

Sugerencias para la impartición de la asignatura Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo

1. Conceptos fundamentales

Objetivo: El alumno analizará algunos de los conceptos básicos de la física identificando sus dimensiones y unidades en el SI.

Contenido:

1.1 Conceptos de masa, fuerza, peso, peso específico, densidad y volumen específico; dimensiones y unidades en el Sistema Internacional de Unidades (SI).

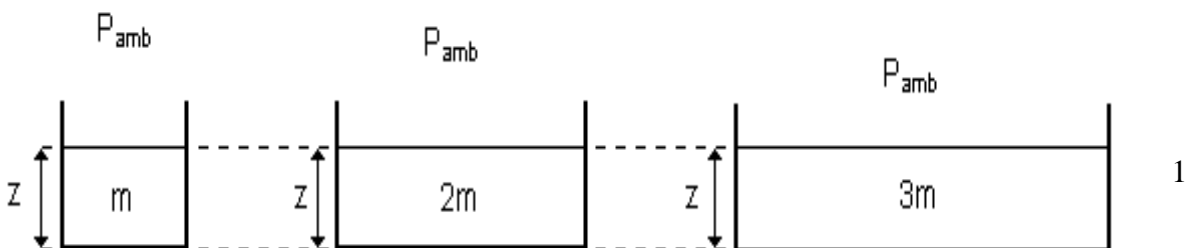
Este subtema conviene iniciarlo con las dimensiones, unidades de base y derivadas del Sistema Internacional de Unidades (SI) para que con ello se puedan establecer con facilidad las expresiones dimensionales de las cantidades físicas involucradas, no sólo en este subtema sino a lo largo del curso. Posteriormente se sugiere presentar los conceptos de las propiedades de las sustancias y comentar si dependen de la cantidad de masa de la muestra que se analiza.

1.2 Concepto de presión en fluidos; presiones absolutas y relativas.

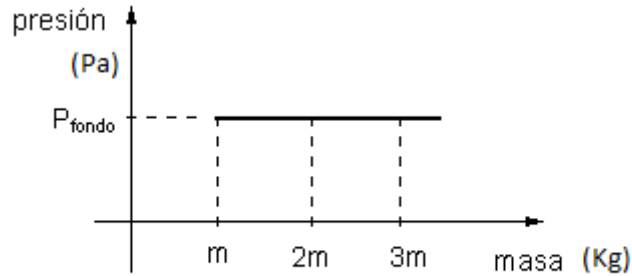
Es aconsejable relacionar la deducción del gradiente de la presión con la experiencia física del estudiante. Conviene mencionar que antes del cálculo de la variación de la presión en un fluido en reposo, tanto la densidad del mismo como la aceleración gravitatoria pueden no ser constantes. Sin embargo, debido al tiempo destinado para impartir este tema, es recomendable tratar únicamente los casos en los que sean constantes.

Se sugiere también enfatizar que la presión, además de ser una propiedad intensiva y escalar, es la adecuación del concepto de fuerza que resulta más conveniente para analizar los fenómenos con los fluidos.

Aquí conviene subrayar que la presión es una propiedad macroscópica de la sustancia y que no depende de la cantidad de masa. Una manera sencilla, aunque poco rigurosa de comprobar esto último es la siguiente: Considere que el ambiente está a una presión, P_{amb} , en tres recipientes distintos, vacíe un fluido de densidad (ρ) hasta el mismo nivel z como se indica en la figura.



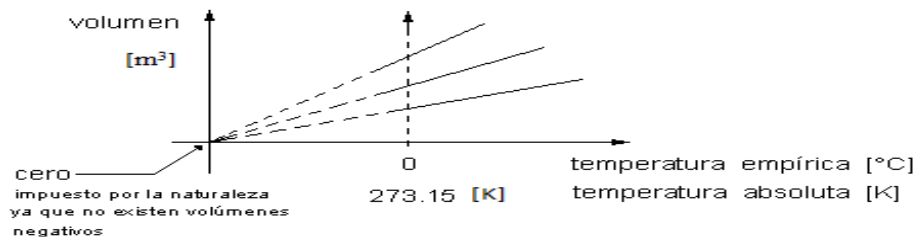
En cada recipiente la presión en el fondo es $P_{\text{fondo}} = P_{\text{amb}} + \rho g z$. Si se hace una gráfica de la presión en el fondo en función de la masa de la sustancia, se obtiene



En la gráfica anterior se observa que el valor de la presión es independiente de la cantidad de masa de la sustancia. Es indispensable que el estudiante reconozca la relación entre las presiones absolutas y relativas: si en la medida de la presión, la referencia es el valor de presión cero, entonces se trata de absoluta y si la referencia es el entorno, entonces se trata de una presión relativa que puede ser manométrica, si la diferencia de presiones es positiva o vacuométrica, si es negativa.

