cal/(g \cdot °C)}$
Sólidos elementales			*Otros elementos*		
Aluminio	900	0.215	Hielo(-5°C)	2090	0.500
Cobre	387	0.092	Agua (15°C)	4 186	1.00
Oro	129	0.030	Vapor (100°C)	2 010	0.480
Hierro	448	0.107	Madera	1700	0.41
Plomo	128	0.030	Alcohol (etílico)	2 400	0.581
Plata	234	0.056	Mercurio	140	0.033
Latón	390	0.094	Estaño	227	0.054
Vidrio	840	0.200	Acero	480	0.114

Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Calores específicos para algunas sustancias a la presión atmosférica].

Ejemplo 13.

Imagínate trabajando en un taller de herrería donde uno de los materiales más importantes que utilizas es el cobre. Te encuentras con un bloque sólido de $15.0\ \text{kg}$ de cobre que ha estado a temperatura ambiente, es decir, a $25\ °\text{C}$.

Un cliente ha hecho un pedido especial y necesitas calentar este bloque de cobre hasta $100\ °\text{C}$ para poder moldearlo adecuadamente en la fragua. Sabes que el calor específico del cobre es $0.092\ \text{cal/(g} \cdot °\text{C)}$. El reto: Tu jefe te pregunta: ¿Cuánto calor (en calorias) necesitas suministrar a ese bloque para que alcance la temperatura deseada?

Como buen aprendiz, tienes que calcularlo para que puedas usar la energía justa en el proceso, sin desperdiciar recursos ni dañar el bloque.

Solución

- Lo primero que debemos realizar es la conversión de los $15.0\ \text{kg}$ a g debido a que el calor específico está expresado como $0.092\ \text{cal/(g} \cdot °\text{C)}$, este dato exige que la masa que se sustituya en la ecuación (13) esté expresada en gramos:

$$15.0\ \text{kg}\left(\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\right) = 15000\ \text{g} = 1.50 \times 10^4\ \text{g}$$

- Una vez que se tienen la conversión y considerando los datos que nos proporciona el problema, $T_i = 25\ °\text{C}$ y $T_f = 100\ °\text{C}$, procedemos a sustituir los valores en la ecuación (13):

$$Q = m\ C_e\ (T_f - T_i)$$

$$Q = (1.50 \times 10^4\ \text{g})\left(0.092 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot {}^\circ\text{C}}\right)(100\ {}^\circ\text{C} - 25\ {}^\circ\text{C})$$

$$Q = 15000(0.092)(75)$$

$$Q = 103500\ \text{cal} = 1.04 \times 10^5\ \text{cal}$$

Figura 32. Energía requerida para forjar el cobre



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

El calor específico, de igual forma representa la cantidad de energía Q que se necesita transferir a una muestra de masa "m" para que su temperatura cambie en una cantidad $\Delta T = (T_f - T_i)$. De forma matemática se define como:

$$C_e = \frac{Q}{m(T_f - T_i)} \qquad (14)$$

Ejemplo 14.

Imagina ahora estar en el laboratorio de física de tu escuela, y tu maestro te ha dado una barra metálica misteriosa. Tu misión es averiguar de qué material está hecha. Para resolver este encargo, necesitas realizar algunos experimentos.

El primer paso es calentar la barra y medir cuánta energía se absorbe. Al hacer el experimento, descubres que: Al absorber $1.23\ \text{kJ}$ de energía por calor, la temperatura de la barra aumenta en $10.0\ °\text{C}$. Posteriormente, usando una balanza granataria determinas que la masa de la barra es de $525.0\ \text{g}$.

Tu tarea es calcular el calor específico del material en $\text{cal}/(\text{g}\cdot °\text{C})$, para intentar identificar de qué material podría estar hecha la barra.

Solución

• Primero realizamos la conversión de los kJ a cal

$$(1.23\ \text{kJ})\left(\frac{1000\ \text{J}}{1\ \text{kJ}}\right)\left(\frac{1\ \text{cal}}{4.184\ \text{J}}\right)=294\ \text{cal}$$

• Sustituyendo los datos en la siguiente ecuación (11), tenemos:

$$C_e=\frac{294\ \text{cal}}{(525\ \text{g})(10\ °\text{C})}$$

$$C_e=0.056\ \frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot °\text{C}}$$

• Revisando los datos de la **tabla 5** podemos observar que la barra es de plata.

1.6.2 Ley de intercambio de calor

Una manera de medir el calor específico de un sólido o líquido consiste en calentar la sustancia hasta cierta temperatura y después colocarla en un recipiente con agua fría, cuya masa y temperatura iniciales son conocidas. Posteriormente, se mide la temperatura de la mezcla una vez que se alcanza el **equilibrio térmico.** El sistema se define como la sustancia y el agua, y si se asume que el recipiente es un buen aislante, de modo que no haya pérdida de energía hacia el exterior, se considera que el sistema está aislado. Estos recipientes, llamados calorímetros, permiten realizar análisis conocidos como **calorimetría.**

El principio de conservación de la energía en un **sistema aislado** establece que la suma neta de todas las transferencias de energía es cero. Si una parte del sistema pierde energía, otra parte la debe ganar, ya que la energía no puede salir del sistema. Cuando un objeto caliente se introduce en agua fría dentro de un calorímetro, el objeto se enfría mientras el agua se calienta. Este proceso se expresa como:

$$Q_{frio}=-Q_{caliente} \tag{12}$$

Aquí, $Q_{frío}$ es positivo porque la energía fluye hacia los objetos más fríos, y $Q_{caliente}$ es negativo porque la energía se transfiere desde el objeto caliente. El signo negativo en la ecuación asegura que ambas energías tengan un valor positivo y consistente. Esta ecuación solo es válida cuando

el sistema es completamente aislado. Una versión extendida de la ecuación (12) implica sustituir para cada objeto la masa, el calor específico y las temperaturas iniciales respectivas, además de la temperatura de equilibrio T_{eq} temperatura que los dos objetos alcanzan una vez que ha cesado la transferencia de calor, es decir:

$$m_f \cdot C_{e,f}(T_{eq} - T_{i,f}) = -m_c \cdot C_{e,c}(T_{eq} - T_{i,c}) \qquad (13)$$

Donde:

- m_f es la masa del cuerpo frío en g,
- $C_{e,f}$ es el calor específico del cuerpo frío en $\mathrm{J/(kg \cdot °C)}$ ó $\mathrm{cal/(g \cdot °C)}$,
- $T_{i,f}$ es la temperatura inicial del cuerpo frío en °C,
- m_c es la masa del cuerpo caliente en g,
- $C_{e,c}$ es el calor específico del cuerpo caliente en $\mathrm{J/(kg \cdot °C)}$ ó $\mathrm{cal/(g \cdot °C)}$,
- $T_{i,c}$ es la temperatura inicial del cuerpo caliente en °C,
- T_{eq} es la temperatura de equilibrio en °C.

Ejemplo 15.

Ahora eres un joven científico y estás trabajando en el laboratorio con un equipo de calorimetría. Tu objetivo es identificar un metal, para ti, extraño. A fin de lograrlo, decides utilizar un bloque de metal desconocido y medir su calor específico.

Esto es lo que sabes:

- **Tienes un bloque de metal de $0.065\ \mathrm{kg}$ que ha sido calentado hasta $180.0\ °C$.**
- **Lo colocas en un calorímetro que contiene $0.500\ \mathrm{kg}$ de agua a una temperatura inicial de $25.0°C$.**
- **Después de unos minutos, el sistema alcanza una temperatura final de equilibrio de $27.8°C$.**

Tu misión es determinar el calor específico del metal utilizando el principio de conservación de la energía.

Figura 33. Representación de un calorímetro de inmersión



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Solución:

- En este problema se da a conocer que el metal se ha calentado hasta $180.0\ °C$, mientras que el agua inicialmente se encuentra a $25.0\ °C$, de modo que el cuerpo caliente es el metal y el cuerpo frío el agua; de acuerdo con la ecuación (15), establecemos que:

$$Q_{agua} = -Q_{metal}$$

- También se proporciona las masas correspondientes, $m_{agua} = 0.500\ \mathrm{kg} = 500\ \mathrm{g}$ y $m_{metal} = 0.065\ \mathrm{kg} = 65.0\ \mathrm{g}$, y de igual manera las temperaturas iniciales, $T_{i,agua} = 25.0\ °C$ y $T_{i,metal} = 180.0\ °C$, lo mismo que la temperatura de equilibrio, $T_{eq} = 27.8°C$. Al sustituir estos valores en la ecuación (15):

$$m_{agua} \cdot C_{e,agua}(T_{eq} - T_{i,agua}) = -m_{metal} \cdot C_{e,metal}(T_{eq} - T_{i,metal})$$

$$(500\ \mathrm{g})\left(1\frac{\mathrm{cal}}{\mathrm{g} \cdot °C}\right)(27.8°C - 25.0°C) = -(65\ \mathrm{g})(C_{e,metal})(27.8°C - 180°C)$$

- Al resolver la expresión para el $C_{e,metal}$ se obtiene:

Ejemplo 15.

$$C_{e,metal} = \frac{(500\,\text{g})\left(1\,\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot{}^\circ\text{C}}\right)(27.8\,^\circ\text{C} - 25.0\,^\circ\text{C})}{(500\,\text{g})(27.8\,^\circ\text{C} - 180\,^\circ\text{C})}$$

$$C_e = 0.141\,\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot{}^\circ\text{C}}$$

- De modo que el calor específico del metal es $0.141\ \text{cal}/(\text{g}\cdot{}^\circ\text{C})$.

Ejemplo 16.

Eres el encargado de preparar el té en una cafetería, y te enfrentas a un desafío. Un cliente ha pedido su bebida a la temperatura perfecta, no quiere que esté ni muy caliente ni demasiado frío. Tienes a tu disposición:

- **$200\ \text{g}$ de té recién preparado, a una temperatura de $95\ ^\circ\text{C}$.**
- **Un vaso de vidrio de $150\ \text{g}$, a $25.0\ ^\circ\text{C}$ pues ha estado reposando a temperatura ambiente.**

El cliente no quiere esperar a que el té se enfríe demasiado. Necesitas calcular rápidamente cuál será la temperatura final del té y el vaso cuando ambos alcancen el equilibrio térmico.

El reto: Suponiendo que no hay pérdidas de calor hacia los alrededores, ¿puedes determinar la temperatura final de la mezcla para que el cliente pueda disfrutar de su bebida a temperatura perfecta?

Solución:

- Debido a que el té es mayoritariamente en agua, su calor especifico se considera $1\text{cal}/(\text{g}\cdot{}^\circ\text{C})$.
- Por otro lado, identificamos cuál es el objeto caliente y cuál el frio, $Q_{vaso} = Q_f$ y $Q_{té} = Q_c$
- El problema nos proporciona los siguientes datos:

$$m_{vaso} = 150\ \text{g}, \quad T_{i,vaso} = 25.0\ ^\circ\text{C}, \quad T_{i,té} = 95.0\ ^\circ\text{C}, \quad m_{té} = 200\text{g}$$

- De la tabla 5 recuperamos el calor específico del vaso de vidrio, $C_{e,vaso} = 0.200\ \text{cal}/(\text{g}\cdot{}^\circ\text{C})$
- Aplicando la ecuación (15):

$$m_{vaso}\,C_{e,vaso}\,(T_{eq} - T_{i,vaso}) = -\,m_{té}\,C_{e,té}\,(T_{eq} - T_{i,té})$$

- Donde T_{eq} es la temperatura de equilibrio. Al sustituir los valores correspondientes y ocultando las unidades para mayor claridad, se tiene:

$$150\,(.20)(T_{eq} - 25) = -\,200(1)(T_{eq} - 95)$$

$$(30)(T_{eq} - 25) = -\,200(T_{eq} - 95)$$

Figura 33. Representación de un calorímetro de inmersión



Nota. Fuente: Elaboración propia con inteligencia artificial.

Ejemplo 16.

$$30T_{eq} - 750 = -200T_{eq} + 19000$$

$$30T_{eq} + 200\,T_{eq} = 19000 + 750$$

$$230\,T_{eq} = 19750$$

$$T_f = \frac{19750}{230}$$

$$T_f = 86\ °C$$

- De modo que la temperatura de equilibrio es $86.0\ °C$.

En este primer módulo, hemos explorado los fundamentos de la energía y su transferencia a través de distintos sistemas físicos, haciendo énfasis en la importancia de las unidades, conversiones y propiedades termodinámicas esenciales, como el calor específico. Estos conceptos son base sobre la cual construiremos el entendimiento de fenómenos más complejos en los siguientes capítulos. Es crucial recordar que la energía no solo se manifiesta de diversas formas, sino que también nos rodea en nuestra vida cotidiana, influyendo desde el funcionamiento de nuestros electrodomésticos hasta el mantenimiento del equilibrio térmico de nuestro cuerpo. Con este conocimiento, estamos mejor preparados para analizar y comprender los procesos físicos que veremos a lo largo del curso.

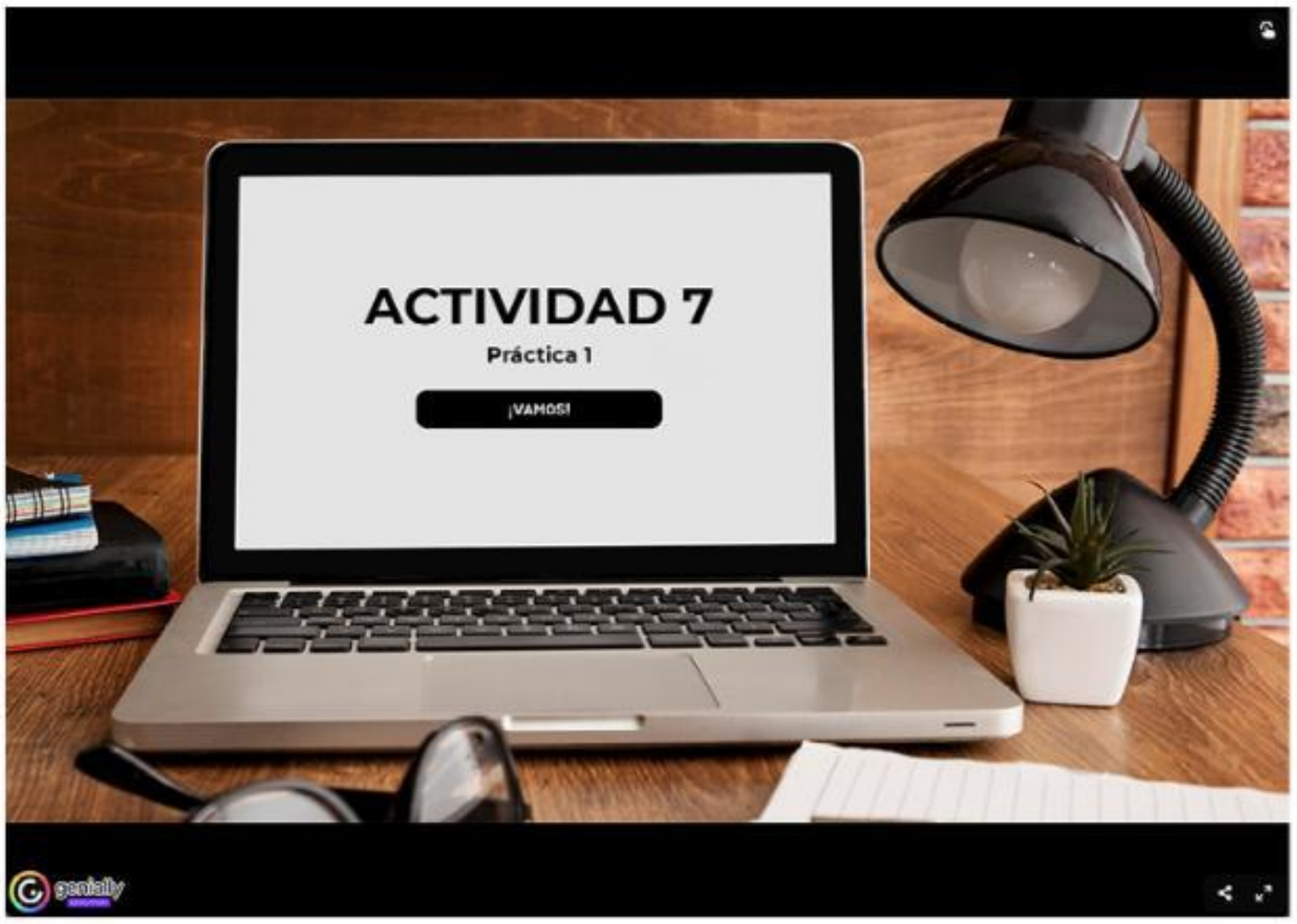


Actividad 6.

Calor

Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos. Dale clic y accederás a un breve cuestionario, ten cerca tu calculadora.



Actividad 7.

Práctica de laboratorio 1.
Calor específico
Instrucciones:

Al dar clic aquí podrás acceder al formato que contiene la práctica 1 de este curso, sigue las instrucciones de tu profesor para llevarla a cabo.

Resumen del Módulo

1. El Sol genera una inmensa cantidad de energía en un solo segundo, suficiente para abastecer las necesidades energéticas de la humanidad durante más de 10,000 años. Esto indica que la energía está presente en diversas formas, como la luz solar, el calor y el movimiento. La física estudia la energía y su comportamiento, permitiendo a los científicos medirla y así comprender sus transformaciones.

2. La energía es la capacidad de un cuerpo para realizar trabajo; se manifiesta de diversas formas, como energía térmica, mecánica, cinética y potencial. La energía mecánica se divide en dos tipos: **energía cinética** (debida al movimiento) y **energía potencial** (debida a la posición). Según la ley de conservación de la energía, esta no se crea ni se destruye, solo se transforma.

   En una montaña rusa, la energía potencial máxima se convierte en energía cinética al descender, al ejemplificar esta transformación continua. La energía cinética se calcula con la fórmula:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

   y la energía potencial con:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

   Además, el trabajo mecánico se define como la fuerza aplicada a lo largo de una distancia, y se mide en Joules (J), igual que la energía.

3. Los choques entre objetos se clasifican en dos tipos: elásticos e inelásticos. En los primeros, tanto el momento lineal como la energía cinética se conservan; por ejemplo, al chocar dos bolas de billar, ambas rebotan sin perder energía. La conservación del momento lineal se puede expresar con la fórmula:

$$m_1v_1 = m_2v_2$$

En los segundos, aunque el momento lineal se conserva, la energía cinética no lo hace, ya que se transforma en otras formas de energía, como calor. Un ejemplo de esto sería la colisión entre dos coches que se deforman y quedan entrelazados.

Para calcular la cantidad de movimiento (momento lineal), se utiliza la fórmula:

$p = mv$, donde p es el momento, m es la masa y v es la velocidad. La energía cinética también se relaciona con el momento a través de:

$$E_c = \frac{p}{2m}$$

4. A lo largo de la historia, la humanidad ha utilizado diversas formas de energía para avanzar en su desarrollo. La energía, como la capacidad de realizar trabajo, se presenta en diversas formas: térmica, eléctrica, mecánica y potencial. Mientras los combustibles fósiles son limitados y dañinos para el medio ambiente, las energías sustentables como la solar y la eólica son inagotables y respetuosas con el planeta.

Tipos de energía:

Energía térmica: Proviene del movimiento de partículas. Se transfiere como calor y se utiliza en calefacción y generación de electricidad. Su desventaja es que a menudo depende de combustibles fósiles, contribuyendo a la contaminación.

Energía química: Se libera o absorbe durante reacciones químicas. Ejemplos incluyen la combustión de combustibles y la fotosíntesis. Aunque se produce en grandes cantidades, genera residuos contaminantes.

Energía radiante: Se transmite mediante ondas electromagnéticas, como la luz solar. Es esencial para procesos naturales y tecnologías de comunicación.