1.3 Concepto de temperatura empírica; escalas de temperatura de Celsius y de Kelvin.

El concepto de temperatura es abstracto, por lo que puede resaltarse que desde el punto de vista macroscópico la temperatura emana de la ley cero de la termodinámica; el tercer sistema al que hace mención funge como termómetro. Las escalas de temperatura empírica dan valores arbitrarios a dos estados de referencia (por ejemplo la fusión y la ebullición del agua a nivel del mar) por lo que la relación entre ellas debe ser lineal. Conviene tratar únicamente con la escala de Celsius. Las escalas absolutas se basan en un estado de referencia impuesto por la naturaleza (volumen cero), aquí conviene tratar sólo con la escala de Kelvin, mencionando que se basa en la escala de Celsius y únicamente está desplazada la referencia. Resulta muy ilustrativo construir la gráfica siguiente para enfatizar que la escala de Kelvin se basa en una referencia impuesta por la naturaleza (volumen cero) de una sustancia. Esta es la representación de la ley de Gay-Lussac y de Charles. Apóyese en esta gráfica para recordarle al alumnado por qué en la ecuación del gas ideal tanto la presión como la temperatura deben ser absolutas.



1.4 La ley cero de la termodinámica.

Se sugiere definir el concepto de temperatura a partir de la ley cero de la termodinámica; mencionando que en el laboratorio existen experimentos en los que dicha ley va a comprobarse y a emplearse en la resolución de problemas.

1.5 Concepto de energía; energías en tránsito y energías como propiedad del sistema.

Es necesario recalcar que tanto calor y trabajo son manifestaciones de una misma “cosa”: energía, y que ambas cruzan la frontera de un sistema pero no son propiedad de la sustancia. La definición de calor da el convenio de su signo, la extensión de la definición mecánica de trabajo da su signo, el cual coincide con el convenio para el calor. La relación entre el calor y el trabajo se desprende de los experimentos de Joule, cuya consecuencia principal es el reconocimiento de la existencia de una propiedad muy abstracta pero de gran aplicación: la energía interna, la cual carece de una interpretación física macroscópica (por eso se “descubrió” apenas en 1850) pero que es muy útil para el balance de la energía en un fenómeno.

1.6 Energías cinética, potencial gravitatoria e interna.

Calor y trabajo no son las únicas manifestaciones de la energía, existen también otras que son propiedad del sistema como la cinética, potencial gravitatoria y la interna, siendo esta última fundamental, porque aunque no tiene interpretación macroscópica es necesaria para que se cumpla el principio de conservación de la energía.

2 La primera ley de la termodinámica

Objetivo: El alumno realizará balances de energía en sistemas termodinámicos, mediante la aplicación de la primera ley de la termodinámica.

Contenido:

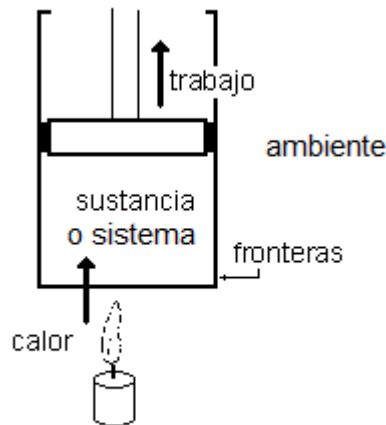
2.1 Definición de termodinámica; concepto de sistema termodinámico; frontera y ambiente.

Es conveniente relacionar el funcionamiento de las máquinas térmicas que originaron la revolución industrial con la definición de la termodinámica clásica o macroscópica. Se desprende lógicamente que la termodinámica es una ampliación de la mecánica; en aquella, el interés principal se centra en los fluidos: líquidos y gases. Puede resultar interesante para el estudiante que el funcionamiento de una máquina térmica se reduce básicamente a: i) una sustancia que experimenta una variación en el valor de sus propiedades como el volumen y la temperatura; ii) unas fronteras que mantienen constante

la masa de la sustancia y permiten la interacción que se llama calor y la que se llama trabajo; iii) una interacción de carácter mecánico que se llama trabajo; y iv) una interacción que no es de carácter mecánico sino térmico: calor. Aquí podría introducirse el concepto de rendimiento o de eficiencia:

$$\text{rendimiento } (\beta) \text{ o eficiencia } (\eta) = \frac{\text{lo que se desea del sistema}}{\text{lo que se aporta al sistema}}$$

Este concepto es crucial para reconocer la importancia de la segunda ley de la termodinámica.



2.2 Propiedades termodinámicas: intensivas y extensivas; conceptos de estado, proceso, ciclo y fase; equilibrio termodinámico.

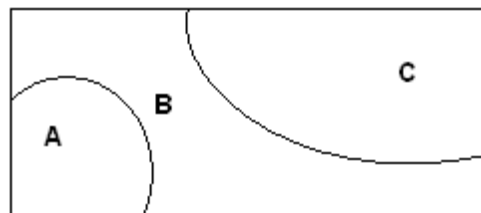
Es importante señalar que las propiedades extensivas como el volumen son aditivas mientras que las intensivas no lo son. La primera característica es un antecedente para plantear posteriormente las ecuaciones de balance energético; la segunda permite el análisis de un sistema mediante la toma de muestras.

V = volumen

$$V_{\text{total}} = V_A + V_B + V_C$$

v = volumen específico

$$V_{\text{total}} \neq v_A + v_B + v_C$$

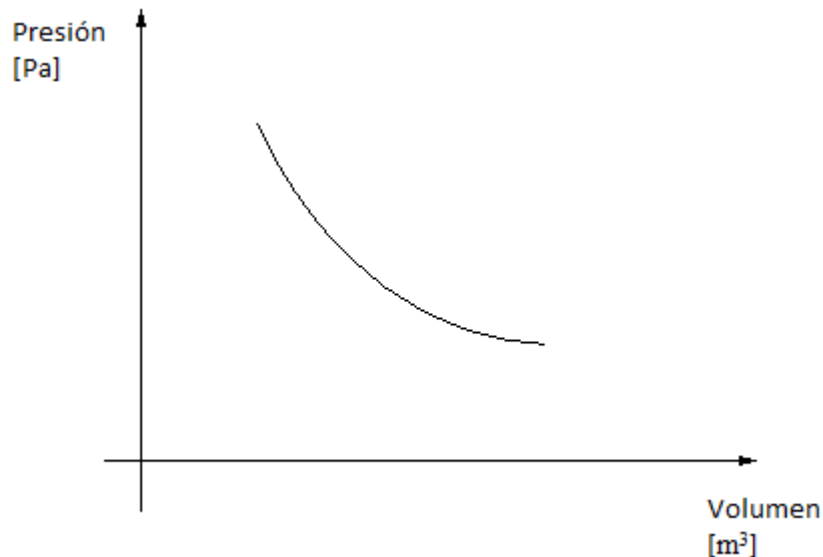


Es conveniente enfatizar que un sistema en equilibrio termodinámico implica que haya equilibrio mecánico (equilibrio de fuerzas), equilibrio de fase (cociente constante, de la masa de una fase entre la masa total), equilibrio térmico (misma temperatura) y equilibrio químico (sin reacción química).

Cabe resaltar que la fase debe entenderse como la forma de agregación de la materia y el estado termodinámico se refiere al conjunto de los valores de las propiedades intrínsecas de una sustancia.

2.3 Propiedades de las sustancias; sustancia pura; postulado de estado; entalpia.

Es necesario recalcar que el postulado de estado permite el empleo de las propiedades termodinámicas como variables para el dibujo de diagramas de fase. El más útil de éstos es el diagrama, como el que se muestra a continuación:

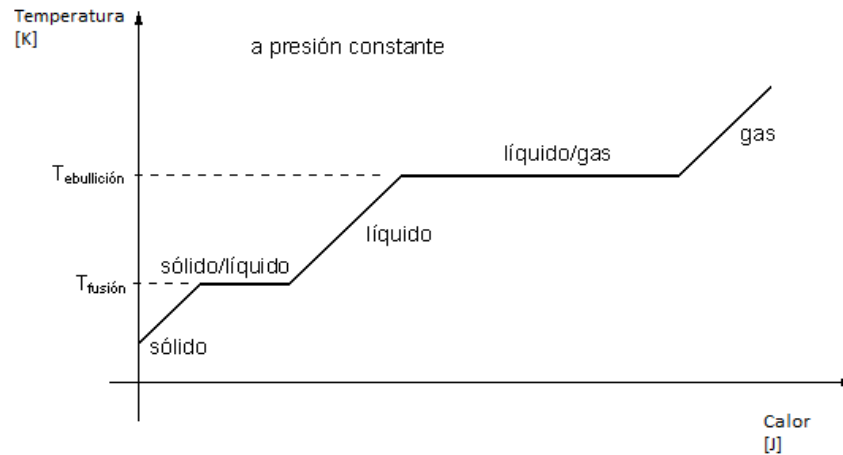


En estos diagramas es posible presentar las características matemáticas que distinguen a las propiedades termodinámicas de las variables que no lo son. Es útil señalar la diferencia entre la capacidad térmica y la capacidad térmica específica (erróneamente llamada calor específico), indicando que la primera es extensiva y la segunda intensiva. Hay que reconocer la conveniencia de la propiedad entalpia, que carece de un sentido físico definible con palabras, pero que es de una gran utilidad. La existencia de la entalpia se reconoce con mayor naturalidad en los procesos con los sistemas abiertos, una vez que se introduce el concepto de trabajo de flujo.

2.4 Concepto de calor como energía en tránsito; el signo del calor que entra es positivo; entalpias de transformación.

Para analizar el principio de conservación de la energía en forma de calor y relacionarlo con la capacidad térmica específica es conveniente relacionar la curva de calentamiento de una sustancia pura, a presión constante, con los conceptos de calor con variación de temperatura y calor sin variación de temperatura, es decir, a temperatura

constante y con cambio de fase. Resulta sumamente ilustrativo dibujar la gráfica siguiente, para el sistema elegido, enfatizando que en donde tenemos coexistencia de fases la temperatura permanece constante; también es importante señalar que esta gráfica es válida siempre y cuando la presión sea constante y que el signo del calor (para el sistema seleccionado) concuerde con el sentido del eje de las abscisas.