Energía eléctrica: Generada por el movimiento de electrones, se mide principalmente en joules (J), vatio-hora (Wh) o kilovatio-hora (kWh), dependiendo del contexto. Existen dos tipos: corriente continua (CC) y corriente alterna (CA). La energía eléctrica es versátil y se utiliza ampliamente.

Energía nuclear: Libera energía al dividir o fusionar núcleos atómicos.

Energía geotérmica: Proviene del calor interno de la Tierra, utilizada en generación de electricidad y calefacción. Es sostenible, y tiene bajo impacto ambiental.

5. El calor se define en física como la transferencia de energía de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura, no como la cantidad de energía contenida en un sistema. Por ejemplo, al colocar una taza de café caliente en una habitación fría, el calor se transfiere del café al aire hasta alcanzar un equilibrio térmico.

   El calor se mide utilizando cambios de temperatura. La caloría es la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un gramo de agua en 1 °C, y la kilocaloría (kcal) equivale a 1000 calorías. También se utiliza la unidad térmica británica (BTU). Existen relaciones entre estas unidades y el joule, una unidad de energía.

   El calor se transfiere principalmente a través de tres mecanismos:

Conducción: Es el proceso de transferencia de energía térmica a lo largo de un material mediante colisiones entre moléculas. Por ejemplo, al calentar un extremo de una varilla de cobre, el calor se transfiere al otro extremo a través de los átomos.

Convección: Ocurre mediante el movimiento real de un fluido (gas o líquido). Por ejemplo, cuando calientas aire sobre una llama, el aire caliente asciende y transfiere calor.

Radiación: Es la transferencia de calor a través de ondas electromagnéticas, como la energía térmica que llega a la Tierra desde el Sol. Este proceso no requiere un medio material para propagarse.

6. El estudio del calor y su transferencia es crucial en física, ya que permite comprender cómo fluye la energía térmica entre diferentes cuerpos y materiales. Un concepto clave es el calor específico, cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado Celsius, variando según el material.

   Cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas entran en contacto, intercambian energía térmica hasta alcanzar un equilibrio, cumpliendo el principio de conservación de la energía. El calor ganado por un cuerpo es igual al calor perdido por el otro, lo que ayuda a predecir cambios de temperatura.

   El calor específico (C_e) es una propiedad de los materiales que indica la cantidad de calor (Q) necesaria para cambiar la temperatura de una masa (m) de sustancia. Se expresa como:

$$Q = C_e\, m\, (T_f - T_i)$$

La calorimetría permite medir el calor específico de una sustancia al introducirla en un calorímetro con agua fría. La conservación de energía se expresa como:

$$Q_{frio} = -Q_{caliente}$$

Estos principios son esenciales en diversas aplicaciones, desde la eficiencia energética en sistemas de calefacción hasta investigaciones científicas en múltiples campos.

Actividad 8.

Ejercicio autoevaluable
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido en este módulo acerca de los temas vistos.

Realiza el siguiente ejercicio, para comenzar, revisa en la plataforma SEDUCA la sección de Actividades (Estudiante) y responde a la actividad denominada M1 Cuestionario Final.

FÍSICA I

Octavio Cruz Vásquez
Paulina Morales Valenzuela

Universidad Autónoma
del Estado de México

"2025, 195 Años de la Apertura del Instituto Literario en la Ciudad de Toluca"

Glosario

Aislante térmico: material que reduce significativamente la transferencia de calor entre dos sistemas, ya sea mediante conducción, convección o radiación.

Calor: energía térmica que se transfiere de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura.

Capacidad calorífica: cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un cuerpo en una unidad de temperatura.

Colisión elástica: tipo de colisión en el que se conserva tanto el momento lineal como la energía cinética. Los objetos rebotan sin perder energía.

Colisión inelástica: el momento lineal se conserva, pero la energía cinética no, ya que parte de ella se transforma en otras formas de energía, como calor o deformación.

Conservación de la energía: principio que establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma o transfiere de un sistema a otro.

Energía: capacidad de un sistema para realizar trabajo o provocar cambios en su entorno. Se presenta en diversas formas, como energía cinética, potencial, térmica y eléctrica.

Energía cinética: energía que posee un objeto debido a su movimiento.

Energía potencial: Energía que posee un objeto debido a su posición o condición, como la altura en un campo gravitacional.

Equilibrio térmico: estado en el que dos o más cuerpos en contacto han alcanzado la misma temperatura.

Fuerza: interacción que puede cambiar el estado de movimiento de un objeto.

Joule (J): unidad de medida de energía y trabajo en el Sistema Internacional. Un Joule es equivalente al trabajo realizado cuando una fuerza de un Newton desplaza un objeto un metro.

Masa: medida de la cantidad de materia que posee un objeto.

Magnitud: de una cantidad física se define con un número y una unidad de medida. Ambos son necesarios porque, por sí solos, el número o la unidad carecen de significado.

Momento lineal: cantidad de movimiento de un objeto, producto de su masa y velocidad.

Sistema: puede ser un objeto simple, colección de objetos, una partícula o partículas, también una región del espacio (como el interior del cilindro de combustión de un motor de automóvil), puede variar en tamaño y forma (como una bola de goma, que se deforma al golpear una pared).

Radiación electromagnética: es la forma de energía que se propaga a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas. Estas consisten en campos eléctricos y magnéticos que oscilan perpendicularmente entre sí y a la dirección de propagación.

Trabajo: cantidad de energía transferida cuando una fuerza se aplica a un objeto a lo largo de una distancia.

Velocidad: magnitud que describe qué tan rápido se mueve un objeto en una dirección específica.

Referencias

Bibliográficas

- Pérez Montiel, H. (2015). *Física general.* 5a ed. México: Ed. Patria.
- Tippens, P. (2007). *Física, conceptos y aplicaciones.* 7a ed. México: Mc Graw Hill.
- Serway, R. A., y Vuille, C. (2013). *Fundamentos de física.* 10a ed. Cengage Learning.

Módulo II

La temperatura y sus manifestaciones

Propósito de Módulo

Reconoce cómo la energía térmica afecta la materia en sus diferentes estados de agregación, así como la importancia de la temperatura y el calor en los cambios físicos que experimentan los materiales. A través del estudio de los conceptos de temperatura, dilatación térmica y calor, analizan y predicen el comportamiento de sistemas físicos bajo diversas condiciones térmicas.

2.1 Propiedades de la materia

La temperatura es una parte esencial de nuestra vida cotidiana: la sentimos al tomar una bebida caliente, al salir en un día frío o incluso al observar cómo el hielo se derrite en un vaso. Pero **¿qué es exactamente la temperatura y cómo influye en lo que nos rodea?** En este módulo, exploraremos cómo los cambios de temperatura afectan las propiedades de la materia y cómo la energía se transfiere entre objetos y sistemas, desde una bebida helada hasta el aire caliente en verano.

Comenzaremos analizando las **propiedades de la materia** y los diferentes **estados de agregación,** observando cómo las moléculas se comportan en cada uno. Veremos que el agua no solo es un líquido: puede transformarse en vapor o en sólido dependiendo de cuánta energía gane o pierda. Este fenómeno será la base para entender los cambios de estado y el papel del calor latente y el **calor sensible.**

La **temperatura** nos ayuda a medir cuán calientes o fríos están los objetos, y para eso utilizaremos diferentes **escalas.** Aprenderemos no solo a medir, sino a realizar **conversiones** entre escalas como Celsius, Kelvin y Fahrenheit. Esta habilidad es esencial tanto para las ciencias como para la vida diaria.

Más adelante, entraremos en el mundo microscópico, entendiendo cómo las **moléculas se mueven** en función de la temperatura y cómo este movimiento influye en fenómenos visibles, como la **dilatación** de los objetos cuando se calientan. Ya sea una carretera que se expande bajo el sol o un termómetro de mercurio que sube al contacto con un cuerpo caliente, la dilatación es una manifestación clara de cómo la energía se traduce en movimiento.

El módulo II busca conectar estos conceptos con tu vida cotidiana para que, al final, comprendas no solo las teorías físicas sino también cómo la temperatura y la energía moldean nuestro entorno. Prepárate para descubrir cómo una simple taza de té, un trozo de hielo o un día caluroso esconden historias fascinantes sobre la física detrás de la temperatura.

Aunque seguramente ya lo sabes es importante recordar el concepto de:

Definición

Materia: es todo lo que ocupa un lugar en el espacio y tiene masa.

Para comprender mejor cómo la materia se comporta y cambia en diferentes condiciones, es útil dividir sus propiedades en dos grandes categorías: **propiedades físicas y propiedades químicas.**

Definición

Propiedades físicas: Son aquellas que se pueden observar o medir sin cambiar la identidad química de la sustancia. Es decir, describen cómo es la materia y cómo se comporta en distintas circunstancias.

Entre las propiedades físicas más importantes se encuentran:

- **Masa:** Es la cantidad de materia que posee un objeto y puede medir a través de instrumentos para reportarse en unidades de kilogramos, gramos, libras, etc.

- **Volumen:** Se refiere al espacio que ocupa un cuerpo y a menudo es reportado en m^3.
- **Densidad:** Se refiere a la relación (división) de la masa de un cuerpo entre volumen que ocupa, de forma usual se esta propiedad se reporta en $\mathrm{kg/m}^3$.
- **Color, forma y estado de agregación:** se refiere a características perceptibles de un objeto, como el estado de agregación (sólido, líquido o gaseoso) y el color que el objeto posee.
- **Temperatura de ebullición (T_{vap}):** Se define como la temperatura a la que una sustancia pura experimenta el cambio de estado de agregación líquido (ℓ) al estado gaseoso (g) a la presión de $1.0\ \mathrm{atm}$.
- **Temperatura de fusión (T_{fus}):** Se define como la temperatura a la que una sustancia pura experimenta el cambio de estado de agregación sólido (s) al estado gaseoso (g) a la presión de $1.0\ \mathrm{atm}$.
- **Dilatación:** Se refiere a la expansión que sufre un material al aumentar su temperatura, trataremos con este concepto más adelante en este módulo.

Definición

Propiedades químicas: Son aquellas que describen cómo una sustancia puede transformarse en otra a través de reacciones químicas. Ejemplos comunes de estas propiedades son: la reactividad, la combustibilidad y la estabilidad química.

Las propiedades de la materia también pueden ser clasificadas en dos grupos considerando la dependencia que tengan con la cantidad de materia:

a. **Propiedades extensivas:** Dependen de la cantidad de materia presente. Ejemplos: masa, volumen y energía total.

b. **Propiedades intensivas:** No dependen de la cantidad de materia y permanecen constantes sin importar el tamaño de la muestra. Por ejemplo, la densidad, la T_{fus}, y el color.

Estas propiedades nos ayudarán a entender cómo la materia interactúa con su entorno y cómo responde ante la transferencia de energía, lo que exploraremos más a fondo en los próximos temas del módulo.

Cuando decimos que la densidad es una propiedad intensiva, lo que realmente afirmamos es que su valor no depende de la cantidad de sustancia que se considere. Es decir, podemos obtener el mismo valor de densidad ya sea para $1.00\ \mathrm{kg}$ de una sustancia o para unos pocos gramos. A continuación, trabajaremos con la expresión que nos permite calcular la densidad de las sustancias:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1}$$

Donde:

- m es la masa de la sustancia generalmente expresado en kg
- V es el volumen que ocupa el cuerpo expresado a menudo en m^3
- ρ es densidad de la sustancia en $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

Practiquemos un poco con la ecuación (1).

Ejemplo

Imagina que tienes un pariente en Estados Unidos que te comenta que $1.00\ \text{lb}$ de gasolina ocupa un volumen de $2.16\times10^{-2}\ \text{ft}^3$ (pies cúbicos). Intrigado por este dato, decides calcular la densidad de la gasolina en unidades estadounidenses y luego compararla con una medición que tú realizaste en México.

En México, obtuviste una muestra de $450\ \text{cm}^3$ de gasolina, la cual posee una masa de $333\ \text{g}$. Ahora quieres demostrar que la densidad es una propiedad intensiva, es decir, que no depende de la cantidad de materia presente, sino de su naturaleza.

a. Calcula la densidad de la gasolina en Estados Unidos en unidades de libras por pie cúbico (lb/ft^3).
b. Determina la densidad de la gasolina en México en g/cm^3 usando los datos de la muestra.
c. Convierte la densidad de México de g/cm^3 a lb/ft^3 para compararla con la densidad estadounidense. (Usa las conversiones: $1\ \text{lb} = 453.6\ \text{g}$ y $(1\ \text{ft})^3 = (30.48\ \text{cm})^3$

Solución

a. Para calcular la densidad de la gasolina en Estados Unidos debemos sustituir los datos que proporciona el problema en la fórmula expresada en la ecuación (1):

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1.00\ \text{lb}}{2.16\times10^{-2}\ \text{ft}^3} = 46.2\ \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

b. Ahora tenemos que determinar el valor de la densidad de la gasolina en México, para ello sustituimos los datos que se proporcionan en el problema en la ecuación (1):

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{333\ \text{g}}{450\ \text{cm}^3} = 0.740\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

c. Para corroborar que en efecto, la densidad de la gasolina en Estados Unidos es la misma que la gasolina en México, podemos transformar las unidades a :

$$46.2\ \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}\left(\frac{453.6\text{g}}{1\ \text{lb}}\right)\left(\frac{1\text{ft}}{30.48\ \text{cm}}\right)^3 = 0.740\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Como lo puedes apreciar en la resolución de este problema, independientemente de que se presenten datos de masa y volumen distintos y en otras unidades de medida, al final el valor de la densidad es el mismo, de modo que se puede comprobar como en efecto, la densidad es una propiedad intensiva de la materia.

Figura 1. Densidad de la gasolina.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Densidad de la gasolina]. https://chatgpt.com/c/67200964-24d8-8008-863d-b7f8078bd3ff

2.1.1 Estados de agregación

Si llenas un globo con agua y otro con aire, ¿Qué crees que ocurrirá si los colocas en el congelador? ¿Cambiará su forma y tamaño de la misma manera?

Cuando colocamos los dos globos en el congelador, suceden fenómenos interesantes:

Globo con aire: El aire dentro del globo se enfría, lo que provoca que las partículas se muevan más lentamente y se acerquen entre sí. Como resultado, el globo se **encoge ligeramente** debido a la disminución de la presión interna.

Globo con agua: El agua dentro del globo se congela, formando hielo. Al congelarse, el agua **aumenta su volumen,** lo que puede deformar el globo o incluso romperlo si el material no es lo suficientemente flexible.

La materia puede presentarse en distintos estados de agregación, cada uno definido por la forma en que las partículas (átomos o moléculas) que la componen se organizan y se mueven. Los estados más comunes son el sólido, líquido y gaseoso, aunque también existen otros menos habituales como el plasma y los condensados de Bose-Einstein. En este tema nos centraremos en los tres primeros, ya que son los más relevantes para la vida diaria.

A continuación, mencionaremos algunas de las características más sobresalientes para cada uno de estos tres estados de agregación:

Estado sólido

- Las partículas están muy juntas y organizadas en patrones regulares.
- Tienen poca movilidad y solo vibran en posiciones fijas.
- Poseen forma y volumen definidos.
- Ejemplos: hielo, metal, madera.

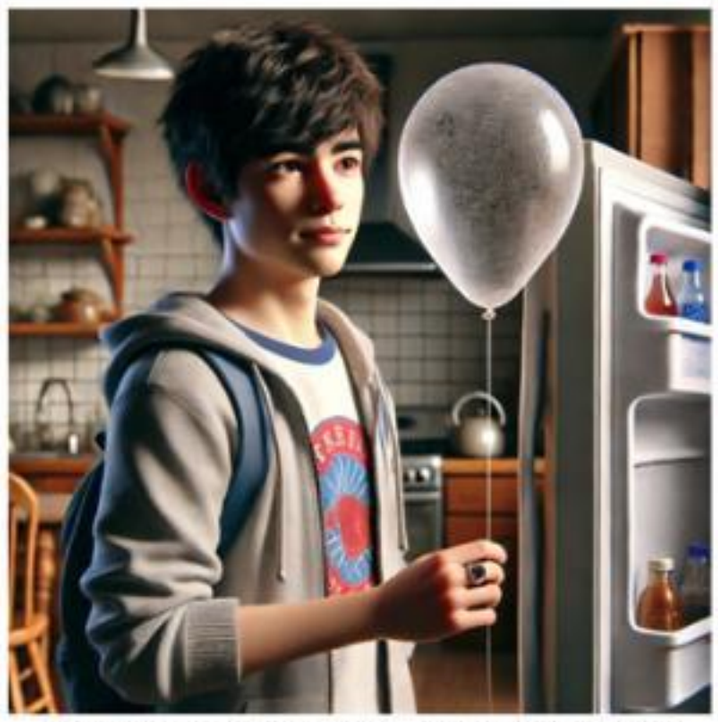
Estado líquido:

- Las partículas están más separadas que en los sólidos y pueden moverse libremente unas respecto a otras.
- No tienen forma propia, adoptan la forma del recipiente que los contiene.
- Tienen volumen definido, pero su forma es variable, adoptando muchas veces la forma del recipiente que los contiene.
- Ejemplos: agua, aceite, alcohol.

Estado gaseoso

- Las partículas están muy separadas y se mueven rápidamente en todas direcciones.
- No tienen forma ni volumen definidos, ocupan todo el espacio disponible.
- Ejemplos: aire, vapor de agua, dióxido de carbono.

Figura 2. Globo con aire en el congelador se encoge, con agua aumenta su volumen.



Nota. Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Globo con aire en congelador]. https://chatgpt.com/g/g-pmuQfob8d-image-generator/c/67173161-54c4-8008-a948-26985f788052



Actividad 1.

Propiedades de la materia
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

2.1.2 Cambios de estado del agua.

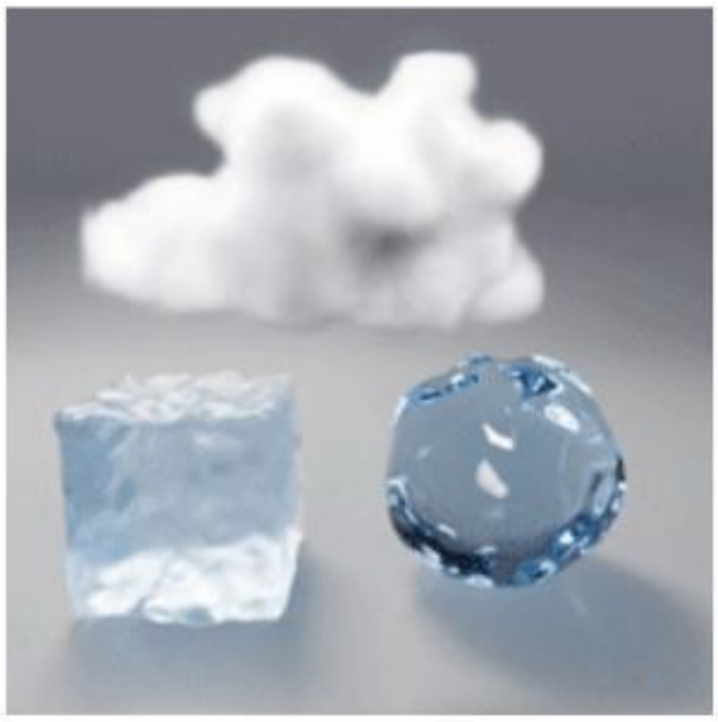
El agua es una sustancia muy especial y fundamental, no solo porque es **necesaria para la vida,** sino también porque se usa como **punto de referencia** para medir muchas propiedades en la física. Esto se debe a que su comportamiento es muy constante y fácil de observar en diferentes condiciones, como cuando cambia de estado de sólido a líquido o de líquido a gas. Por ejemplo, las **escalas de temperatura** más comunes, como la Celsius, **están basadas en el agua:** sabemos que el agua se congela a 0 ℃ y hierve a 100 ℃ a una presión normal (una atmósfera).