2.5 Concepto de trabajo; el signo del trabajo que se realiza sobre el sistema es positivo; interpretación gráfica del trabajo en el diagrama (v,P).

Es conveniente partir de la definición mecánica de trabajo para deducir una extensión del teorema del trabajo y la energía, aclarando que el trabajo se debe a una fuerza de contacto. La consistencia de los métodos de la termodinámica puede resaltarse al ver que, así como la temperatura emana de la ley cero, la energía lo hace de la primera ley. Adicional a lo comentado en el punto 2.3, puede agregarse que en el diagrama ahí indicado, el área bajo la curva del proceso es la interpretación del trabajo de expansión o compresión de la sustancia bajo estudio.

2.6 Principios de conservación de la energía y de la masa; ecuación de continuidad.

Para introducir la ecuación de balance, fundamental para el análisis de los sistemas abiertos, se puede recurrir a la experiencia del estudiante, por ejemplo con el balance en una bodega donde se almacenen productos y entren y salgan continuamente. Así resulta intuitivamente que, para un intervalo de tiempo:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Lo que} & & \text{lo que} & & \text{lo que} & & \text{lo que} \\ \text{entra al} & - & \text{sale del} & = & \text{queda} & - & \text{había en} \\ \text{sistema} & & \text{sistema} & & \text{en el} & & \text{en el} \\ & & & & \text{sistema} & & \text{sistema} \\ & & & & \text{al final} & & \text{al principio} \end{array}$$

Se puede ver que esta ecuación se aplica naturalmente a las magnitudes que se conservan: masa y energía. Para la energía hay que resaltar que puede entrar o salir de un sistema

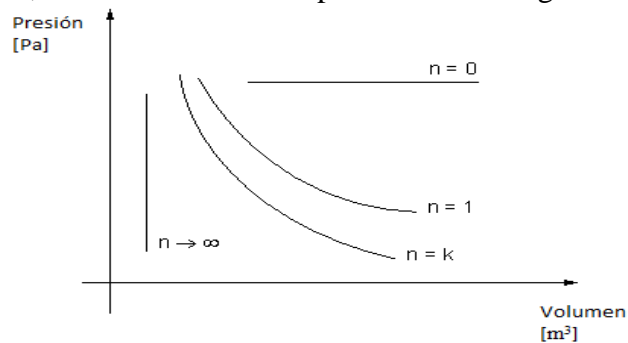
acompañando al flujo de masa o mediante los mecanismos calor y trabajo. La metodología de resolver problemas se puede presentar si se parte siempre de la ecuación de conservación de la masa y de la ecuación de conservación de la energía y se van particularizando según la situación que se analiza y sus restricciones; es decir, resulta muy útil seguir un método deductivo. Las restricciones más importantes son régimen permanente y estado estacionario.

2.7 La primera ley de la termodinámica para ciclos y procesos en sistemas cerrados.

Se sugiere que la primera ley de la termodinámica para ciclos, se represente en un diagrama (v,P) y se interprete el por qué es un proceso cíclico. También que se analice que la integral cíclica de una propiedad es igual a cero. Es importante mencionar que la masa de un sistema cerrado es constante y que a través de su frontera hay un intercambio de energía, la cual puede ser calor o trabajo.

2.8 Modelo de gas ideal; capacidades térmicas específicas a presión y volumen constantes; procesos con gas ideal: isobárico, isométrico adiabático y politrópico y sus relaciones presión-volumen-temperatura.

La noción de temperatura absoluta se deduce de los experimentos de Gay-Lussac y de Charles. Una vez que se combinan las leyes de Boyle y de Mariotte y de Gay-Lussac y de Charles se deduce la ecuación del gas ideal: $Pv=RT$. Conviene enfatizar que esta ecuación de estado hace referencia a temperaturas y presiones absolutas. Gracias a la ley de Joule se tiene para un gas ideal: $du = c_v dT$ y $dh = c_p dT$. De la definición de entalpia se llega a la fórmula de Mayer: $c_p - c_v = R$. Resulta muy ilustrativo que se comente que el proceso isobárico, isométrico, isotérmico y adiabático son casos particulares del politrópico. Es importante enfatizar que las curvas de un proceso adiabático tienen una inclinación mayor que las curvas del isotérmico ya que $n = k$ y el índice k siempre es mayor que la unidad. Para este subtema se sugiere que el alumno realice varias gráficas para observar, en una forma muy fácil, cómo varía la curva al ir modificando el valor del exponente politrópico, n . De esta manera se pueden trazar diagramas como los siguientes:



2.9 La primera ley de la termodinámica para sistemas abiertos bajo flujo estacionario y régimen permanente; la ecuación de Bernoulli.

Debe notarse que la ecuación de conservación de la energía, al aplicarse a un fluido incompresible a régimen permanente y estado estacionario se transforma en la ecuación de Bernoulli, de suma importancia en la hidráulica, conviene enfatizar que esta última ecuación es un caso particular y sólo es válida para fluidos incompresibles, no viscosos, en estado estacionario, a temperatura constante, en proceso adiabático y sin trabajo de eje.