Otra razón por la que el agua es tan importante es su capacidad para almacenar energía. Se necesita una gran cantidad de energía para calentar el agua, lo que la hace útil para medir y comparar el calor en otros materiales. De hecho, el calor específico del agua, 4.184 $\frac{J}{g \cdot °C}$, se usa como referencia en los laboratorios. También, la densidad del agua, que es máxima a 4°C $\frac{g}{cm^3}$, sirvió para definir el sistema métrico que usamos hoy en día.

Gracias a todas estas características, el agua se convierte en una excelente opción para estudiar los cambios de estado, como la fusión y la evaporación, y también es una referencia útil en experimentos y modelos físicos. Esto facilita la comparación con otras sustancias y nos ayuda a entender de manera más clara cómo funcionan muchos fenómenos en la naturaleza.

Cuando el agua se encuentra en estado sólido, es decir como hielo, sus moléculas se encuentran formando parte de una estructura **cristalina,** en que se mantiene unidas limitando su movimiento. Esta estructura cristalina provoca que al **congelarse** el agua se **expanda,** es decir aumente su volumen, lo que repercute en una disminución de su **densidad,** y permitiendo que el hielo flote. Esta propiedad es crucial para los **ecosistemas acuáticos,** sobre todo en

Figura 3. Los tres estados de agregación del agua: sólido, líquido y gas.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Los tres estados de agregación del agua]. https://chatgpt.com/c/67192121-b94c-8008-bac7-de1b1df8f181.

las zonas frías en que los cuerpos de agua (ríos, lagos y océanos) llegan a congelarse, ya que la capa de hielo que se forma en la superficie durante el invierno aísla y protege la vida acuática.

En el proceso de fusión, el hielo pasa al estado **líquido,** y en este punto las moléculas ganan libertad de movimiento al absorber energía del entorno, rompiendo las fuerzas que las mantenían en el estado sólido. Así, el agua líquida fluye y adopta la forma del recipiente que la contiene. Un ejemplo cotidiano es el **hielo** derritiéndose al quedar expuesto al calor ambiente.

El proceso inverso, llamado **solidificación,** ocurre cuando el agua líquida se transforma en **hielo** al **liberar energía** y reorganizarse en su estructura sólida. Esto refleja cómo la **energía** no se destruye, sino que se transfiere para provocar cambios en la materia.

La **evaporación,** o paso del agua de líquido a **gas** (vapor), también requiere energía, ya que las moléculas deben superar las fuerzas de atracción para escapar. Aunque solemos asociarla con la ebullición a **100°C**, la evaporación ocurre a temperaturas más bajas, como al secar ropa al sol. Las moléculas más energéticas se escapan, dejando las más frías, lo que genera un e**fecto refrescante.**

En el proceso opuesto, conocido como **condensación**, el vapor pierde energía y regresa al estado líquido. Esto se observa en las gotas de agua que se forman sobre superficies frías en días cálidos. La condensación es vital en el **ciclo hidrológico,** permitiendo la formación de **nubes** y, posteriormente, la **lluvia.**

Otro cambio es la **sublimación,** donde el agua pasa de **sólido a gas** sin volverse líquida, como la nieve que desaparece en climas fríos y secos sin derretirse. Su inverso, la **deposición,** transforma el vapor directamente en hielo, formando **escarcha** en superficies frías.

Cada cambio de estado refleja la importancia de la **transferencia de energía.** Cuando el agua **absorbe energía,** las moléculas ganan movimiento y libertad, pasando de sólido a líquido o de líquido a gas. Al **perder energía,** las moléculas se ralentizan y se reordenan, retornando al estado sólido o líquido. Estos procesos son esenciales para el **equilibrio climático,** ya que fenómenos como la **evaporación** y **condensación** regulan la temperatura del planeta.

Los cambios de estado del agua demuestran cómo la materia responde a las variaciones de energía. Cada vez que observamos el **hielo** derretirse o el **vapor** salir de una tetera, somos testigos de la interacción constante entre energía y materia, una danza incesante que define tanto el comportamiento del agua como los procesos naturales que rigen nuestro entorno

Figura 4. La formación de hielo en la superficie de cuerpos de agua, protégela vida acuática.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [El hielo en la superficie de cuerpos de agua protege la vida acuática]. https://chatgpt.com/c/67200984-24d8-8008-863d-b7f8078bd3ff

2.2 Calor latente

En un día caluroso decides servirte una bebida fría con varios cubos de hielo. Después de un rato, aunque la bebida ha permanecido quieta en la mesa, comienzas a notar algo curioso: los cubos de hielo se han derretido completamente, pero el líquido sigue a la misma temperatura fría que al principio. Este fenómeno es un claro ejemplo del **calor latente,** una forma de energía que se transfiere sin provocar un cambio inmediato en la temperatura.

Definición

El **calor latente** es una forma de energía térmica en la que, a pesar de que una sustancia no experimenta un cambio de temperatura, se produce una transformación en su estado de agregación.

Esta magnitud física indica la cantidad de calor que una sustancia necesita para absorber o liberar energía, permitiendo su cambio de estado de sólido a líquido, de líquido a gas o de sólido a gas, así como en los procesos inversos.

Entre las características más destacadas del calor latente se encuentran las siguientes:

- Provoca cambios en el estado de agregación de la materia.
- No genera un aumento en la temperatura de un cuerpo determinado.
- Es un tipo de calor que no es perceptible al tacto.

La forma en cómo podemos determinar el calor latente para cualquier proceso de cambio de fase se basa en el uso de la expresión:

$$\lambda = \frac{Q}{m} \qquad (2)$$

En donde:

- λ es el calor latente expresado en $\frac{\text{J}}{\text{g}}$ o en $\frac{\text{cal}}{\text{g}}$, y puede denotarse λ_{fus} para el proceso fusión, λ_{solid} para la solidificación, λ_{vap} para la vaporización, λ_{cond} para la condensación, λ_{sub} para la sublimación y λ_{dep} para la deposición.

- Q es la cantidad de energía en forma de calor medida en J o en cal que se absorbe o libera durante un cambio de estado de agregación.

- m es la masa de la sustancia expresada en g o en kg.

Un aspecto importante que debemos entender sobre los cambios de estado de agregación es que ocurren a una **temperatura constante** por una razón fundamental. Tomemos como ejemplo la **fusión** (cuando un sólido se convierte en líquido) y su proceso contrario, la **solidificación:** Cuando enfriamos un líquido lo suficiente, llega un momento en el que comienza a **solidificarse,** es decir, empiezan a formarse los primeros fragmentos en **estado sólido.** Al mismo tiempo, parte de ese sólido puede comenzar a **fundirse** utilizando el calor liberado durante la solidificación. Estos dos procesos, la fusión y la solidificación, ocurren de manera equilibrada a la misma temperatura hasta que el cambio de estado se completa.

Figura 5. Después de un tiempo, la temperatura de agua con hielos permanece constante.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La temperatura de agua con hielos permanece constante]. https://chatgpt.com/c/67200984-24d8-8008-863d-b7f8078bd3ff

Primera edición, febrero 2025

FÍSICA I
Libro de texto digital

Autores
Octavio Cruz Vásquez
Plantel "*Cuauhtémoc*" de la Escuela Preparatoria de la UAEMéx
Paulina Morales Valenzuela
Plantel "*Dr. Ángel Ma. Garibay Kintana*" de la Escuela Preparatoria de la UAEMéx

Universidad Autónoma del Estado de México
Av. Instituto Literario 100 Ote. Col. Centro
Toluca, Estado de México
C. P. 50000
Tel: (52) 722 481 18 12
http://www.uaemex.mx

El contenido de este material es responsabilidad de los autores. Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra, sin el consentimiento previo y por escrito del editor. La Universidad Autónoma del Estado de México se deslinda de cualquier acción legal derivada de este material.

® Derechos reservados, 2025

ISBN: En trámite

Hecho en México
Made in Mexico

Es importante saber que el **calor latente** correspondiente al proceso de **fusión** (λ_{fus}) y el de **solidificación** (λ_{solid}) tienen el mismo valor absoluto, pero con signos opuestos. Es decir, cuando un sólido se funde, absorbe una cantidad de calor (positivo), mientras que cuando se solidifica, libera esa misma cantidad de calor (negativo). Lo mismo sucede en otros cambios de estado, como en la **evaporación** (líquido a gas) y la **condensación** (gas a líquido), así como en la sublimación (sólido a gas) y la **deposición** (gas a sólido). En todos estos casos, el calor latente tiene el mismo valor, pero dependiendo de si se está absorbiendo o liberando energía, el signo cambia. Esto queda mejor expresado a través del siguiente conjunto de igualdades:

$$\lambda_{fus} = -\lambda_{solid}; \lambda_{vap} = -\lambda_{cond}; \lambda_{sub} = -\lambda_{dep} \quad (3)$$

El agua sólida tiene un calor latente de fusión igual a $\lambda_{fus} = 333\frac{J}{g}$, y siguiendo la igualdad correspondiente en (3), podemos inferir que su calor latente de solidificación es igual a $\lambda_{solid} = -333\frac{J}{g}$; de esta misma forma sucede para los procesos de evaporación y condensación; es decir, $\lambda_{vap} = 2{,}260\ \frac{J}{g}$ y $\lambda_{cond} = -2{,}260.\ \frac{J}{g}$

Practiquemos ahora el uso de las ecuaciones (2) y (3):

Ejemplo

Después de hacer ejercicio, una persona pierde $0.5\ kg$ de agua en forma de sudor, que se evapora completamente de su piel. Si el calor latente de vaporización del agua es 2.26×10^6 , calcula cuánta energía en forma de calor ha absorbido el sudor del cuerpo de la persona para evaporarse.

Solución

- Para determinar la cantidad de calor, Q, necesitamos despejar este término de la ecuación versión adecuada de la ecuación (2):

$$\lambda_{vap} = \longrightarrow Q = m \cdot \lambda_{vap}$$

- Ahora realizamos la sustitución de cada uno de los datos en la expresión despejada para Q:

$$Q = (0.500\,\text{kg})\left(2.26\times10^6\,\frac{\text{J}}{\text{kg}}\right) = 1.13\times10^6\,\text{J}$$

De esta forma, la cantidad de energía en forma de calor necesaria para que el agua del sudor de la persona se evapore es igual a 1.13×10^6 J, cantidad que teniendo signo positivo hace referencia a un proceso endotérmico

Figura 6. Pérdida de agua en forma de sudor.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La temperatura de agua con hielos permanece constante]. https://chatgpt.com/c/67200964-24d8-8008-863d-b7f8078bd3ff

Ejemplo

Andrea trabaja en una heladería y quiere asegurarse de que el helado se mantenga en perfectas condiciones durante todo el día. Ella sabe que para que el helado conserve su consistencia, debe mantenerse a una temperatura cercana a los $-5\ °C$.

Un día, se da cuenta de que accidentalmente apagaron el congelador y la mezcla de helado comienza a descongelarse. Andrea, desesperada, enciende el congelador, que vuelve a alcanzar los $-10.0\ °C$. En ese momento, se pregunta cuánto calor necesita extraer el sistema para que la mezcla de $3.50\ kg$ de helado líquido a la temperatura de $0\ °C$ se solidifique completamente.

Suponiendo que el helado tiene una composición con alto contenido de agua, ¿cuánto calor debe extraerse para que la mezcla pase completamente al estado sólido? El calor latente de fusión del agua es $\lambda_{fus} = 333\ \frac{J}{g}$.

Solución

- El problema hace referencia al proceso de solidificación, necesario para que los helados se conserven, y se pregunta por la cantidad de calor que se desprende para cuando $3.50\ kg$ de helado, con un alto contenido en agua, se solidifican a la temperatura de $0\ °C$.
- En el problema se proporciona el calor latente de fusión, aunque sabemos que la relación que existe entre éste y el calor latente de solidificación es $\lambda_{solid} = -\lambda_{fus} = -333$.
- Para la determinación del calor desprendido debemos entonces despejar la cantidad de calor, Q de la ecuación (2):

$$\lambda_{solid} = \frac{Q}{m} \longrightarrow Q = m \cdot \lambda_{solid}$$

- Al sustituir los datos proporcionados en el problema, considerando el cambio de unidades para la masa de kg a g:

$$Q = (3.50\ \text{kg})\left(\frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}}\right)\left(-333\frac{\text{J}}{\text{g}}\right) = -1.17 \times 10^6\ \text{J}$$

- De esta forma se determina que la cantidad de calor que se libera cuando tiene la lugar la solidificación es igual a $-1.17 \times 10^6\ J$

Figura 7. Los helados se mantienen a temperaturas bajas.



Nota. Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Los helados se mantienen a temperaturas bajas]. https://chatgpt.com/c/67227096-9f24-8008-b9e7-f452338d6b3c

En la **Tabla 1** se muestran las temperaturas de fusión y vaporización, así como los calores latentes de fusión y vaporización para algunas sustancias. Esta información es crucial en el estudio de los cambios de fase, ya que permite entender cuánta energía se necesita para transformar la materia en distintas condiciones. Por ejemplo, sustancias como el helio y el nitrógeno tienen puntos de fusión y ebullición extremadamente bajos, lo que las hace útiles en

aplicaciones de enfriamiento extremo. Por otro lado, materiales como el aluminio y el cobre, con puntos de fusión elevados, son empleados en ingeniería y construcción debido a su estabilidad en altas temperaturas.

Tabla 1. Calores latentes de fusión y vaporización de algunas sustancias.

Sustancia	Temperatura de fusion (°C)	Calor latente de fusion (λ_{fus}) (J/kg)	(cal/g)	Temperatura de ebullición (°C)	Calor latente de vaporización (λ_{vap}) (J/kg)	(cal/g)
Helio	−269.65	5.23×10^{3}	1.25	−268.93	2.09×10^{4}	4.99
Nitrógeno	−209.97	2.55×10^{4}	6.09	−195.81	2.01×10^{5}	48.0
Oxígeno	−218.79	1.38×10^{4}	3.30	−182.97	2.13×10^{5}	50.9
Alcohol etílico	−114	1.04×10^{5}	24.9	78	8.54×10^{5}	204
Agua	0.00	3.33×10^{5}	79.7	100.00	2.26×10^{6}	540
Azufre	119	3.81×10^{4}	9.10	444.60	3.26×10^{5}	77.9
Plomo	327.3	2.45×10^{4}	5.85	1750	8.70×10^{5}	208
Aluminio	660	3.97×10^{5}	94.8	2450	1.14×10^{7}	2720
Plata	960.80	8.82×10^{4}	21.1	2193	2.33×10^{6}	558
Oro	1063.00	6.44×10^{4}	15.4	2660	1.58×10^{6}	377
Cobre	1083	1.34×10^{5}	32.0	1187	5.06×10^{6}	1210

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia .[Calores latentes de fusión y vaporización para algunas sustancias].



Actividad 2.

Calor Latente
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

2.3 Calor sensible

Definición

Calor sensible: es la energía térmica que se entrega a un objeto, provocando un incremento en su temperatura. Esto contrasta con el calor latente, donde la energía térmica no eleva la temperatura, sino que induce un cambio de estado, como de sólido a líquido.

Un ejemplo lo aclara mejor: si tenemos una olla con agua a $30\ ℃$, al colocarla sobre una hornilla, el calor suministrado incrementa gradualmente la temperatura del agua hasta alcanzar los $100\ ℃$ (punto de ebullición del agua al nivel del mar). Este calor se denomina **calor sensible.**

Cuando el agua líquida alcanza $100\ ℃$, el calor adicional ya no aumenta más la temperatura; en su lugar, se utiliza para evaporar el agua. Ahora, sabemos que este calor es denominado calor latente, ya que, en lugar de incrementar la temperatura, ocasiona un cambio de estado de líquido a gas.

Se ha demostrado experimentalmente que la cantidad de calor sensible requerida para provocar una variación de temperatura es directamente proporcional a la magnitud de dicha variación y a la masa del objeto.

Se ha observado que, además de la masa y la variación de temperatura, el calor sensible también depende del tipo de material. Por esta razón, la constante de proporcionalidad entre el calor sensible y el producto de la masa por la diferencia de temperatura se denomina calor específico.

Figura 8. Calentamiento del agua como ejemplo de calor sensible.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Calentamiento del agua como ejemplo e calor sensible]. https://chatgpt.com/c/67227096-9f24-8008-b9e7-f452338d6b3c

Definición

Calor específico: es la cantidad de energía en forma de calor necesaria para elevar la temperatura en $1\ ℃$ de $1\ g$ de sustancia.

En la tabla podemos observar el calor específico para diferentes sustancias, es importante notar que, por ejemplo, agua líquida, hielo de agua y vapor de agua, a pesar de ser tener la misma composición química, tienen diferentes valores para el calor específico

Tabla 2. Valores de calor específico para algunas sustancias a presión atmosférica.

Sustancia	Calor específico, C_e	
	$\frac{J}{kg \cdot °C}$	$\frac{cal}{g \cdot °C}$
Aluminio	900	0.215
Berilio	1820	0.436
Cadmio	230	0.055

Cobre	387	0.092
Alcohol etílico	2400	0.581
Germanio	322	0.077
Vidrio	840	0.200
Oro	129	0.030
Tejido humano	3470	0.829
Hielo	2090	0.500
Hierro	448	0.107
Plomo	128	0.030
Mercurio	140	0.033
Silicio	703	0.168
Plata	234	0.056
Vapor	2010	0.480
Estaño	227	0.054
Agua	4186	1.00

Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia .[Valores de calor específico para algunas sustancias a presión atmosférica].

La fórmula para calcular el calor sensible en un proceso isobárico, es decir, a presión constante, es:

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_i) \tag{4}$$

Donde:

- Q = calor sensible expresado en J
- m = masa de la sustancia expresada en g o en kg
- C_e = calor específico expresado en $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ o en $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$
- T_f = temperatura final en °C después del calentamiento o enfriamiento
- T_i = temperatura inicial en °C previa al calentamiento o enfriamiento

A pesar de que esta fórmula ya la abordamos en el módulo I, ahora la vemos para diferenciar la cantidad que define con respecto al calor latente, y sobre todo para hacer hincapié en que otra forma de la energía, por ejemplo, la energía cinética puede transformarse en energía térmica que eventualmente se considerará calor sensible.

Practiquemos un poco con la fórmula (4), para verificar lo que hemos aprendido sobre el calor específico y sobre el calor sensible:

Ejemplo

Para el forjado de materiales metálicos, con un alto contenido en hierro, se necesita calentarlos hasta unos cuantos grados Celsius antes de su temperatura de fusión, para favorecer que se puedan moldear hasta la forma deseada. Una espada de hierro, con una masa total de $2,050\ g$ requiere ser forjada a una temperatura de $1{,}530\ °C$ comenzando el calentamiento desde $25\ °C$.

¿Cuánto calor debe suministrarse a esta pieza metálica en J para elevar su temperatura?.

Solución

- Para elevar la temperatura de esta pieza metálica se necesita suministrarle energía en forma de calor (Q), que se refiere a calor sensible, que puede calcularse a través de la fórmula (4).
- Primero debemos idenficar que la masa está dada en g, de modo que habrá que realizar el cambio de unidades a kg, esto es necesario pues el resultado del problema se solicita en J , de modo que el calor específico a usar según la tabla 2, es $C_{e,Fe} = 448\ \frac{J}{kg \cdot °C}$

  Al realizar la sustitución de los datos en al fórmula (4):

$$Q = m \cdot C_e \cdot (T_2 - T_1) = (2{,}050\ g)\left(\frac{1\ kg}{1000\ g}\right)\left(448\frac{J}{g \cdot °C}\right)(1530\ °C - 25°C)$$

$$Q = 1.386 \times 10^6\ J$$

- La cantidad que se obtiene es 1.386×106 J, una cantidad positiva lo que refleja que el calor es agregado a la pieza metálica.

Figura 9. Calentamiento del agua como ejemplo de calor sensible.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [El forjado de metales requiere calentamiento]. https://chatgpt.com/c/6727ba24-e5dc-8008-9f0b-b728d0038387

Ejemplo

Una flecha de masa $5.00\ g$ y con un calor específico de $C_e = 209\ \frac{J}{kg \cdot °C}$, se dispara con una velocidad de $150\ \frac{m}{s}$ y se clava en un tronco de madera, donde se detiene por completo. Suponiendo que toda la energía cinética de la flecha se transforma en energía térmica que eleva su temperatura,

¿En cuánto cambia la temperatura de la flecha?

- Lo que debemos advertir en este problema es que toda la energía cinética de la flecha en movimiento se conserva y posteriormente se tiene que transformar en calor cuando se detiene al clavarse en el tronco de madera.

- Procedemos primero a calcular la energía cinética de la flecha cuando tienen una velocidad de $150\ \frac{m}{s}$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2}(5\ g)\left(\frac{1\ kg}{1000\ g}\right)\left(150\frac{m}{s}\right)^2$$

$$E_c = 56.25\ J$$

Figura 10. La energía cinética de un cuerpo se puede convertir en calor sensible.



Nota.. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La energía cinética de un cuerpo se puede convertir en calor sensible]. https://chatgpt.com/c/6727ba24-e5dc-8008-9f0b-b728d0038387

- Esta cantidad de energía es la posteriormente en el choque con el tronco de madera está destinada a convertirse en calor y ser absorbida por la flecha, de modo que se desconoce la variación de la temperatura, es decir, $T_2 - T_1$, que en física podemos representar por ΔT, cuando despejamos esta cantidad de la expresión (4), se obtiene:

$$Q = m \cdot C_e (T_f - T_i) \longrightarrow (T_f - T_i) = \frac{Q}{m \cdot C_e}$$

- Al sustituir los valores correspondientes en la expresión despejada:

$$T_f - T_i = \frac{56.25\text{J}}{(5\,\text{g})\left(\frac{1\,\text{kg}}{1000\,\text{g}}\right)\left(209\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot{}^\circ\text{C}}\right)} = 53.8\,^\circ\text{C}$$

- La temperatura de la flecha aumenta en 53.8 °C.

2.4 Temperatura

Durante las vacaciones de verano, Ana y su hermano Luis viajaron con sus primos a un parque acuático. Mientras jugaban y exploraban el lugar, se dieron cuenta de algo peculiar: el **pavimento** de concreto **se sentía** extremadamente **caliente** durante el **día,** pero por la **noche** estaba mucho más **templado.** En contraste, el **agua** de las albercas, que era **fría** durante el **día,** resultaba más **cálida** por la **noche.** Intrigados por este fenómeno, comenzaron a preguntarse si realmente el concreto alcanzaba una mayor temperatura que el agua durante el día. Además, se cuestionaron por qué, en un ambiente tan caluroso, usaban ropa ligera, mientras que, en su ciudad, al salir por la noche, siempre necesitaban abrigarse. Este conjunto de preguntas los llevó a investigar conceptos clave de la física como el calor y la **temperatura** para entender mejor las diferencias que habían observado.

¿El frío realmente existe? ¿Qué sucede cuando decimos que "hace calor"? Para abordar estas dudas, comenzaremos explicando qué es la temperatura, sin embargo, te invitamos dar clic **aquí,** se te conducirá a un simulador en que podrás experimentar sobre qué le sucede a las partículas de una sustancia cuando aumenta o disminuye la temperatura, observa que cuanto más aumentas la temperatura el movimiento es muy rápido en tanto que cuando la disminuyes las partículas se mueven lentamente. Claramente la velocidad con que las partículas de un cuerpo se mueven está relacionada con la temperatura de este cuerpo.

Figura 11. Algunas sustancias se calientan más durante su exposición a la radiación solar, y otras perduran cálidas.



Nota. Freepik (2024). https://www.freepik.es/vector-gratis/vector-dibujos-animados-hotel-resort-tropical-lujo-coctel-mesa_4393929.htm#fromView=image_search&page=1&position=0&uuid=9d4abac3-15e2-4182-984b-29b7d6330e6b

2.4.1 Concepto

Definición

Temperatura: es una magnitud escalar que se refiere a la energía cinética de las partículas de una sustancia, ya sea en estado gaseoso, líquido o sólido. **A mayor velocidad de las partículas, mayor será la temperatura, y a menor velocidad, la temperatura disminuirá.**

Esta magnitud está estrechamente vinculada con las sensaciones de frío y calor, siendo el frío una representación de bajas temperaturas y el calor, de temperaturas elevadas, percepciones que experimentamos de manera natural.

Además, la temperatura es un indicador clave para evaluar el estado térmico del cuerpo humano, ayudando a monitorear la salud. Cuando la temperatura corporal se encuentra entre 36.1 y 37.2 °C, podemos decir que una persona se encuentra en los valores promedio, sin embargo valores fuera de este intervalo sugieren casi siempre el padecimiento de una enfermedad. El control del calor también es fundamental en una amplia variedad de procesos industriales, químicos y metalúrgicos.

Figura 12. La temperatura se relaciona con la sensación de frío o calor.



2.4.2 Escalas de temperatura

La **temperatura,** aunque **se mide** en **todo** el mundo, puede **interpretarse** de manera muy distinta debido a las **escalas** usadas en diferentes países. En **Estados Unidos,** por ejemplo, es común usar la escala **Fahrenheit,** donde una temperatura de 78 °F se considera agradable y cálida, equivalente a unos 25 °C en la escala **Celsius,** la cual es ampliamente utilizada en **México.** Sin embargo, esta diferencia en las escalas puede generar malentendidos. Una persona de EE. UU. que menciona "78 grados" podría referirse a un clima cálido y cómodo, mientras que alguien de México, si no aclaran la escala, podría interpretarlo como una temperatura demasiado alta. Este contraste subraya la importancia de especificar la unidad de medida para evitar confusiones y asegurar una comprensión precisa.

Figura 13. La temperatura se puede medir en diferentes escalas.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La temperatura se puede medir en diferentes escalas]. https://chatgpt.com/c/67284526-0bac-8008-b710-81b06870428f

Aunque seguramente lo sabes, una de las formas en cómo se **mide** la **temperatura** de los cuerpos es a través del uso de un termómetro, los más famosos son los termómetros de mercurio.

Un termómetro de mercurio funciona gracias a la **expansión** y **contracción** (tema que se aborda más adelante) del mercurio dentro de un tubo delgado de vidrio. Cuando la **temperatura sube,** el **mercurio** absorbe calor y **se expande,** ocupando más espacio en el tubo. Esto hace que el nivel de mercurio suba en la escala que está marcada en el vidrio. La posición del mercurio en la escala indica la temperatura en ese momento.

Por el contrario, cuando la **temperatura baja,** el mercurio **se enfría** y se **contrae,** ocupando menos espacio. Esto hace que el nivel de mercurio descienda en el tubo. Así, el termómetro nos muestra la temperatura al indicar el nivel al que llega el mercurio en la escala.

Entre las escalas de temperatura más usadas se encuentran:

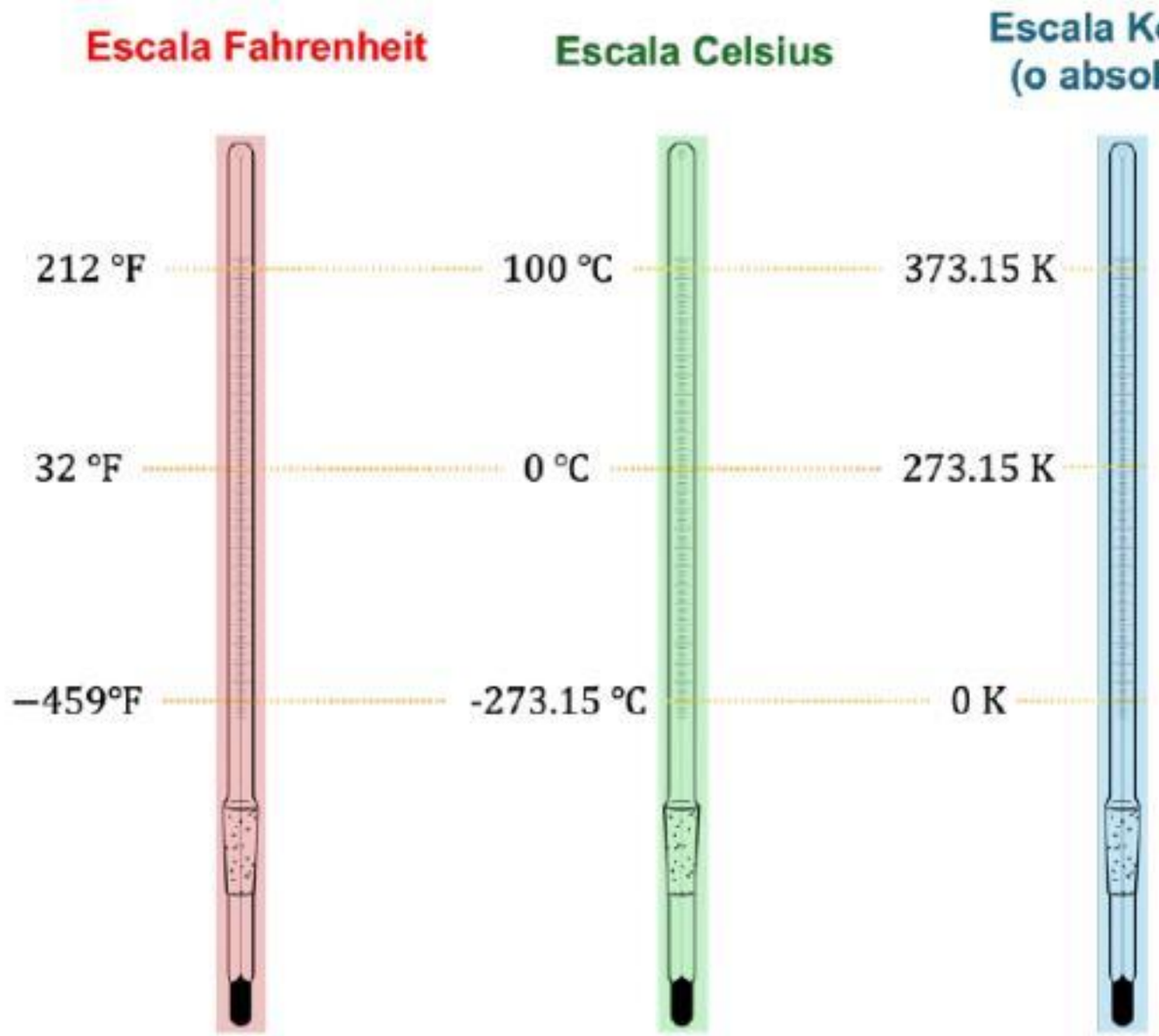
a. **La escala Celsius:** Conocida también como "escala centígrada", es una de las más empleadas junto con la escala Fahrenheit. En esta, el agua se congela a 0 °C y ebulle a 100 °C.

b. **La escala Fahrenheit:** Esta escala se utiliza principalmente en países angloparlantes. Según sus valores, el agua se congela a 32 °F y ebulle a 212 °F

c. **La escala Kelvin:** Frecuentemente usada en el ámbito científico, esta escala parte del **"cero absoluto"**, que es el punto en que un objeto no emite calor. El cero absoluto (0K) corresponde a -273.15 °C o también a -459 °F.

En la **Figura 14** se puede observar una comparación entre estas escalas de medición para la temperatura.

Figura 14. Comparación entre las diferentes escalas de temperatura.



Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia .[Comparación entre las diferentes escalas de temperatura].

2.4.3 Conversiones de escalas de temperatura

La conversión entre diferentes unidades de temperatura es un aspecto esencial tanto en la ciencia como en la vida diaria, ya que nos permite comparar y comprender mediciones en distintas escalas. En áreas como la física, la meteorología y la ingeniería, es indispensable convertir entre escalas de temperatura como Celsius, Fahrenheit y Kelvin para interpretar adecuadamente los datos. Este tema es crucial para el estudio de los principios de la **termodinámica** y contribuye a una mejor comprensión de fenómenos naturales y técnicos en diversas disciplinas. A continuación, se analizarán las fórmulas y métodos para realizar estas conversiones de forma eficiente.

• Para convertir de grados Celsius (°C) a grados Fahrenheit (°F)

$$T_{°F} = 1.8\, T_{°C} + 32 \qquad (5)$$

Donde:

- $T_{°F}$ = es la temperatura en la escala Fahrenheit
- $T_{°C}$ = es la temperatura en la escala Celsius

• Para convertir de grados Celsius a Kelvin

$$T_{K} = T_{°C} + 273.15 \quad (6)$$

Donde:

- T_{K} = es la temperatura en la escala Kelvin
- $T_{°C}$ = es la temperatura en la escala Celsius

- Para convertir de Kelvin a grados Celsius

$$T_{°C} = T_{K} - 273.15 \quad (7)$$

Donde:

- T_{K} = es la temperatura en la escala Kelvin
- $T_{°C}$ = es la temperatura en la escala Celsius

- Para convertir de grados Fahrenheit a grados Celsius

$$T_{°C} = \frac{T_{°F} - 32}{1.8} \quad (8)$$

Donde:

- T_{K} = es la temperatura en la escala Fahrenheit
- $T_{°C}$ = es la temperatura en la escala Celsius

Algunas sugerencias que te hacemos al realizar conversión entre unidades de temperatura usando las fórmulas anteriores son:

1. Identifica la escala de temperatura de origen y la escala de destino.
2. Aplica la fórmula de conversión adecuada según las escalas, te sugerimos no usar las unidades de temperatura al sustituir los valores para evitar confusiones.
3. Realiza los cálculos necesarios para obtener el resultado.
4. Asegúrate de expresar el resultado final en la unidad correspondiente.

Es momento de poner a prueba estas sugerencias revisando algunos ejemplos.

Ejemplo 1

Un laboratorio químico trabaja con dos soluciones que deben mantenerse a temperaturas específicas para garantizar la estabilidad de los compuestos. La primera solución debe almacenarse a $25\ °C$, mientras que la segunda debe mantenerse a $-4\ °F$.

a. Convierte la temperatura de la primera solución a grados Fahrenheit.

b. Convierte la temperatura de la segunda solución a grados Celsius.

c. Si el laboratorio cuenta con un sistema de control de temperatura en Kelvin, ¿a qué temperatura en Kelvin deben almacenarse ambas soluciones?

Solución:

Figura 13. Medición de la temperatura de dos soluciones en el laboratorio.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Medición de la temperatura de dos soluciones]. https://chatgpt.com/c/67284377-021c-8008-8c81-03758f537b0b

Mensaje

La **Universidad Autónoma del Estado de México,** en la búsqueda permanente de garantizar una educación inclusiva, equitativa y de excelencia, se mantiene a la vanguardia en los avances tecnológicos, desarrollando libros electrónicos (e-book), con el propósito de implicarte interactivamente con los contenidos de las asignaturas que integran el plan de estudios del Bachillerato Universitario.

Nuestro objetivo es contribuir a la formación integral de estudiantes con conocimientos rigurosos, valores humanistas y habilidades digitales, utilizando metodologías activas, que desarrollen el pensamiento crítico y analítico, así como la capacidad de afrontar los retos de la era digital.

Los cambios sociales, ambientales y culturales del mundo contemporáneo presentan serios desafíos al proceso educativo; por ello, nuestra Escuela Preparatoria promueve formas de aprendizaje innovadoras, en las que se desarrollan la comunicación asertiva, la creatividad y el trabajo colaborativo. De este modo buscamos garantizar la impartición de una educación capaz de estimular la curiosidad intelectual de los preparatorianos y la exploración de todos los campos del conocimiento, de modo que cada estudiante sea capaz de ampliar sus horizontes culturales, reconociendo sus habilidades, gustos y aptitudes.

El material educativo que tienes en tus manos ha sido elaborado por docentes de las áreas de conocimiento correspondientes. La creatividad, el pensamiento crítico y el espíritu científico de los colectivos docentes se reúnen en un e-book para facilitar la comprensión de los contenidos y comprometerte con tu aprendizaje.

El libro digital que ahora puedes consultar tiene una estructura lógica de fácil manejo, que te permitirá navegar por los contenidos y recursos académicos que responden a tus necesidades; podrás acceder a ellos desde una computadora, tableta o un teléfono celular.

Te invito a aprovechar al máximo esta nueva experiencia de aprendizaje, disfruta esta herramienta que potenciará tus habilidades digitales, tus conocimientos y tu creatividad.

SOMOS UAEMéx

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales
Carlos Eduardo Barrera Díaz
Rector

a. Para realizar la conversión de la primera solución de °C a °F, utilizamos la ecuación (5), identificando que la temperatura que deseamos convertir es $T_{°C} = 25$, de modo que al momento de sustituir adecuadamente este valor se obtiene:

$$T_{°F} = 1.8\,T_{°C} + 32 = 1.8\,(25) + 32 = 77\ °F$$

De modo que la temperatura resultante en la nueva escala es 77 °F.

b. Ahora, para realizar la conversión de la segunda solución de °F a °C, usaremos la ecuación (8), haciendo el análisis de que ahora la temperatura que deseamos convertir es $T_{°F} = -4$, de manera que cuando realizamos la sustitución obtenemos:

$$T_{°C} = \frac{T_{°F} - 32}{1.8} = \frac{-4 - 32}{1.8} = -20°C$$

- La temperatura resultante de esta conversión es de −20 °C, de modo que seguramente se necesita un refrigerador bastante eficiente para lograr que esta solución se mantenga a esta temperatura.

c. A través del uso de la ecuación (6), se obtienen los siguientes resultados, primero para la temperatura de $T = 25$ °C,

$$T_K = T_{°F} + 273.15 = 25 + 273.15 = 298.15\ K$$

- Y luego para la temperatura de $T = -4$ °F, que previamente hemos transformado a la escala Celsius, y que dio como resultado $T = -20$ °C, aplicando nuevamente la fórmula (6), resulta:

$$T_K = T_{°C} + 273.15 = -20 + 273.15 = 253.15\ K$$

Ejemplo 2

Los termómetros de mercurio no pueden medir temperaturas menores a −30 °C debido a que a esa temperatura el Hg se hace pastoso, dificultando las mediciones. ¿Podrías indicar a qué temperatura Fahrenheit y Kelvin corresponde?

Solución

- Para efectuar la conversión de temperaturas de la temperatura de −30 °C a °F hacemos uso de la ecuación (5), de modo que al sustituir los valores se tiene:

$$T_{°F} = 1.8\,T_{°C} + 32 = 1.8(-30) + 32 = -22°F$$

De forma que rara vez encontraremos un termómetro en la escala Fahreheit con valores cercanos a −22 °F.