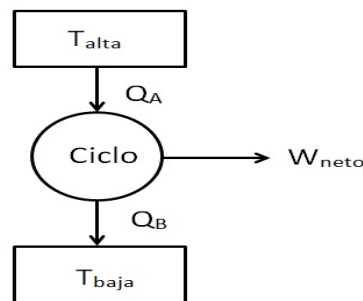
3 La segunda ley de la termodinámica

Objetivo: El alumno analizará los conceptos que le permitan comprender las restricciones que impone la segunda ley de la termodinámica a los flujos energéticos.

Contenido:

3.1 Conceptos de depósito térmico y máquina térmica.

Es conveniente notar que las máquinas térmicas producen trabajo, en forma cíclica, al recibir calor del depósito de temperatura alta (T_{alta}) y rechazar una parte al depósito de temperatura baja (T_{baja}).



3.2 Eficiencia térmica y coeficiente térmico.

Es conveniente comentar que la eficiencia de una máquina térmica siempre es menor que la unidad, definiéndose como:

$$\eta = \frac{\text{trabajo que se produce}}{\text{calor que se recibe del depósito de temperatura alta}}$$

Y que el coeficiente térmico (llamado también coeficiente de operación) debe ser menor a infinito, el cual, en un refrigerador:

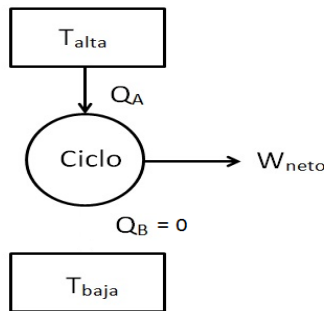
$$\beta = \frac{\text{calor que se retira del depósito de temperatura baja}}{\text{trabajo que se proporciona}}$$

y en un calefactor:

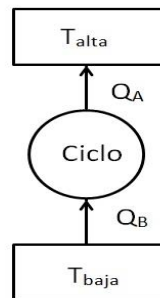
$$\beta = \frac{\text{calor que se entrega al depósito de temperatura alta}}{\text{trabajo que se proporciona}}$$

3.3 Enunciados de Kelvin-Planck y de Clausius.

No debe dejar de señalarse que los enunciados: el de Kelvin y de Planck así como el de Clausius, señalan cómo se comporta la naturaleza, aunque no explican por qué. Para este subtema se sugiere analizar y discutir varias versiones de los enunciados consultadas por los alumnos en varias fuentes y con ello, construir un concepto asociado a cada enunciado. En forma sencilla puede destacarse que el enunciado de Kelvin y de Planck señala que es imposible tener un ciclo en el que el calor asociado al depósito de temperatura baja sea cero (esto implicaría que todo el calor se convierte en trabajo o una eficiencia unitaria); es decir, es imposible:



Por otra parte, el enunciado de Clausius señala que el calor no fluye en forma espontánea del depósito de temperatura baja al de alta, para que esto ocurra necesitamos proporcionar trabajo (como ocurre en un refrigerador), es decir, es imposible:



3.4 Conceptos de procesos reversible, irreversible y causas de irreversibilidad.

La idea de proceso reversible y las causas de irreversibilidad se pueden ilustrar de muchas formas, por ejemplo con la compra y venta de divisas. Puede comentarse al estudiante que en un sistema aislado un proceso reversible es el que una vez que sucede estaría en posibilidades de desarrollarse en sentido inverso sin dejar ningún cambio apreciable, por lo tanto dicho proceso es una idealización útil.

$$\boxed{\text{proceso reversible}} = \boxed{\text{proceso casiestático}} = \boxed{\text{idealización}}$$

3.5 Ciclo de Carnot; teorema de Carnot; eficiencia y coeficiente térmicos máximos.

Para analizar el efecto que tiene la temperatura en la efectividad del calor para producir trabajo se define el ciclo de Carnot. Conviene resaltar que es un ciclo ideal ya que lo conforman cuatro procesos reversibles (dos isotérmicos y dos adiabáticos) cuya sustancia de trabajo es un gas ideal. Se sugiere enfatizar que para este ciclo, la eficiencia o coeficiente térmico dependen únicamente de las temperaturas de los depósitos asociados; esto es:

Para la máquina térmica:

$$\eta = 1 - \frac{T_{baja}}{T_{alta}}$$

Para el refrigerador:

$$\beta = \frac{1}{\frac{T_{alta}}{T_{baja}} - 1}$$

Para el calefactor:

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{T_{baja}}{T_{alta}}}$$

3.6 Desigualdad de Clausius; concepto de entropía y principio de incremento de entropía.

Es muy pedagógico el repetir la secuencia lógica que se usó en el tema 2 para exhibir que debía existir la energía. Se debe reconocer que tiene que existir la propiedad entropía en forma análoga a la energía. De la desigualdad de Clausius se deduce el principio de generación de entropía. Su inclusión en la ecuación de balance es algo natural. Es conveniente recalcar que la entropía es una cantidad física abstracta ya que no impresiona directamente a nuestros sentidos, como la presión y la temperatura. Sin embargo, resulta muy útil al ingeniero ya que le proporciona los medios para medir la “calidad” (utilidad) de la energía así como para establecer los parámetros para medir las pérdidas en los procesos energéticos. El análisis de la variación de entropía en un proceso nos permite saber si es realizable o no. Conviene, entonces, resaltar que si se analiza la variación de entropía de un sistema aislado tenemos que:

$$\Delta \text{entropia}_{\text{total}} \left\{ \begin{array}{l} > 0 \text{ implica un proceso irreversible.} \\ = 0 \text{ implica un proceso reversible.} \\ < 0 \text{ implica un proceso imposible.} \end{array} \right.$$