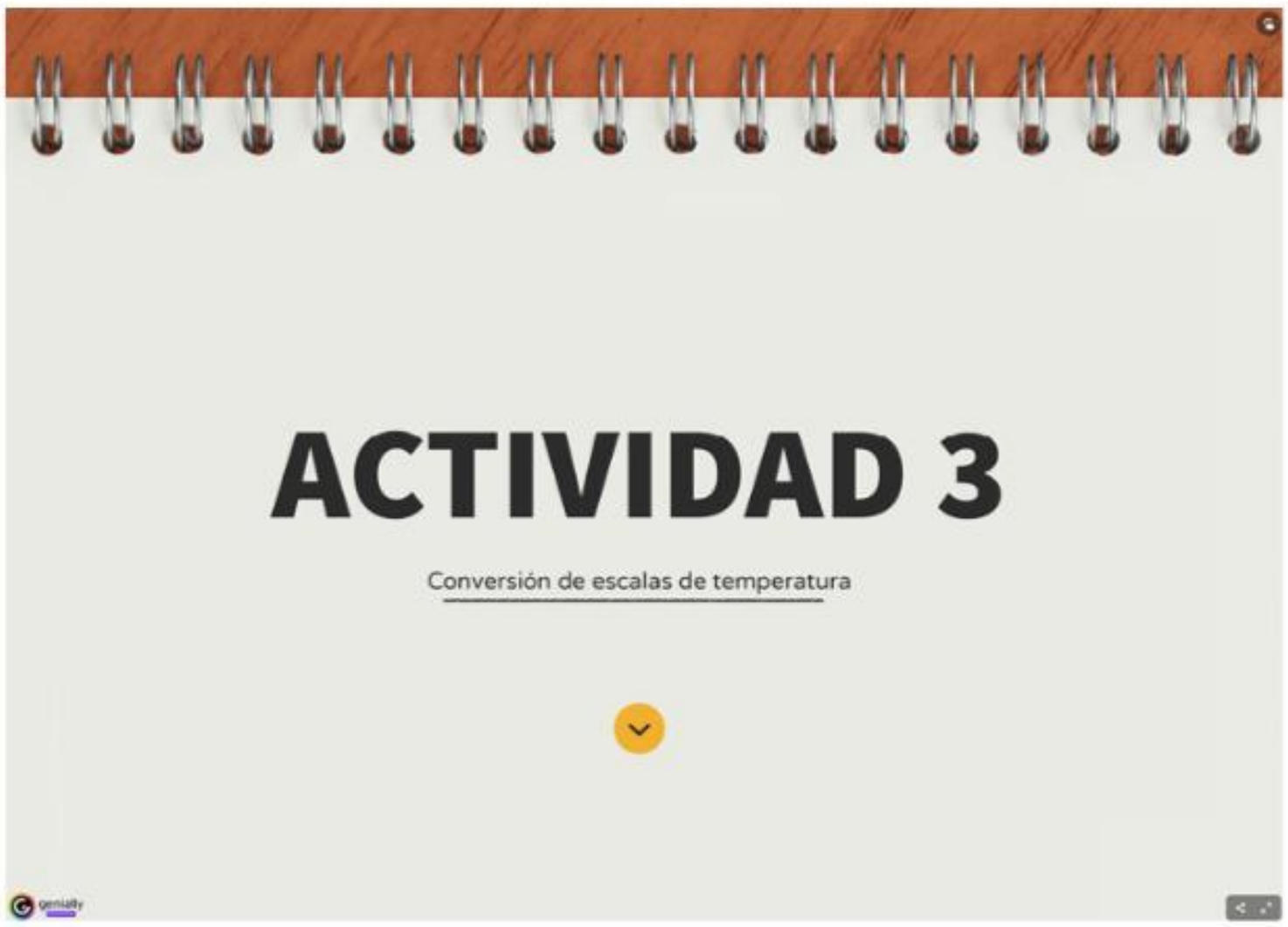
- Para convertir el valor de −30 °C a K, utilizamos la ecuación (6):

$$T_K = T_{°C} + 273.15 = -30 + 273.15 = 243.15\ K$$

Figura 16. Termómetro de mercurio.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Termómetro de mercurio]. https://chatgpt.com/c/67284377-021c-8008-8c81-03758f537b0b



Actividad 3.

Conversión de escalas de temperatura

Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

2.5 Dinámica de las moléculas

¿Alguna vez te has preguntado qué sucede dentro de un vaso de agua cuando lo dejas al sol? Aunque no lo puedas ver, en su interior está ocurriendo una verdadera danza invisible protagonizada por las moléculas que lo componen. Las moléculas de agua están en constante movimiento, chocando entre sí y con las paredes del vaso. Esta actividad es lo que llamamos dinámica molecular. Las **moléculas** nunca están quietas. Aunque el líquido parezca estático, sus moléculas se mueven rápidamente, sobre todo cuando aumenta la **temperatura.** Piensa en un grupo de personas en una pista de baile: cuando la música es tranquila, las personas se mueven con lentitud. Pero cuando la música se acelera, todos empiezan a moverse más rápido. Lo mismo sucede con las moléculas cuando la temperatura aumenta.

Cuando una sustancia se calienta, la energía cinética de sus moléculas aumenta, lo que provoca que estas vibren o se muevan con mayor intensidad. Este **incremento** en el movimiento molecular tiende a separar las moléculas entre sí, lo que provoca que el material ocupe más espacio, es decir, que se dilate.

Figura 17. El movimiento de las moléculas en un liquido es contínuo.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [El movimiento de las moléculas en un líquido es continuo]. https://chatgpt.com/c/67284377-021c-8008-8c81-03758f537b0b

2.6 Dilatación

Imagina lo que sucede con un balón de baloncesto si lo dejas expuesto a la radiación solar en una cálida tarde de verano: el aire en su interior se expande debido al aumento de temperatura. Este simple ejemplo ilustra cómo las estructuras de cualquier cuerpo, sin importar su estado de agregación, pueden expandirse y adaptarse a su entorno. Este principio es el mismo que se aplica en los termómetros convencionales de mercurio o alcohol, cuyo funcionamiento se basa en el fascinante fenómeno de que, a medida que una sustancia se calienta, su volumen crece. Esta expansión, conocida como dilatación térmica, no solo es fundamental para medir la temperatura, sino que también desempeña un papel crucial en la ingeniería. Las juntas de dilatación térmica, por ejemplo, se integran en edificios, puentes y carreteras de concreto para evitar daños estructurales causados por las fluctuaciones de temperatura.

Figura 18. La dilatación del aire dentro de un balón.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [El movimiento de las moléculas en un líquido es continuo]. https://chatgpt.com/c/67284377-021c-8008-8c81-03758f537b0b

2.6.1 Concepto

Aunque ya hemos mencionado este proceso, es necesario refrendar que:

Definición

Dilatación: también conocida como expansión térmica, es el fenómeno por el cual el volumen de una sustancia aumenta a medida que se incrementa su temperatura

En términos generales, la **dilatación** ocurre porque, al aumentar la temperatura de un cuerpo, las **partículas** que lo componen (ya sean átomos o moléculas) comienzan a **vibrar** con **mayor intensidad.** Esto sucede porque el calor les proporciona **energía adicional,** y al moverse más rápido y con mayor amplitud, necesitan más espacio. Este **aumento** en el **movimiento** causa que la distancia promedio entre las partículas se haga **más grande**, provocando que el **volumen total** de la sustancia **se expanda.**

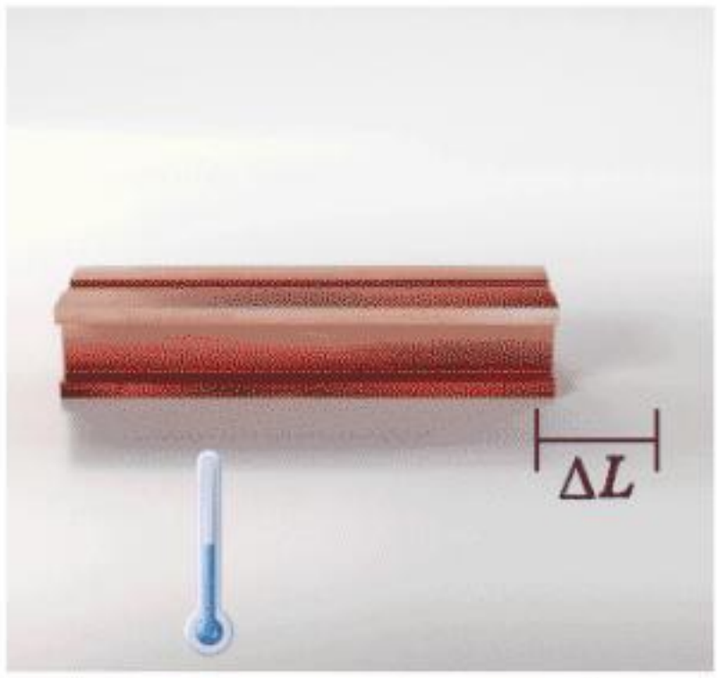
Lo interesante es que este fenómeno ocurre en todos los estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. En los sólidos, las partículas están muy cerca unas de otras y unidas de manera rígida, por lo que la dilatación es generalmente menos evidente, pero aún así, el material se expande un poco. En los líquidos, las partículas tienen más libertad de movimiento, por lo que la expansión es más notable que en los sólidos. En los gases, las partículas están mucho más separadas y se mueven libremente, así que cuando se calientan, tienden a expandirse bastante, ocupando un espacio mucho mayor.

2.6.2 Dilatación lineal, superficial y volumétrica

Cuando la temperatura aumenta, las vibraciones atómicas alcanzan una mayor amplitud, lo que provoca una alteración en el tamaño total del sólido. Si el cambio ocurre en una sola dirección, se denomina **dilatación lineal.** A través

través de experimentos, se ha determinado que el aumento en una dimensión, como la longitud de una barra, está relacionado tanto con su tamaño original como con la variación en la temperatura.

Figura 19. Dilatación lineal de una barra metálica.



Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia. [Dilatación lineal de una barra metálica].

La longitud original es L_i y la temperatura inicial es T_i . Cuando se calienta a una temperatura T_f, la nueva longitud de la barra se indica como L_f. Por lo tanto, un cambio en la temperatura, $\Delta T = T_f - T_i$, produce un cambio de longitud, $\Delta L = L_f - L_i$. El cambio de longitud proporcional está dado por

$$\Delta L = \alpha \cdot L_i \cdot (T_f - T_i) \tag{9}$$

donde α es la constante de proporcionalidad llamada el coeficiente de dilatación lineal. Como un incremento en la temperatura no produce el mismo aumento en la longitud en todos los materiales, el coeficiente α es una propiedad del material. Tras despejar a de la ecuación se obtiene:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_i (T_f - T_i)} \tag{10}$$

El coeficiente de dilatación lineal de una sustancia puede definirse como el cambio de longitud por unidad de longitud por cada grado que cambia la temperatura. El coeficiente de dilatación se expresa comúnmente en unidades de $1/℃$ o $(℃)^{-1}$, un coeficiente más alto indica que el material se expandirá más con el mismo incremento de temperatura en comparación con un material con un coeficiente más bajo. Este conocimiento es crucial en la ingeniería, ya que permite a los diseñadores y arquitectos calcular y anticipar los movimientos de las estructuras debido a cambios térmicos, asegurando así su estabilidad y durabilidad.

En la **Tabla 3** se listan los coeficientes de dilatación lineal para varios materiales. Observe que para estos materiales α es positiva, lo que indica un aumento de longitud con un aumento de temperatura.

Tabla 3. Coeficientes de dilatación lineal para algunos materiales.

Material	Coeficiente de dilatación lineal promedio (α) $[(℃)^{-1}]$	Material	Coeficiente de dilatación volumétrica promedio (ϒ) $[(℃)^{-1}]$
Aluminio	2.5×10^{-5}	Acetona	1.5×10^{-4}
Cobre	1.7×10^{-5}	Alcohol etílico	1.12×10^{-4}
Concreto	1.2×10^{-5}	Gasolina	9.6×10^{-4}
Hierro	1.2×10^{-5}	Glicerina	4.85×10^{-4}
Plomo	2.9×10^{-5}	Trementina	9.0×10^{-4}

Plata	2.0×10^{-5}	Mercurio	1.82×10^{-4}
Latón	1.9×10^{-5}	Benceno	1.24×10^{-4}
Vidrio	0.9×10^{-5}		
Vidrio (Pyrex®)	0.3×10^{-5}		
Acero	1.2×10^{-5}		

Nota. Fuente: Morales V., P. (2024). Elaboración propia. [Coeficientes de dilatación].

Ejemplo

Imagina que estás diseñando un tramo de riel de acero para una vía férrea que atraviesa una región con temperaturas extremas. Durante el invierno, cuando la temperatura es de $2\ °C$, el riel tiene exactamente $12.000\ \mathrm{m}$ de longitud. Sin embargo, cuando llega el verano, la temperatura se eleva hasta los $40\ °C$.

Tu misión es calcular cuánto se expandirá el riel debido a este aumento de temperatura.

Solución

- Considerando que el riel es una barra que podría experimentar dilatación lineal, se puede usar la ecuación (9) para determinar cuánto se expande este riel; antes habrá que considerar que la longitud inicial del riel es $L_i = 12.000\ \mathrm{m}$, además se debe tomar el cuenta el coeficiente de dilatación lineal del acero reportado en la **Tabla 3** es, $\alpha_{acero} = 1.2\times10^{-5}\frac{1}{°C}$; además se nos proporciona que $T_i = 2\ °C$ y $T_f = 40°C$, de tal manera que al sustituir los datos adecuadamente, se tiene que:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_i \cdot (T_f - T_i) = \left(1.2\times10^{-5}\frac{1}{°C}\right)(12.000\ \mathrm{m})(40°C - 2°C)$$

$$\Delta L = 0.005\ \mathrm{m}$$

- De tal manera que la dilatación longitudinal para el riel es $\Delta L = 0.005\ \mathrm{m}$.

Figura 20. Dilatación de los rieles de una via de tren.



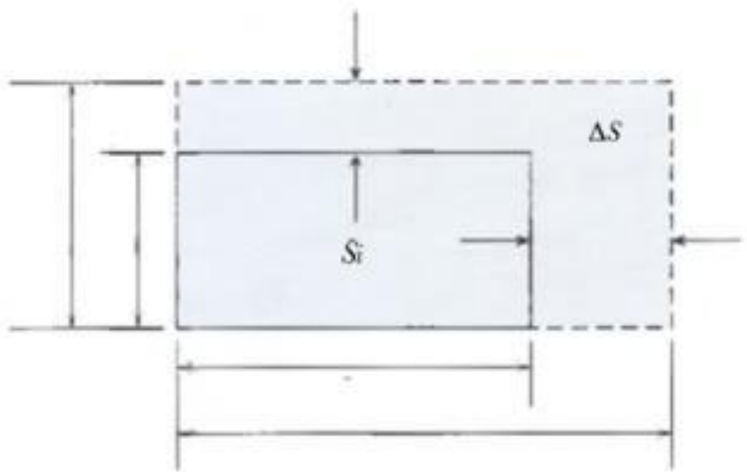
Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Dilatación de los rieles de una via de tren]. https://chatgpt.com/c/67284377-021c-8008-8c81-03758f537b0b

Una simple variación en la temperatura puede cambiar el tamaño de una superficie entera, como si una placa de metal o una lámina de vidrio "respiraran" al calor del sol. Este fenómeno, llamado dilatación superficial, es esencial en campos como la arquitectura y la ingeniería, ya que cualquier expansión o contracción en las superficies puede afectar la estabilidad de estructuras completas. Conocer y anticipar este tipo de dilatación permite diseñar desde puentes hasta edificios de manera que se adapten y resistan los cambios térmicos del entorno sin sufrir daños.

La dilatación superficial ocurre cuando un objeto bidimensional (como una placa o lámina) aumenta su área debido a un cambio de temperatura. Este tipo de dilatación es importante cuando se trata de objetos planos o superficies que se expanden uniformemente en dos dimensiones.

$$\Delta S = \beta \cdot S_i \cdot (T_f - T_i) \qquad (10)$$

Figura 21. Dilatación de una placa metálica cuando aumenta la temperatura de la misma.



En esta ecuación:

ΔS = cambio de área inducido por el cambio en temperatura
β = coeficiente de dilatación superficial en $\frac{1}{°C}$
Si = es el área inicial
Tf = es la temperatura final en °C
Ti = es la temperatura inicial en °C

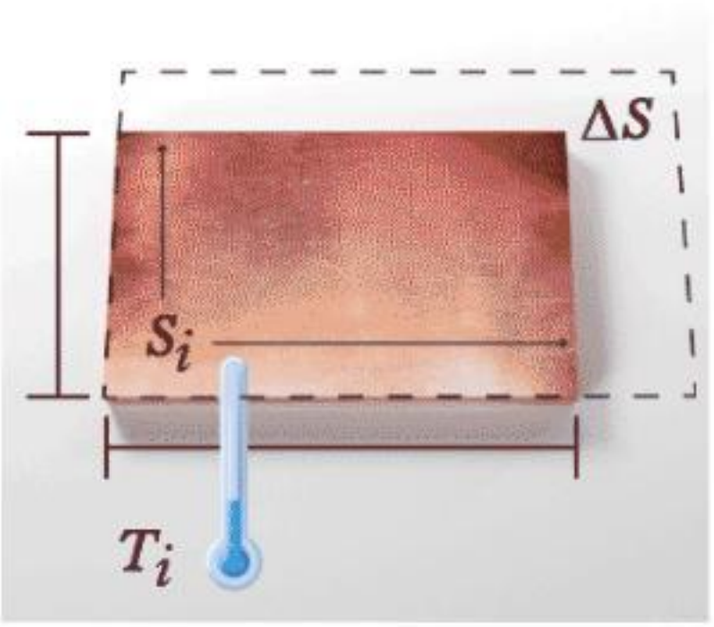
El **coeficiente de dilatación superficial,** β (beta) es aproximadamente el doble del coeficiente de dilatación lineal, es decir:

$$\beta = 2\alpha \qquad (11)$$

Practiquemos un poco con la dilatación superficial.

Ejemplo

Una misión más: ahora eres un ingeniero en una fábrica de piezas de precisión, y tu tarea es evaluar el comportamiento de los materiales bajo cambios de temperatura. Una de las piezas clave que estás estudiando es una placa cuadrada de cobre, utilizada en un dispositivo sensible al calor. La placa tiene lados de $4.000\ \text{cm}$ y actualmente está a una temperatura de $20\ °C$. Sin embargo, durante el proceso de fabricación, la temperatura de la placa se eleva hasta $120\ °C$. Tu misión es calcular el incremento en el área de la placa debido a este aumento de temperatura.



Solución

- Debido a la descripción sabemos que las placas cuadradas de cobre experimentarán una dilatación superficial cuando aumente su temperatura, de modo que la fórmula (10) es aplicable.
- Es imprescindible determinar el área inicial de las placas de cobre

$$S_i = (4.000\ \text{cm})^2 = 16.00\ \text{cm}^2$$

- Además, también precisamos saber el coeficiente de dilatación superficial a partir de α_{cobre}:

$$\beta = 2\alpha = 2\ (1.7 \times 10^{-5}\ \tfrac{1}{°C}) = 3.4 \times 10^{-5}\ \tfrac{1}{°C}$$

- Al sustituir los valores en la ecuación (10),setiene:

$$\Delta S = \beta \cdot S_i \cdot (T_f - T_i) = (3.4 \times 10^{-5}\ \tfrac{1}{°C})(16.00\ \text{cm}^2)(120°C - 20°C)$$

$$\Delta S = 0.054\ \text{cm}^2$$

- De forma que cada placa al ser calentada experimentará una dilatación superficial de $\Delta S = 0.054\ \text{cm}^2$

La dilatación volumétrica es el aumento en el volumen de materiales tanto líquidos como sólidos, cuando suele haber un aumento en su temperatura

La expansión de un material al calentarse ocurre de manera uniforme en todas las direcciones; por lo tanto, el volumen de un líquido o sólido aumentará de forma predecible cuando la temperatura se eleve. Siguiendo un razonamiento similar al utilizado en las dilataciones lineal y superficial, se derivan las siguientes fórmulas para la expansión volumétrica.

$$\Delta V = \gamma \cdot V_i \cdot (T_f - T_i) \qquad (12)$$

El símbolo γ (gamma) es el **coeficiente de dilatación volumétrica.** Representa el cambio en volumen por unidad de volumen por cada grado que cambia la temperatura. Para materiales sólidos es aproximadamente el triple del coeficiente de dilatación lineal.

$$\gamma = 3\alpha \qquad (13)$$

Los coeficientes de dilatación correspondientes a diferentes líquidos aparecen en la **Tabla 3.** La separación molecular en el caso de los gases es tan grande que todos ellos se dilatan más o menos en la misma proporción.



Ejemplo

Eres el científico a cargo de un experimento delicado en un laboratorio de investigación de materiales. Para tu ensayo, has llenado un frasco de vidrio con mercurio hasta el borde a una temperatura ambiente de $20\ ℃$**. Pero tu experimento implica exponer el sistema a un aumento de temperatura hasta** $100\ ℃$**.**

Sabes que tanto el vidrio como el mercurio experimentarán expansión térmica, pero te preocupa un detalle importante: ¿cuánto mercurio se desbordará del frasco cuando la temperatura alcance el máximo de $100\ ℃$**?**

Datos técnicos del desafío:

- Volumen inicial del frasco: $200\ \text{cm}^3$ (completamente lleno de mercurio a $20\ ℃$)
- Coeficiente de dilatación volumétrica del mercurio: $1.82 \times 10^{-4} ℃^{-1}$
- Coeficiente de dilatación volumétrica del vidrio: $0.3 \times 10^{-5}\ ℃^{-1}$
- Cambio de temperatura: $\boldsymbol{\Delta T = 100\ ℃ - 20\ ℃ = 80\ ℃}$

Solución:

- Primero se calcula el cambio de volumen del mercurio, el volumen inicial del vaso de vidrio es el mismo que el volumen del fluido que contiene $(200\ \text{cm}^3)$, también recordamos que el coeficiente de dilatacición volumentica (γ) del mercurio lo podemos verificar de la tabla 1

$$\Delta V = \gamma \cdot V_i \cdot (T_f - T_i)$$

$$\Delta V = \left(1.82 \times 10^{-4} \frac{1}{℃}\right)(200\ \text{cm}^3)(100\ ℃ - 20\ ℃) = 2.912\ \text{cm}^3$$

- Ahora calculamos el cambio de volumen del vidrio, en este caso el coeficiente de dilatación del vidrio se obtiene $\gamma = 3\alpha$, y de esta manera:

$$\Delta V = 3(0.3 \times 10^{-5} \tfrac{1}{°C})(200\ \text{cm}^3)(100\ °\text{C} - 20\ °\text{C}) = 0.144\ \text{cm}^3$$

- El mercurio tiene un coeficiente de dilatación volumétrica más grande, lo que significa que el derrame equivaldrá a la diferencia entre la dilatación del mercurio y la del vidrio.

$$V_{\text{derramado}} = \Delta V_{\text{mercurio}} - \Delta V_{\text{vidrio}}$$

$$V_{\text{derramado}} = 2.912\ \text{cm}^3 - 0.144\ \text{cm}^3$$

$$V_{\text{derramado}} = 2.7\ \text{cm}^3$$



Actividad 4.

Dilatación
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

Resumen del Módulo

Este módulo analiza cómo la temperatura actúa como indicador del **contenido energético** de la materia y su influencia directa en los **cambios físicos** que ocurren en un sistema. La energía térmica se manifiesta principalmente en el **movimiento de las partículas**, de modo que, al aplicar calor, estas se agitan con mayor intensidad, lo que puede llevar a un cambio en el estado de agregación de la materia. Por ejemplo, cuando se calienta un sólido, sus partículas adquieren mayor energía cinética, lo que provoca un aumento en su temperatura y, eventualmente, su transición a estado líquido o gaseoso. Esto permite comprender por qué fenómenos como la fusión del hielo o la evaporación del agua dependen de la energía transferida al sistema.

El módulo destaca que **la temperatura** de un objeto no solo depende de la energía que recibe, sino también de su masa y composición. Cada material tiene una capacidad diferente para almacenar energía, lo que se conoce como **calor específico.** Por ello, cambiar la temperatura de una gran masa de agua requiere más energía que hacerlo con una pequeña. Además, los materiales responden de manera distinta según la naturaleza de sus átomos y moléculas, lo que explica por qué ciertos objetos se calientan más rápido que otros bajo las mismas condiciones.

Otro aspecto importante es la forma en que la energía se transfiere entre cuerpos. Esta transferencia siempre ocurre del objeto con mayor temperatura al de menor temperatura, y continuará hasta que ambos alcancen el equilibrio térmico. Este proceso es fundamental en situaciones cotidianas, como enfriar una bebida en el refrigerador o calentar una habitación en invierno.

Finalmente, el módulo subraya la relevancia de comprender estos conceptos para interpretar fenómenos del entorno. La energía térmica está presente en múltiples situaciones de la vida diaria, desde el funcionamiento de electrodomésticos hasta la preservación de alimentos. A través de ejemplos prácticos, se busca que los estudiantes identifiquen cómo la temperatura y la energía térmica afectan su entorno, fomentando una comprensión más cercana y útil de estos conceptos científicos.

1. La materia es todo aquello que ocupa un lugar en el espacio y tiene masa. Para entender su comportamiento y cambios en distintas condiciones, sus propiedades se clasifican en físicas y químicas. Las propiedades físicas describen características observables sin alterar la identidad química, como la masa, volumen, densidad, color, forma, estado de agregación, temperatura de ebullición, fusión, dilatación etc. Las propiedades químicas, por otro lado, describen la capacidad de transformación de una sustancia mediante reacciones químicas, incluyendo la reactividad y combustibilidad. Además, las propiedades de la materia pueden ser extensivas, que dependen de la cantidad de materia (ej. masa y volumen), o intensivas, que no dependen de esta (ej. densidad y color).

2. La materia puede encontrarse en diferentes estados de agregación, principalmente sólido, líquido y gaseoso, definidos por la disposición y movimiento de sus partículas. En el estado sólido, las partículas están muy juntas y organizadas en patrones fijos, lo que da forma y volumen definidos, como en el hielo o la madera. En el estado líquido, las partículas tienen mayor libertad de movimiento y adoptan la forma del recipiente, aunque mantienen un volumen definido, como el agua o el aceite. En el estado gaseoso, las partículas están muy separadas, se mueven libremente y no tienen forma ni volumen fijos, ocupando todo el espacio disponible, como el aire o el dióxido de carbono.

3. El agua, con sus propiedades únicas, es ideal para estudiar los cambios de estado como la fusión, evaporación, solidificación y condensación, los cuales demuestran cómo la materia

responde a la energía. En estado sólido (hielo), las moléculas de agua están unidas en una estructura que se expande al congelarse, lo cual permite que el hielo flote y proteja los ecosistemas acuáticos en invierno. Al fundirse, el hielo absorbe energía y se convierte en líquido, cuyas moléculas tienen más libertad de movimiento. La evaporación, donde el agua líquida pasa a gas, requiere energía para que las moléculas escapen, causando un efecto refrescante. La condensación, al contrario, es el proceso en el que el vapor de agua se enfría y vuelve a estado líquido, fundamental para el ciclo hidrológico y la formación de nubes. También ocurre la sublimación, donde el hielo pasa directamente a gas, y la deposición, en la que el vapor se transforma en hielo. Estos cambios de estado, impulsados por la transferencia de energía, no solo explican fenómenos cotidianos, sino que regulan el clima al redistribuir calor entre la atmósfera y la superficie terrestre, recordándonos la interacción constante entre energía y materia.

4. El calor latente es una forma de energía térmica que permite que una sustancia cambie su estado de agregación (como de sólido a líquido o de líquido a gas) sin experimentar un cambio en su temperatura. Esta magnitud física indica la cantidad de calor que una sustancia necesita absorber o liberar para transformar su estado. Entre sus características, el calor latente provoca cambios de estado sin aumentar la temperatura, se le conoce también como calor de vaporización, es parte de la teoría calórica y no es perceptible al tacto.

$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

5. La temperatura es una magnitud escalar que refleja la energía cinética de las partículas en una sustancia, influenciada por su velocidad: a mayor velocidad, mayor temperatura, y viceversa. Esta magnitud está asociada con las sensaciones de frío y calor y es clave para monitorear la salud humana y en diversos procesos industriales.

Existen distintas escalas para medir la temperatura: Celsius (agua congela a 0°C y hierve a 100°C), Fahrenheit (congelación a 32°F y ebullición a 212°F), Kelvin (utilizada en ciencia, donde el cero absoluto es –273°C), y Rankine (termodinámica en EE.UU., desde el cero absoluto). La conversión entre escalas es esencial en campos como la física y la ingeniería, facilitando el análisis de datos y la comprensión de fenómenos térmicos en varias disciplinas.

6. La dilatación térmica es el fenómeno por el cual los materiales aumentan su tamaño al calentarse. Este principio es la base de instrumentos como los termómetros de mercurio y es esencial en la ingeniería, pues permite integrar juntas de expansión en estructuras para evitar daños debido a variaciones de temperatura.

Existen tres tipos de dilatación:

1. Dilatación lineal: Ocurre en una sola dirección (por ejemplo, en una barra) y depende del coeficiente de dilatación lineal, α, que mide el cambio de longitud por grado de temperatura.

$$\Delta L = \alpha L_i (T_f - T_i)$$

2. Dilatación superficial: Sucede en objetos bidimensionales (como láminas) y depende del coeficiente β , que es aproximadamente el doble de α.

$$\Delta S = \beta S_i (T_f - T_i)$$

3. Dilatación volumétrica: Afecta a objetos tridimensionales y depende del coeficiente γ, que equivale a tres veces α. Este tipo de dilatación es relevante para sólidos y líquidos.

$$\Delta V = \gamma V_i (T_f - T_i)$$

Introducción

La **Universidad Autónoma del Estado de México** (UAEMéx), a través de la **Dirección de Educación Media Superior** (DENMS) y con el apoyo de los autores que son docentes comprometidos con la enseñanza de la Física, ponemos a tu disposición este material didáctico. Este ebook está diseñado especialmente para acompañarte en tu aprendizaje y facilitarte el estudio de una de las ciencias más apasionantes y fundamentales: la Física.

Si el semestre pasado tuviste la oportunidad de trabajar con ebooks, seguro ya sabes que estos están pensados para ser claros, útiles y cercanos a tus necesidades como estudiante. Ahora es momento de dar un paso más y sumergirte en nuevos conceptos, desde el movimiento y la energía hasta los fenómenos térmicos y las leyes que rigen el comportamiento de los sistemas. Este libro no solo busca enseñarte teoría, sino también mostrarte cómo estos principios se aplican en la vida cotidiana, en la naturaleza y en la tecnología que usas todos los días.

Este material está dirigido a ti, estudiante del Bachillerato Universitario de la UAEMéx. A lo largo de los años, este sistema educativo ha sido cuna de grandes talentos que, gracias a su esfuerzo y dedicación, se han convertido en profesionales destacados y líderes en diversas áreas del conocimiento. Muchos de nuestros egresados no solo han brillado en nuestra universidad, sino también en instituciones de prestigio a nivel nacional e internacional. Este libro, como parte de tu formación, busca contribuir a que sigas este camino de excelencia, no solo en tus estudios actuales, sino también en los retos que enfrentes en el futuro.

Hemos integrado en este mateiral un enfoque basado en el Marco Curricular Común de la Educación Media Superior, que prioriza tu formación integral. Esto significa que el aprendizaje se construye poco a poco, conectando los conceptos con tus experiencias, habilidades y curiosidades. Este enfoque pretende que no solo memorices fórmulas o datos, sino que realmente comprendas cómo funciona el mundo físico y cómo estos conocimientos pueden ser útiles en tu vida diaria.

El libro está dividido en cuatro módulos:

I. **Energía y Movimiento:** Aquí aprenderás sobre qué es la energía, cómo se mide y cómo se manifiesta en situaciones cotidianas como el movimiento de un balón o la transferencia de calor al cocinar.

II. **Temperatura y sus Manifestaciones**: En este módulo descubrirás cómo la temperatura afecta a los materiales, cómo cambia el estado de la materia y cómo se mide la energía térmica.

III. **Termodinámica:** Este apartado te llevará a conocer las leyes fundamentales que rigen la energía en los sistemas físicos y su importancia en la tecnología y la naturaleza.

IV. **Mecánica de Fluidos y Energía Sustentable:** Finalmente, este módulo explora fenómenos como el flujo de líquidos, la presión y las innovaciones en energías renovables, como la solar y la eólica.

Este libro no es solo un compendio de teorías y ejercicios, es una invitación a observar el mundo con ojos curiosos y reflexivos. La Física está presente en todo lo que haces: al encender tu móvil,

Cada material tiene su propio coeficiente de dilatación, lo que permite predecir su comportamiento ante cambios de temperatura y asegurar la estabilidad de las estructuras.

Actividad 5.

Ejercicio autoevaluable

Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido en este módulo acerca de los temas vistos.

Realiza el siguiente ejercicio, para comenzar, revisa en la plataforma SEDUCA la sección de Actividades (Estudiante) y responde a la actividad denominada M2 Cuestionario Final.

Glosario

Calor: Energía transferida entre objetos debido a una diferencia de temperatura, medida en joules (J) en el Sistema Internacional.

Calor latente: Energía requerida para que una sustancia cambie de estado (sólido a líquido o líquido a gas) sin modificar su temperatura.

Calor sensible: Energía térmica que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, sin alterar su estado físico.

Combustibilidad: Propiedad que indica si una sustancia puede quemarse en presencia de oxígeno para liberar energía.

Densidad: es una propiedad física que mide la cantidad de masa presente en un volumen determinado de una sustancia.

Expansión Térmica: Fenómeno por el cual un material aumenta su volumen cuando se eleva su temperatura. Esto ocurre porque las partículas que forman el material se mueven más rápidamente y ocupan más espacio al aumentar la temperatura, lo que provoca la dilatación del objeto en una o más dimensiones.

Incremento: Aumento o variación positiva en el valor de una magnitud, como temperatura, longitud, o volumen, debido a cambios externos, como el calentamiento o la expansión térmica.

Lonjitud: Medida de la distancia entre dos puntos en el espacio, generalmente expresada en unidades como metros (m), centímetros (cm) o kilómetros (km).

Propiedades físicas: Características que pueden ser observadas o medidas sin cambiar la composición de la materia, como el color, dureza y punto de fusión.

Propiedades químicas: Características que describen la capacidad de una sustancia para transformarse en otra, como la combustión o oxidación.

Reactividad: Capacidad de una sustancia para interactuar con otras, causando cambios químicos.

Superficie: Medida del área que cubre una figura o cuerpo en dos dimensiones, expresada en unidades cuadradas como metros cuadrados (m^2) o centímetros cuadrados (cm^2).

Temperatura: Medida de la energía cinética promedio de las partículas de una sustancia, que indica su grado de calor o frío. Se expresa en grados Celsius (°C), Fahrenheit (°F) o Kelvin (K).

Termodinámica: Rama de la física que estudia la transferencia y conversión de energía, especialmente en forma de calor y trabajo, y cómo estas interacciones afectan las propiedades de la materia.

Volumen: Medida del espacio tridimensional que ocupa un cuerpo o sustancia, expresada en unidades cúbicas como metros cúbicos (m^3) o litros (L).

Referencias

Bibliográficas

- Pérez Montiel, Héctor (2015). *Física General* (5ª ed) Ed. Patria: México. ISBN 9786077440468
- Tippens, P. (2007). *Física, conceptos y aplicaciones* (7ª ed) Mc Graw Hill: México.
- Serway, R. A., & Vuille, C. (2013). *Fundamentos de física* (10ª ed.). Cengage Learning. ISBN: 978-6075265629

Módulo III

Termodinámica

Propósito de Módulo

Aplica los principios de conservación de la energía y la materia en sistemas físicos y termodinámicos, enfocándose en la capacidad de identificar cómo la energía se transforma, se conserva y afecta el funcionamiento de los sistemas cerrados.

Presentación

La **energía** puede **entrar o salir de un sistema termodinámico** a través de una diferencia de temperatura con otro sistema (es decir, mediante el **calor**) o aplicando una fuerza a lo largo de una distancia (lo que llamamos **trabajo**). Así, la energía puede transformarse en otras formas en otros sistemas.

Por ejemplo, en el motor de un automóvil, el combustible se quema para calentar un gas. Este gas realiza trabajo al empujar un pistón hacia afuera, aplicando una fuerza a lo largo de una distancia. Este trabajo convierte la energía del combustible en varias otras formas: parte de ella se usa para mover el automóvil, aumentando su energía cinética o su energía potencial (cuando sube una pendiente); otra parte se transforma en energía eléctrica para encender las bujías, la radio y las luces; y algo de esta energía se almacena nuevamente en la batería del automóvil.

Sin embargo, la mayor parte de la energía térmica que se produce al quemar el combustible no es utilizada para hacer trabajo en el motor. En lugar de eso, mucha de esta energía se pierde al entorno en forma de calor, lo cual no es muy eficiente. Los motores de los automóviles solo aprovechan entre un 25 y un 30 por ciento de la energía del combustible. Esta ineficiencia aumenta los costos de combustible, por lo que hay gran interés en mejorar la eficiencia.

Pero, incluso con tecnología moderna, los motores de gasolina no pueden hacerse mucho más eficientes. Lo mismo ocurre en las plantas de energía, donde se convierte energía de combustibles como carbón, petróleo, gas natural o energía nuclear en electricidad. ¿Por qué es tan difícil mejorar esta eficiencia?

La respuesta está en la manera en la que funciona el calor. Las leyes básicas de la física explican cómo se transfiere el calor para realizar trabajo y establecen un límite en la eficiencia máxima que se puede lograr en este proceso. En este módulo, exploraremos estas leyes y cómo se aplican en máquinas que usamos todos los días.

Estos temas forman parte de la **Termodinámica,** la cual es el área de la física que estudia el calor y su relación con el trabajo.

Antes de abordar directamente estos temas tenemos que hacer referencia a algunos conceptos que se volverán importantes a medida que avanzamos en nuestro estudio de la termodinámica, estos son:

Definición

Sistema termodinámico: es una porción específica de materia o espacio que se estudia para analizar los intercambios de energía y materia con su entorno. En termodinámica, el sistema es todo aquello en lo que nos enfocamos, mientras que el **entorno** es todo lo que lo rodea.

Existen tres tipos principales de sistemas termodinámicos:

1. **Sistema abierto:** Intercambia tanto energía como materia con su entorno. Un ejemplo es una olla destapada en la estufa, donde el calor y el vapor pueden escapar al aire.

2. **Sistema cerrado:** Permite el intercambio de energía, pero no de materia. Un ejemplo sería una olla con tapa, donde el calor puede salir, pero el vapor no.

3. **Sistema aislado:** No intercambia ni energía ni materia con su entorno. Un termo ideal sería un ejemplo, ya que mantiene el calor y no permite el intercambio de materia con el exterior.

A continuación, mostramos cinco ejemplos de sistemas termodinámicos, y así mismo se muestra la clasificación a la que pertenecen:

Figura 1. Ejemplo de sistema cerrado.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Ejemplo de sistema cerrado]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2 https://chatgpt.com/c/67284377-021c-8008-8c81-03758f537b0b

1. **Una botella de agua cerrada y sellada** (Sistema cerrado): En este sistema, el agua y el aire dentro de la botella no pueden salir ni entrar, lo que significa que la masa (o materia) permanece constante. Sin embargo, si colocamos la botella en el sol, el calor del exterior puede entrar y aumentar la temperatura del agua. Este es un sistema cerrado porque solo permite el intercambio de energía (calor), pero no de materia, es decir debido a que la botella tiene una taparroscas, esta impide que el líquido pueda salir de la misma.

Figura 2. Ejemplo de un sistema abierto.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Ejemplo de sistema abierto]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

2. **Una taza de café caliente** (Sistema abierto): Cuando tienes una taza de café caliente, tanto el calor como el vapor (agua en estado gaseoso) pueden escapar al aire. La taza de café se enfría a medida que pierde energía y masa en forma de vapor de agua. Este es un sistema abierto, ya que permite el intercambio de energía y materia con el entorno.