3.7 Variación de entropía en procesos con gas ideal.

Al aplicar la segunda ley al gas ideal se deducen sin dificultad las expresiones del cambio de entropía para este gas.

4. Electromagnetismo.

Objetivo: El alumno conocerá los conceptos y leyes que le permitan comprender algunos de los fenómenos eléctricos y magnéticos, haciendo énfasis en los antecedentes necesarios para el análisis de circuitos eléctricos.

Contenido:

4.1 Concepto de carga eléctrica y principio de conservación de la carga.

Al igual que el concepto de temperatura, el de carga eléctrica es abstracto y difícil de enunciar por lo que es más sencillo hablar de sus efectos; es recomendable que el alumno consulte varias fuentes bibliográficas y a partir de ellas se comenten semejanzas y diferencias del concepto fundamental denominado carga eléctrica. El principio de conservación de la carga puede relacionarse con el experimento de laboratorio, en el que construye un electroscopio y se analiza la convención propuesta por Benjamín Franklin.

4.2 Ley de Coulomb; concepto de campo eléctrico, unidad de medición en el SI.; campo eléctrico de cargas puntuales y entre placas planas y paralelas.

Conviene enfatizar que la ley de Coulomb sólo es válida para cargas eléctricas puntuales, es decir, aquellas cuya magnitud física es muy pequeña comparada con la distancia a la que se encuentra la carga con la que interactúa. Para la comprensión del concepto de campo eléctrico vale la pena comentar la analogía del campo gravitatorio el cual le es más familiar al estudiante; se sugiere no omitir la utilidad del principio de superposición cuando se tienen varias cargas puntuales. En este subtema resulta muy ilustrativo calcular el campo eléctrico debido a una carga puntual, por ejemplo, a partir de la Ley de Coulomb y de la definición de campo eléctrico. Se sugiere auxiliarse de un esquema que permita relacionar la magnitud del campo eléctrico que rodea a la carga en función de dicha carga (Q) y de la distancia (r) desde su centro al punto de interés. Para el caso del campo eléctrico entre placas planas y paralelas se sugiere apoyarse en el campo eléctrico producido por una esfera metálica con carga eléctrica en los puntos de su superficie externa, el cual resulta $E = \sigma / \epsilon_0$ en magnitud y dirección radial.

4.3 Conceptos de energía potencial eléctrica y diferencia de potencial eléctrico, unidades en el SI; diferencias de potencial de cargas puntuales y entre placas planas y paralelas.

Para el concepto de energía potencial eléctrica y diferencia de potencial eléctrico es muy útil recordar la definición de trabajo vista en el tema 2 de este curso. Conviene enfatizar en este punto que ahora las fuerzas de interés en electromagnetismo serán las llamadas fuerzas a distancia o de campo y no las de contacto como en Termodinámica. Se sugiere realizar el cálculo del potencial eléctrico a partir de la integral de línea del campo eléctrico. En este subtema conviene ejemplificar el caso del potencial debido a una carga

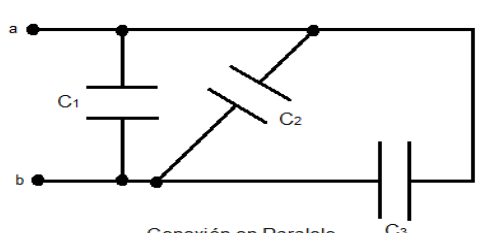
puntual y al igual que en el subtema anterior, se sugiere apoyarse en un esquema para visualizar de una forma sencilla, cómo varía el potencial que genera una carga puntual al modificar la distancia r.

4.4 Concepto de capacitancia; capacitor de placas planas y paralelas; energía almacenada en un capacitor.

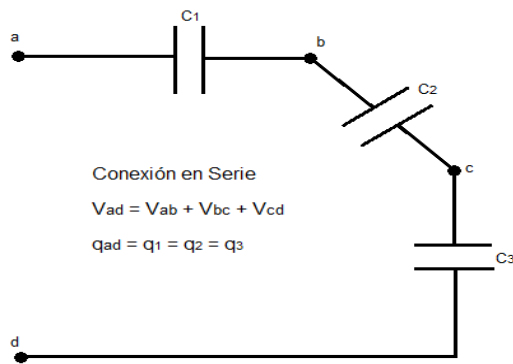
Es importante introducir el concepto de capacitancia y el de capacitor, aclarando que el valor de éste, depende exclusivamente de sus factores geométricos y del material empleado entre sus electrodos y no de la carga que tenga almacenada. Además, de comentar que si en un capacitor los efectos disipativos se desprecian, el trabajo que realiza la fuente, al trasladar la carga al capacitor, es igual a la cantidad de energía que almacena éste. Se sugiere deducir la ecuación para la capacitancia del capacitor de placas planas y paralelas y calcular la energía potencial eléctrica que almacena.