Figura 3. Ejemplo de un sistema aislado.



Nota. Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Ejemplo de sistema aislado]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

3. **Un termo de café** (Sistema aislado): Un termo ideal está diseñado para mantener la temperatura del líquido que contiene, ya sea caliente o frío, durante mucho tiempo. En teoría, no permite el intercambio de calor (energía) ni de masa con el entorno, lo que lo convierte en un sistema aislado. Este tipo de sistema es útil para entender cómo se conserva la energía sin pérdidas.

4. **El motor de un automóvil** (Sistema cerrado): El motor de un auto quema combustible para generar energía y mover el automóvil. Aunque el motor produce gases que se expulsan por el escape (lo que podría parecer un sistema abierto), se considera un sistema cerrado en el estudio de su funcionamiento, porque lo que se analiza es el ciclo de trabajo dentro del motor, donde la materia no entra ni sale. Lo que cambia es la energía: el calor generado se convierte en trabajo que impulsa el auto.

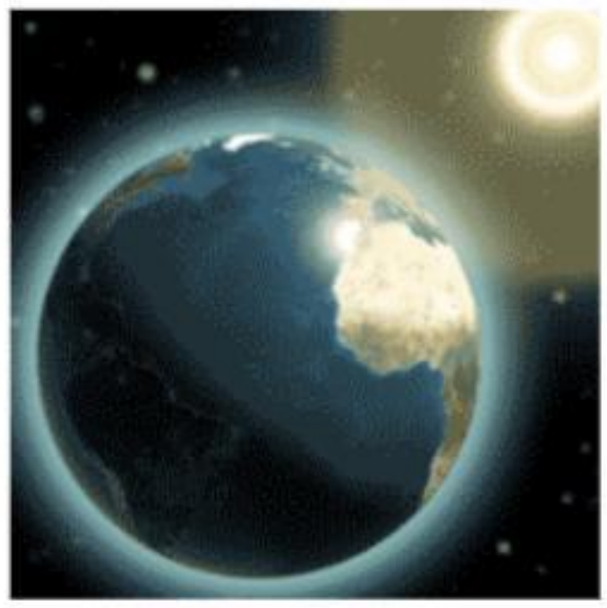
Figura 4. Un motor de auto es un ejemplo de un sistema cerrado de uso habitual



Nota. Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Un motor de auto es un ejemplo de un sistema cerrado de uso habitual.]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

5. **La Tierra** (Sistema cerrado en términos de masa, pero abierto en energía): La Tierra recibe energía del sol (luz y calor) y emite energía hacia el espacio. Sin embargo, la cantidad de masa (como el agua, rocas, etc.) dentro de la Tierra prácticamente no cambia, ya que no entra ni sale materia significativa del planeta. Por esta razón, se considera un sistema cerrado en cuanto a la materia, pero un sistema abierto en términos de energía.

Figura 5. La tierra es una Sistema abierto.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La tierra es un sistema abierto]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

3.1 Ley cero de la termodinámica

En los módulos que ya vimos, hablamos de cómo, al entrar en contacto, el calor se mueve del objeto o sistema con mayor temperatura hacia el que está más frío. Esta transferencia de calor sigue su curso hasta que los dos se igualan en temperatura. En ese momento, decimos que están en equilibrio térmico, y ahí es cuando los cambios de temperatura se detienen, siempre y cuando no estén conectados con otros sistemas externos.

Los sistemas, al tener temperaturas distintas, pueden afectar uno al otro. Sin embargo, cuando alcanzan una misma temperatura, esta interacción se detiene y entran en lo que llamamos equilibrio térmico. Esto ocurre si los dos cuerpos pueden intercambiar calor entre sí. En cambio, si no tienen esa capacidad de intercambio, nunca llegarán a igualar sus temperaturas. Un ejemplo claro es el vacío que separa a la Tierra del Sol: este vacío impide el equilibrio térmico directo con el Sol, lo cual es esencial, ya que de otra forma, la vida en la Tierra sería imposible.

Figura 6. Tres cuerpos en equilibrio térmico.



Nota. Fuente: Cruz V.,O. (2024). Elaboración propia [Tres cuerpos en equilibrio].

Además, existe una relación importante: si dos sistemas, **A** y **B**, están en equilibrio térmico entre sí, y el sistema **B** está en equilibrio térmico con un tercer sistema, **C**, entonces el sistema **A** también estará en equilibrio térmico con el sistema **C**. Aunque esta afirmación puede parecer obvia, porque los tres tendrían la misma **temperatura**, es una idea fundamental en termodinámica. A esta idea se le conoce como la **Ley Cero de la Termodinámica.**

Quizás te preguntes en este punto, **¿Por qué el nombre tan extraño? ¿No debería llamarse esta la primera ley de la termodinámica en lugar de la ley cero?** La explicación es que esta ley se descubrió después de la primera y la segunda ley de la termodinámica, pero es tan fundamental que los científicos decidieron que, lógicamente, debería ir al principio.

Un ejemplo de la ley cero en acción se puede ver en los bebés recién nacidos que están en las unidades de cuidados intensivos neonatales de los hospitales. Los bebés que nacen antes de tiempo o que están enfermos son colocados en incubadoras especiales. Estos bebés tienen muy poca ropa mientras están en la incubadora, por lo que, al observarlos, parecería que no están lo suficientemente abrigados. Sin embargo, dentro de la incubadora, la temperatura del aire, de la cuna y del bebé es la misma; en otras palabras, están en equilibrio térmico. La temperatura del ambiente está lo suficientemente alta como para mantener al bebé seguro y cómodo.

Figura 7. Un bebé y la Ley Cero.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Un bebé y la Ley Cero]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2



Actividad 1.

Ley cero de la termodinámica
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

3.2 Primera ley de la termodinámica

Antes de estudiar **la Primera Ley de la Termodinámica,** es importante primero entender la relación entre variables de un sistema termodinámico como la **presión**, P, el **volumen**, V y la **temperatura**, T.

Definición

Presión: Se refiere a la fuerza que se aplica de forma perpendicular sobre un área específica.

Podemos determinar la presión a través de la siguiente relación:

$$P = \frac{F}{A} \tag{1}$$

Donde:

- F = Es la fuerza que se aplica en N
- A = Es el área (en $\mathrm{m^2}$) que es aplicada la fuerza
- P = Es la presión que se ejerce en $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2}}$

La unidad de medida en que se mide la presión es el Pascal (Pa) que tiene la siguiente equivalencia:

$$1\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2}} = 1\,\mathrm{Pa}$$

Otras unidades de medida para la presión son las atmósferas (atm), los bar (bar), los milímetros de mercurio (mmHg) y las libras sobre pulgada cuadrada $(\mathrm{psi}$, *pounds over square inch*); a continuación se expresan en las equivalencias entre estas unidades:

$$1\,\mathrm{atm} = 101325\,\mathrm{Pa}$$
$$1\,\mathrm{bar} = 100000\,\mathrm{Pa}$$
$$1\,\mathrm{atm} = 760\,\mathrm{mmHg}$$
$$100\,\mathrm{kPa} = 14.5\,\mathrm{psi}$$

La presión es un concepto que se aplica en todos los estados de la materia, pero es especialmente importante cuando hablamos de fluidos, como el aire o el agua. Es posible que hayas escuchado la palabra "presión" en otros contextos, como en la **presión arterial** (cuando se mide si una persona tiene la presión alta o baja) o en la **presión atmosférica** (que se relaciona con las condiciones del clima, como sistemas de alta o baja presión). Estos son solo dos ejemplos de cómo la presión se presenta en los fluidos. En el caso de la presión arterial, el fluido es la sangre, y la presión se mide para ver cómo circula en las arterias del cuerpo. En el clima, la presión atmosférica se debe a la capa de aire que rodea la Tierra y afecta fenómenos como el viento y las precipitaciones.

Ejemplo

Imagina que una enfermera está atendiendo a un paciente y realiza dos acciones distintas en su brazo para prepararlo para una inyección. Primero, presiona suavemente el brazo del paciente con su dedo para ubicar el lugar ideal. Para ello, aplica una fuerza de $5.00\ \mathrm{N}$ con la yema de su dedo, que tiene un área de contacto de $2.00\ \mathrm{cm}^2$. Después, al aplicar la inyección, usa una jeringa y presiona con la misma fuerza de $5.00\ \mathrm{N}$, pero esta vez el área de contacto es mucho menor, de solo $0.01\ \mathrm{cm}^2$ (el tamaño de la punta de la aguja).

Solución:

- Para calcular la presión en la primera situación, en la cual la enfermera aplica una fuerza de $F = 5.00\ \mathrm{N}$ con la yema de su dedo sobre el brazo del paciente, utilizamos la fórmula de presión:

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

donde $A = 2.00\ \mathrm{cm}^2$ es el área de contacto. Convertimos esta área a metros cuadrados usando la relación $1\ \mathrm{m}^2 = 10000\ \mathrm{cm}^2$:

$$P = \frac{5.00\ \mathrm{N}}{(2.00\ \mathrm{cm}^2)\left(\frac{1\ \mathrm{m}^2}{10000\ \mathrm{cm}^2}\right)} = 2.50 \times 10^4\ \mathrm{Pa}$$

- En la segunda situación, la enfermera aplica la misma fuerza de $F = 5.00\ \mathrm{N}$ pero sobre un área mucho menor de $A = 0.01\ \mathrm{cm}^2$, correspondiente al área de la punta de la aguja. Aplicando nuevamente la fórmula para la presión:

$$P = \frac{5.00\ \mathrm{N}}{(0.01\ \mathrm{cm}^2)\left(\frac{1\ \mathrm{m}^2}{10000\ \mathrm{cm}^2}\right)} = 5.00 \times 10^6\ \mathrm{Pa}$$

- Al comparar los valores de presión en ambas situaciones, notamos que al reducir el área de aplicación de $2.00\ \mathrm{cm}^2$ a $0.01\ \mathrm{cm}^2$, la presión aumenta considerablemente. Esto explica por qué sentimos dolor al recibir una inyección: la presión generada por la aguja es mucho mayor debido a su pequeño tamaño de contacto.

Figura 7. Presión ejercida por un dedo y una aguja.



Nota. Fuente: Cruz V., O. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Presión ejercida por un dedo y una aguja]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Entre los tres estados de agregación más comunes (sólido, líquido y gaseoso), el más susceptible a la aplicación de la presión es el gaseoso, pues cuando se aplica una mayor o menor presión a una sustancia gaseosa, el volumen de esta puede variar considerablemente. Los estados sólido y líquido se consideran incompresibles.

Lo mismo que se puede aplicar presión sobre algunos cuerpos, como en el ejemplo pasado: la presión la ejerce primero un dedo o una aguja sobre la piel; también es cierto que las sustancias pueden ejercer presión sobre otros cuerpos, es decir, un gas posee una presión interna y la ejerce sobre los paredes de su contenedor o sobre una superficie sólida o líquida; de igual forma, un sólido ejerce la presión de su peso sobre la superficie que lo soporta y, un líquido también ejerce

al jugar deportes, al cocinar, incluso al caminar por la calle. Nuestro objetivo es que, a través de estas páginas, no solo aprendas, sino que también encuentres una forma distinta de entender y valorar el entorno que te rodea.

Recuerda que aprender Física no es una tarea sencilla, pero con paciencia, interés y dedicación, podrás dominar cada tema. Este libro está aquí para guiarte, pero el verdadero motor de tu aprendizaje eres tú. Te animamos a hacer preguntas, experimentar, equivocarte y volver a intentarlo. Al final del camino, te darás cuenta de que cada esfuerzo vale la pena.

Bienvenido a esta nueva etapa, ayúdanos a: **¡Que la Física te sorprenda y te inspire!**

una presión sobre los cuerpos que se sumergen en él y que se denomina presión hidrostática; seguramente has experimentado los efectos de esta presión cuando te has sumergido en una alberca llena con agua, cuanto más te sumerges el valor de la presión crece.

Para determinar la presión de un sólido debido a su peso se puede usar la siguiente expresión:

$$P = \frac{m \cdot g}{A} \tag{2}$$

En donde:

- P = la presión en Pa debida al peso de un objeto
- m = es la masa en kg del objeto
- g = es el valor de la aceleración de la gravedad (9.81)
- A = es el área en m^2 en que se ejerce la presión.

En tanto que, para determinar la presión debida a un líquido, se emplea la siguiente expresión:

$$P = \rho \quad \cdot \quad \mathrm{g} \quad \cdot \quad \mathrm{h} \tag{3}$$

En donde:

- P = es la presión hidrostática en Pa
- ρ = es la densidad del líquido en $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$
- g = es el valor de la aceleración de la gravedad $(9.81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2})$
- h = es la altura o profundidad en m a la que se aplica la presión

La presión interna de un gas la puedes determinar a partir de la ecuación de estado del gas ideal, que expresa la relación que existe entre las variables termodinámicas P, T y V:

$$P = \frac{nRT}{V} \tag{4}$$

En que:

- P = es la presión interna del gas en Pa
- n = es el número de mol del gas
- T = es la temperatura absoluta en K del gas
- V = es el volumen que ocupa el gas en m^3
- R = es la constante universal de los gases

Esta constante universal de los gases puede tener valores y unidades distintos y depende de las unidades que adopten la presión y el volumen, por ejemplo, para una presión en Pa y el volumen en m^3:

$$R = 8.314 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}}$$

Pero cuando la presión se expresa en atm y el volumen en L, entonces:

$$R = 0.0821 \frac{\mathrm{L} \cdot \mathrm{atm}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}}$$

Practiquemos ahora con las ecuaciones (2), (3) y (4).

Ejemplo

Ana quiere decorar su habitación colocando una estatua en su escritorio. La estatua tiene una masa de $12.0\ \text{kg}$ y su base es rectangular con dimensiones de $20.0\ \text{cm} \times 30.0\ \text{cm}$. Ana se pregunta si el escritorio soportará la presión ejercida por la estatua. Determina la presión que la estatua ejerce sobre la superficie del escritorio.

Solución:

- Requerimos determinar la presión que ejerce la estatua sobre el escritorio a través de la ecuación (2), conocemos la masa de la estatua y que es igual a $12.0\,\text{kg}$.
- El ejemplo nos indica que tiene una base rectangular, de modo que debemos determinar el área correspondiente, pero primero sabemos que las dimensiones las debemos expresar en metros en lugar de centímetros: $30.0\,\text{cm} = 0.300\,\text{m}$ y $20.0\,\text{cm} = 0.200\,\text{m}$

$$A = (0.300\,\text{m})(0.200\,\text{m}) = 0.0600\,\text{m}^2$$

- De modo que, la presión que ejerce la estatua sobre el escritorio es:

$$P = \frac{\text{m} \cdot \text{g}}{\text{A}} = \frac{(12.0\,\text{kg})(9.81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{0.0600\,\text{m}^2} = 1962\ \text{Pa}$$

- Sabemos que las unidades resultantes para la presión son Pa por el siguiente análisis dimensional (análisis de unidades):

$$[P] = \frac{[m]\cdot[g]}{[A]} = \frac{\text{kg}\cdot\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

Ejemplo

Carlos está disfrutando de sus vacaciones y decide nadar en una alberca de $3.00\ \text{m}$ de profundidad. Mientras está sumergido a una profundidad de $2.50\ \text{m}$, siente una presión considerable en sus oídos, pues tiene la sensación de que están tapados. ¿Qué presión está recibiendo Carlos en sus oídos a esa profundidad? Considere que la densidad del agua de la alberca es de aproximadamente $1010\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Solución:

- Debemos determinar el valor de la presión hidrostática a través de la ecuación (3), de modo que al sustituir los valores se obtiene:

$$\text{P} = \rho \cdot \text{g} \cdot \text{h} = \left(1000\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\left(9.81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(2.50\ \text{m}) = 24{,}770\ \text{Pa}$$

- Nuevamente sabemos que el resultado está expresado en Pa, por el siguiente análisis de unidades:

$$[P] = [\rho]\cdot[g]\cdot[h] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\cdot\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot\text{m} = \frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{m}^3\cdot\text{s}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

- La presión hidrostática dentro de una alberca aumenta con la profundidad, cuánto más se sumerge Carlos más presión siente en su cuerpo, especialmente en sus oídos.

Ejemplo

Durante una fiesta de cumpleaños, Sofía infla un globo con helio. El globo contiene $0.5\ \text{mol}$ de helio a una temperatura de $300\ \text{K}$ y tiene un volumen de $10.0\ \text{L}$. Sofía se pregunta qué presión tiene el gas dentro del globo.

Solución:

- Para determinar la presión interna del gas debemos usar la ecuación (4). En este ejemplo nos proporcionan los datos $n = 0.5\ \text{mol}$, $V = 10.0\ \text{L}$ y $T = 300\ \text{K}$, de modo que podemos realizar la sustitución correspondiente:

$$\text{P} = \frac{nRT}{\text{V}} = \frac{(0.500\ \text{mol})\left(0.0821\ \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}\right)(300\ \text{K})}{10.0\ \text{L}} = 1.23\ \text{atm}$$

- La presión del gas al interior del globo es de $1.23\ \text{atm}$ que a través de las equivalencias descritas previamente corresponde a $1.25 \times 10^5\ \text{Pa}$. La presión dentro del globo es ligeramente mayor que la presión atmosférica estándar. Esto es común en globos inflados, ya que el gas en su interior se encuentra comprimido en un volumen relativamente pequeño ¿Qué pasaría si pinchamos el globo?
- Este resultado muestra cómo las variables termodinámicas (número de moles, volumen y temperatura) están relacionadas para determinar la presión de un gas.

Ahora que hemos visto la relación que existe entre las variables termodinámicas más importantes para los estados de agregación sólido, líquido y gaseoso, es momento de dar paso al estudio de la **Primera Ley** de la **Termodinámica.**

Se vuelve imprescindible introducir el concepto de la Energía Interna, que presentaremos con la letra U. Esta hace referencia a la cantidad total de energía presente en un sistema termodinámico y es una cantidad que es sumamente complicada de saber, puesto que tendríamos que analizar cada una de las partículas que constituyen este sistema, y sumar una a una, las energías cinética y potencial. Por ejemplo:

- En un gas, en que las partículas se encuentran sumamente separadas entre ellas, y en que también se asume que no existen interacciones importantes entre las mismas, la energía debida al movimiento tiene una contribución importante a la energía interna; lo tipos de movimiento que exhiben estas partículas en estado gaseoso son: movimiento de traslación (U_{tr}) y movimiento de rotación (U_{rot}), pero también las partículas vibran, de modo que tendremos una tercer contribución, el movimiento debido a la vibración (U_{vib}), de forma conjunta estos tres tipos de movimiento contribuyen en gran medida a la energía total del sistema termodinámico:

$$U = U_{tr} + U_{rot} + U_{vib} \tag{5}$$

Donde:

- En un sistema termodinámico que considera una sustancia líquida, la energía interna tendrá también estas contribuciones, aunque ahora la energía interna será menor que la de un gas, puesto que las partículas del líquido no sólo se trasladan menos, sino que también rotan y vibran en menor medida.

- Para un sólido, en que las partículas se encuentran sumamente compactadas, las partículas ya no podrán trasladarse y difícilmente podrán rotar, de modo que la contribución más importante para su energía interna, será debida a los movimiento vibracionales.

Como lo hemos mencionado, es una cuestión complicada saber exactamente la energía interna de un sistema termodinámico, pero en su lugar vale más la pena hacer referencia a los mecanismos por los que la energía interna de un sistema puede variar, y al respecto la **Primera Ley de la Termodinámica** establece:

Definición

Primera Ley de la Termodinámica: El cambio de la energía interna de un sistema termodinámico (ΔU) puede deberse sólo a dos mecanismos, el calor (Q) y/o el trabajo (w).

Este enunciado hace referencia a que la energía interna de un sistema termodinámico cambia a raíz de cuatro posibilidades:

a. El sistema pierde energía en forma de calor
b. El sistema gana energía en forma de calor
c. El sistema pierde energía al realizar un trabajo sobre los alrededores
d. El sistema gana energía cuando los alrededores realizan trabajo sobre él

Para todos los casos el cambio en la energía interna, ΔU debe considerar la contribución, positiva o negativa, de las dos cantidades (calor y trabajo) como se establece en la siguiente expresión:

$$\Delta U = Q + w \tag{6}$$

Donde:

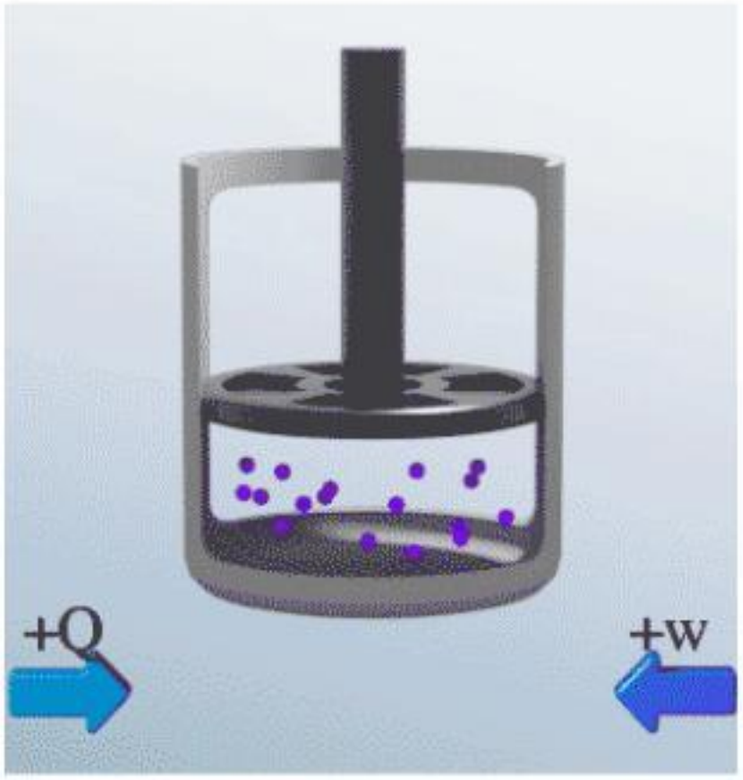
- ΔU = es el cambio de la energía interna (en J) de un sistema
- Q = es el calor aplicado o desprendido (en J) de un sistema termodinámico
  w = es el trabajo (en J) aplicado o desarrollado por el sistema termodinámico

En los dos módulos anteriores se ha abordado la forma en cómo una sustancia gana o pierde energía en forma de calor. Mostramos que cuando la temperatura de un sistema se eleva, es sujeto de la aplicación de calor, mientras que, si la temperatura disminuye, el sistema habrá perdido calor hacia los alrededores; de esta misma forma, cuando se aplica un trabajo sobre el sistema, su energía interna aumenta, y en la situación en que el sistema realiza trabajo sobre alrededores, la energía interna de este disminuye. Observe la **figura 1**, en esta se representa un gas confinado en un cilindro que está provisto de un émbolo que puede comprimir el gas tras la aplicación de una fuerza, también podemos observar las convenciones para los signos de Q y w al usar la ecuación (6): cuando entra calor y/o cuando se realiza trabajo sobre el sistema, la energía interna de este sistema aumenta; en el caso en que el calor se desprenda del sistema hacia el entorno y/o el sistema desarrolle trabajo sobre los alrededores la energía interna de este disminuye.

En algunas fuentes bibliográficas se hace referencia a la ecuación de la primera ley como:

$$\Delta U = Q - w \tag{7}$$

Figura 9. Convención de signos para calor y trabajo.



Nota: Fuente: Cruz V., O. (2024). Elaboración propia. [Convención de signos para calor y temperatura].

Se debe tener cuidado con el uso de esta versión de la primera ley, porque en este caso las convenciones de signos para la cantidad de trabajo (w) cambian, pero la conclusión sobre el término ΔU debe ser equivalente; es decir una cantidad negativa de trabajo indica que el trabajo es desarrollado por los alrededores sobre el sistema, mientras que un trabajo positivo indica que el trabajo es realizado por el sistema sobre el entorno.

Practiquemos un poco con la ecuación de la Primera Ley:

Ejemplo

En un sistema termodinámico, que consta de un gas confinado en un cilindro como el mostrado en la figura anterior, se aplican $200\ \text{cal}$ en forma de calor, mientras que este sistema realiza $500\ \text{J}$ de trabajo sobre el entorno. ¿Cuál es la variación de la energía interna de este sistema?

Solución:

- Al aplicar la convención descrita anteriormente, debemos asumir los signos para el calor y el trabajo.
- De esta forma, debido a que el ejemplo menciona que se aplica calor sobre el sistema, $Q = +200\ \text{cal}$. Sin embargo, debemos hacer la conversión de esta cantidad a J:

$$+200\ \text{cal}\left(\frac{4.184\ \text{J}}{1\ \text{cal}}\right) = +836.8\ \text{J}$$

- También se menciona que el sistema desarrolla trabajo sobre los alrededores, de modo que $w = -500\ \text{J}$.
- Cuando juntamos las dos cantidades en la expresión (6):

$$\Delta U = Q + w = +836.8\ \text{J} + (-500\ \text{J}) = 836.8\ \text{J} - 500\ \text{J} = 336.8\ \text{J}$$

- Se concluye que la energía interna del sistema aumenta, y que a pesar de que pierde cierta cantidad en forma de trabajo, la cantidad que gana en forma de calor es mayor.
- Ahora al usar la ecuación (7), debemos ahora asignar el signo contrario para la cantidad de trabajo, es decir, en lugar de ser negativo, este debe ser positivo, $w = +500\ \text{J}$, mientras que la convención del signo para el calor es la misma, de modo que $Q = +836.8\ \text{J}$.

$$\Delta U = Q - w = +836.8\ \text{J} - (+500\ \text{J}) = 836.8\ \text{J} - 500\ \text{J} = 336.8\ \text{J}$$

- Como se mencionó antes, la conclusión que se obtiene para la cantidad ΔU es la misma independientemente del uso de las ecuaciones (6) o (7), pero es evidente que se debe tener cuidado con la convención de los signos para el trabajo.

Ejemplo

Un motor de combustión interna es utilizado para mover un generador eléctrico. Durante un ciclo de operación, el motor realiza de trabajo $240\ \text{J}$ mecánico al impulsar el generador. Al mismo tiempo, la energía interna del motor disminuye en $400\ \text{J}$, debido a la transferencia de calor y la conversión de energía interna en trabajo.

Solución:

- El problema menciona que el motor eléctrico realiza un trabajo al impulsar un generador de modo que debemos interpretar que esta cantidad es negativa de acuerdo con la convención de signos de la figura 1, de modo que $w = -240\ \text{J}$.
- Por otro lado, se menciona que la energía interna del motor disminuye, de modo que la única interpretación que podemos tener acerca de este cambio es $\Delta U = -400\ \text{J}$.
- Se nos pregunta la cantidad de calor, de modo que al despejarse de la expresión (6), resulta:

$$\Delta U = Q + w \longrightarrow Q = \Delta U - w$$

Al sustituir los valores, se obtiene que:

$$Q = -400\ \text{J} - (-240\ \text{J}) = -160\ \text{J}$$

- Se determina que la cantidad de calor que el sistema pierde es -160 "J" ; esta misma cantidad debe ser obtenida a través de la expresión (7), y al usar esta ecuación debemos asignar un signo positivo al trabajo (pues la convención se invierte). De modo que al despejar la cantidad Q, se obtiene:

$$\Delta U = Q - w \longrightarrow Q = \Delta U + w$$

- Y para esta ecuación la cantidad de trabajo es $w = 240\ \text{J}$, de modo que:

$$Q = -400\ \text{J} + (240\ \text{J}) = -160\ \text{J}$$

Ejemplo

Durante un experimento en un laboratorio, un cilindro con gas ideal es calentado mediante un suministro de energía térmica. Se observa que la energía interna del gas aumenta en $500\ \text{J}$ debido a este proceso. Si se introdujeron $199\ \text{cal}$ de calor al sistema, calcula el trabajo realizado por el gas durante esta transformación.

Solución:

- El problema hace referencia a que la energía interna del sistema aumenta en $500\ \text{J}$, de modo que $\Delta U = +500\ \text{J}$
- Por otro lado, se menciona que se introducen $199\ \text{cal}$ de calor al sistema, de forma que $Q = +199\ \text{cal}$, pero sugerimos hacer el cambio de unidades a Joules:

$$+199\ \text{cal}\left(\frac{4.184\ \text{J}}{1\ \text{cal}}\right) = +832.6\ \text{J}$$

- Cuando se despeja de la ecuación (6) al trabajo, se tiene:

$$\Delta U = Q + w \longrightarrow w = \Delta U - Q$$

- De modo que al sustituir los valores en la expresión para el w:

$$w = (+500\ \text{J}) - (+832.6\ \text{J}) = 500\ \text{J} - 832.6\ \text{J} = -332.6\ \text{J}$$

- El signo negativo en el trabajo indica que este trabajo es realizado por el sistema sobre los alrededores.
- Si ahora determinamos el trabajo, pero a partir de la ecuación (7), despejando a w, se encuentra:

$$\Delta U = Q - w \longrightarrow w = Q - \Delta U$$

- Al sustituir los valores correspondientes:

$$w = (+832.6\ \text{J}) - (+500\ \text{J}) = +332.6\ \text{J}$$

- Recordemos que este trabajo proviene de la ecuación (7) en que la convención se invierte, y una cantidad positiva para este trabajo indica que el sistema realiza trabajo sobre los alrededores.



Actividad 2.

Primera ley de la termodinámica
Instrucciones:

Es momento de probar cuánto has aprendido acerca de los temas vistos hasta ahora. Dale clic aquí y accederás a un breve cuestionario, no olvides tener cerca tu calculadora.

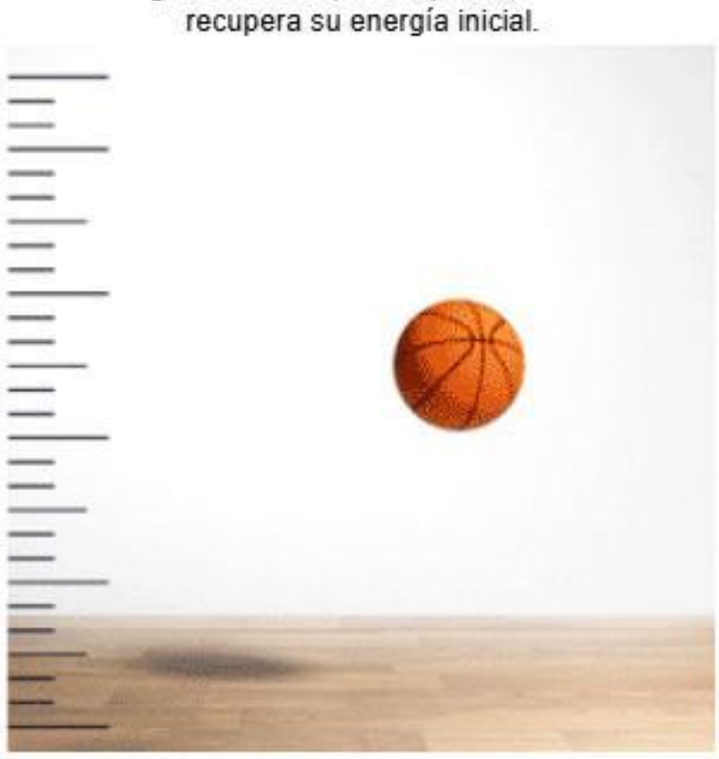
3.3 Segunda ley de la termodinámica

Cuando dejas caer una bola de caucho al suelo. Al principio, rebota varias veces, pero eventualmente, se detiene y queda en reposo. Pero, ¿alguna vez has visto el proceso inverso? ¿Qué la bola que se encuentra en el suelo reúna **energía interna** del suelo y comienza a rebotar por cuenta propia.? Esto no sucede porque en la naturaleza existen ciertas "reglas" sobre cómo la energía se transfiere y se transforma.

La segunda ley de la termodinámica, nos ayuda a entender este tipo de fenómenos. Mientras que la primera ley de la termodinámica es el enunciado de la **conservación de energía,** y estudia la transformación de la **energía mecánica** en **calorífica** y la de calor en trabajo sin imponer ninguna restricción en estos cambios, la segunda ley, enseña las restricciones al decir que existe un límite en la cantidad de trabajo, el cual es posible obtener a partir un sistema caliente, nos muestra que la energía tiene una "sola dirección" o una tendencia natural. Esta ley explica por qué algunos procesos, como el rebote de una bola hasta que se detiene, ocurren espontáneamente, mientras que otros, como que una bola en reposo comience a rebotar, son imposibles sin intervención. Así, la segunda ley es fundamental para entender no solo la física en sí, sino también su aplicación en procesos y tecnologías de la vida diaria, tiene aplicaciones importantes en el diseño de **máquinas térmicas** empleadas en la transformación de calor en trabajo.

Una máquina térmica es un aparato que recibe energía en forma de calor y, al operar mediante un ciclo repetitivo, libera parte de esa energía como trabajo. Un ejemplo típico es el uso de un combustible, como el carbón, que se quema para generar gases a alta temperatura. Estos gases calientan agua hasta convertirla en vapor, el cual se dirige hacia las palas de una turbina y las hace girar. Esta rotación produce energía mecánica, que a su vez puede utilizarse para activar un generador eléctrico.

Figura 10. Una pelota que rebota no recupera su energía inicial.



Nota: Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Una pelota que rebota no recupera su energía inicial]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Definición

Seguda ley de la termodinamica: Es imposible construir una máquina térmica que, operando en un ciclo continuo, transforme toda la energía absorbida en trabajo sin generar algún tipo de pérdida.

Un ejemplo sorprendente de esta limitación es el caso del **motor de combustión interna** de un automóvil, que, en el mejor de los casos, convierte solo **alrededor del 25-30% de la energía del combustible en movimiento útil.** El resto (70-75%) se pierde en forma de calor en los gases de escape, el sistema de enfriamiento, la fricción y otras fuentes de pérdida de energía.

Para visualizarlo, imagina que en un viaje típico, más de dos tercios de la gasolina que consumes no se utiliza para mover el automóvil; simplemente se disipa en forma de calor. Esto es tan sorprendente que, aunque el motor de

Figura 11. La eficiencia del motor de un auto es baja.



Nota: Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [La eficiencia del motor de un auto es baja]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

combustión ha sido mejorado durante décadas, este límite en su eficiencia sigue siendo uno de los grandes desafíos para la ingeniería automotriz.

La **eficiencia** de una máquina térmica se define como la relación entre el trabajo útil que realiza la maquina y el calor que se le suministra. Este valor, comúnmente expresado en porcentaje, indica qué fracción de la energía suministrada se convierte en trabajo efectivo:

$$\eta = \frac{w}{Q_1} \tag{8}$$

Donde:

- η es la eficiencia de la máquina térmica y es una cantidad que no posee unidades
- w es el trabajo realizado (en J o cal) por la máquina térmica
- Q_1 es el calor suministrado (en J o cal) a la máquina térmica

Debido al principio de la conservación de la energía, la energía que se introduce a la máquina térmica debe ser igual a la energía que sale de esta, así pues, del calor suministrado (Q_1) tienen que provenir el trabajo realizado (w) así como el calor que no puede ser aprovechado y que se disipa (Q_2), es decir:

$$Q_1 = \mathrm{w} + Q_2 \tag{9}$$

Donde:

- Q_1 es el calor suministrado (en J o cal) a la máquina térmica
- w es el trabajo realizado (en J o cal) por la máquina térmica
- Q_2 es el calor (en J o cal) que sale de la máquina térmica y que no puede ser aprovechado

Cuando despejamos la cantidad de calor de la ecuación (9), resulta en $w = Q_1 - Q_2$, que al ser sustituida en la ecuación (8), nos conduce a una versión alterna para la eficiencia de una máquina térmica:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \tag{10}$$

Con ayuda de operaciones algebraicas la ecuación (10) puede ser reescrita como sigue:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \tag{11}$$

Para la explicación matemática de las máquinas térmicas, se usan **valores absolutos** para hacer positivas todas las transferencias de energía y la dirección de transferencia se indica con un signo explícito, positivo o negativo.

Una máquina ideal es aquella que alcanza la mayor eficiencia posible dentro de un rango dado de temperaturas de operación. Si logramos expresar la eficiencia de una máquina en función de las temperaturas de entrada y salida, en lugar de los calores de entrada y salida, obtendremos una fórmula más práctica. Para una máquina ideal, se puede demostrar que la relación entre el calor suministrado Q_1 y el calor no aprovechado Q_2, es igual a la relación entre las temperaturas absolutas correspondientes, temperatura de la fuente caliente T_1 y temperatura de la fuente fria T_1.

Por lo tanto, la eficiencia de una máquina ideal puede expresarse usando las temperaturas absolutas de las fuentes de calor. Así, la ecuación (11) se convierte en:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \tag{12}$$

Donde:

- T_1 es la temperatura absoluta de la fuente caliente
- T_2 es la temperatura absoluta de la fuente fría

Es posible demostrar que ninguna máquina que opere entre las mismas dos temperaturas podrá superar la eficiencia indicada por esta ecuación. Esta eficiencia ideal establece, entonces, el límite máximo que cualquier máquina práctica puede alcanzar. Además, mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre las fuentes de entrada y salida, mayor será la eficiencia potencial de la máquina.

Ejemplo

Una máquina térmica experimental diseñada para una planta de energía recibe una cantidad de calor de 7.50×10^8 cal durante su funcionamiento y realiza un trabajo equivalente a 5.50×10^8 J. Calcula la eficiencia de la máquina térmica en porcentaje.

Solución:

- Primero realizaremos conversión de unidades para tener todos los datos con la misma unidad de medida, así que cambiamos la catidad de calor de cal a J:

$$7.50\times10^{8}\text{cal}\left(\frac{4.184\text{ J}}{1\text{ cal}}\right)=3.14\times10^{9}\text{ J}$$

- La eficiencia se determina con la ecuación (8), de manera que al sustituir los valores, el resultado es:

$$\eta=\frac{W}{Q_1}=\frac{5.5\times10^{8}\text{ J}}{3.14\times10^{9}\text{ J}}=0.172$$

- Cuando multiplicamos el resultado anterior por 100%, se obtiene el porcentaje de eficiencia de esta máquina térmica:

$$\eta=0.172\times100=17.2\,\%$$

Figura 12. Representación de una máquina térmica.



Nota: Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Representación de una máquina térmica]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2

Ejemplo

Una máquina de vapor tiene una eficiencia de 25.0% y recibe 2.50×10^4 J de calor. Calcula (en J) el trabajo que realizará la máquina con este suministro de calor.

Solución:

- Para resolver este ejercicio, debemos despejar el trabajo de la ecuación (8). Dado que la cantidad de calor suministrada está dividiendo al trabajo en la ecuación original, al pasar al otro lado de la igualdad, se debe aplicar la operación inversa, es decir, multiplicar por la eficiencia.

$$\eta=\frac{w}{Q_1}\longrightarrow\eta\cdot Q_1=w$$

Figura 13. Máquina de vapor.



Nota: Fuente: Morales V., P. (2024). Creación propia con Open AI. Chat GPT [Máquina de vapor]. https://chatgpt.com/c/672dfb34-3414-8008-81c9-1bbcc46eb7f2