4.5 Conexiones sencillas en serie, en paralelo y en puente, como una combinación de las anteriores, de capacitores; capacitor equivalente.

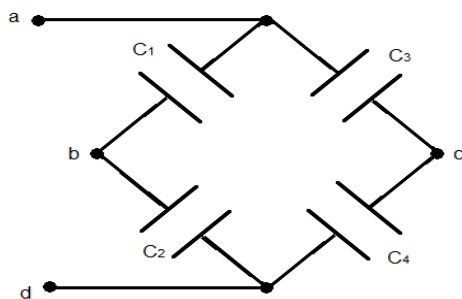
Es necesario enfatizar que los capacitores que están conectados en serie implica que tienen la misma carga eléctrica y no que estén acomodados necesariamente en línea recta; en el caso de la conexión en paralelo implica que tienen la misma diferencia de potencial entre sus terminales, independientemente de cómo estén acomodados. Conviene entonces, apoyarse en esquemas como los siguientes:



Conexión en Paralelo
 $V_{ab} = V_{ab1} = V_{ab2} = V_{ab3}$
 $q_{ab} = q_1 + q_2 + q_3$



Conexión en Serie
 $V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$
 $q_{ad} = q_1 = q_2 = q_3$



Conexión en Puente
 $V_{ad} = V_{ac} + V_{cd}$ y $V_{ad} = V_{ab} + V_{bd}$
 $q_{34} = q_3 = q_4$ y $q_{12} = q_2 = q_1$
 $q_{ad} = q_{12} + q_{34}$

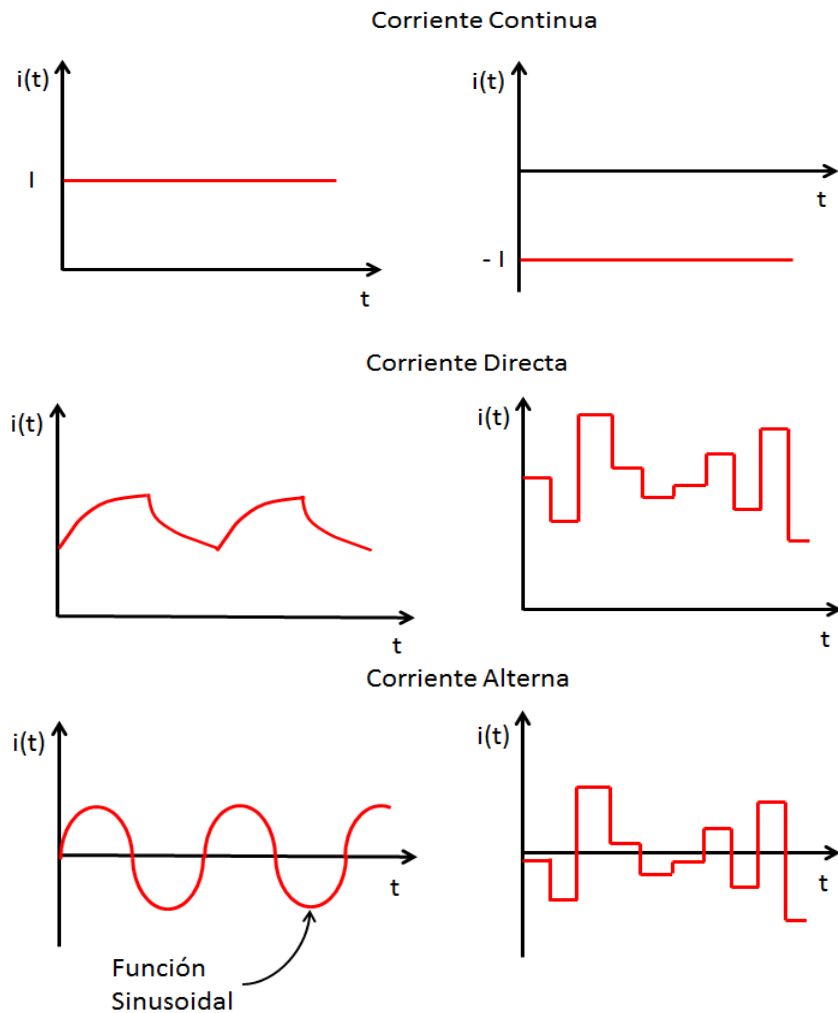
4.6 Fuentes de fuerza electromotriz; pilas y baterías.

Es conveniente discutir el principio de funcionamiento de una pila a partir de los antecedentes que pueda tener el alumno de sus cursos de Química.

4.7 Corriente eléctrica y definiciones de corriente eléctrica continua, directa y alterna.

Para el concepto de corriente eléctrica, puede uno recurrir a la analogía del número de automóviles que cruzan una caseta en un determinado intervalo de tiempo.

La clasificación de las corrientes eléctricas obedece al sentido de los portadores de carga: cuando se mueven en un solo sentido se denomina corriente directa, siendo un caso especial cuando además se mantiene su magnitud, llamada corriente continua; cuando los portadores de carga en el conductor invierten el sentido de su movimiento periódicamente se denomina corriente alterna. Esta clasificación debe asociarse a la diferencia de potencial aplicada a los elementos.



4.8 Experimento de Oersted; concepto de campo magnético y fuerza de origen magnético.

Es conveniente recalcar la importancia del experimento de Oersted, ya que pone de manifiesto la relación entre una corriente eléctrica y un campo magnético, por lo que es muy útil empezar este subtema con el concepto de campo magnético y los productores del mismo (imanes, conductores con corriente eléctrica, etcétera).

Se sugiere, explicar con claridad la obtención de un vector, resultado de un producto vectorial y utilizar material didáctico que permita a los estudiantes observar la dirección de cada una de las cantidades vectoriales involucradas.

5 Circuitos eléctricos en corriente continua.

Objetivo: El alumno realizará balances de energía en circuitos eléctricos sencillos de corriente continua.

Contenido:

5.1 Potencia eléctrica suministrada por una fuente ideal de fuerza electromotriz y ley de Joule.

Aquí es conveniente comentar el efecto de la resistencia interna de una fuente, pero debido a lo denso del contenido del curso no conviene profundizar mucho en ello.

5.2 Relación de Ohm y resistencia eléctrica.

Se debe enfatizar que la ley de Ohm, en forma escalar, sólo es válida para medios homogéneos.

Tomar en cuenta que la diferencia de potencial es directamente proporcional con la corriente eléctrica que circula por un conductor y que experimentalmente se puede verificar el valor de la resistencia del conductor. Por otra parte, que la resistencia se pueda obtener a partir de la resistividad eléctrica y la geometría del conductor que incluye su longitud y el área de la sección transversal.

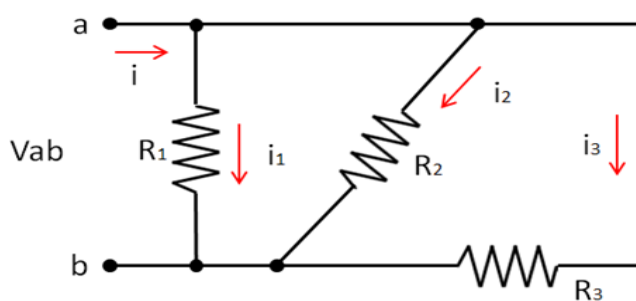
5.3 Conexiones sencillas en serie, en paralelo y en puente, como una combinación de las anteriores, de resistores; resistor equivalente.

Enfatizar que la corriente en una conexión en serie es la misma; que la diferencia de potencial que proporciona la fuente a la conexión es equivalente a la suma de las diferencias de potencial eléctrico de cada uno de los resistores y que el resistor equivalente se obtiene con la suma de los valores de las resistencias.

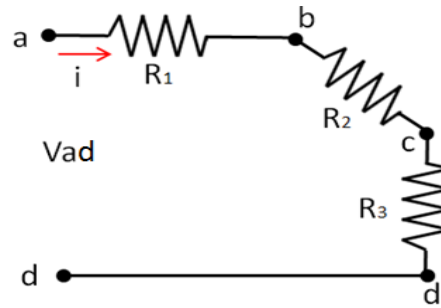
Enfatizar que la diferencia de potencial en una conexión en paralelo es la misma, en cada resistor de la conexión, que la corriente total es igual a la suma de las corrientes que

circulan en cada resistor y que el recíproco del resistor equivalente es igual a la suma de los recíprocos de los valores de las resistencias individuales.

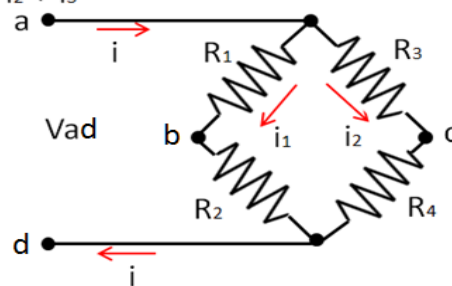
Es necesario recalcar que los elementos en serie implican que tienen la misma corriente eléctrica y no que estén acomodados en línea recta; en el caso de la conexión en paralelo implica que tienen la misma diferencia de potencial, independientemente de cómo estén acomodados los elementos. Conviene entonces, apoyarse en esquemas como los siguientes:



Conexión en paralelo
 $V_{ab} = V_{ab1} = V_{ab2} = V_{ab3}$
 $i = i_1 + i_2 + i_3$



Conexión en serie
 $V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$
 $i = i_1 = i_2 = i_3$



Conexión en puente
 $V_{ad} = V_{ab} + V_{bd}$ y $V_{ad} = V_{ac} + V_{cd}$
 $i = i_1 + i_2$; $i_1 + i_2 = i$

5.4 Leyes de Kirchoff aplicadas al estudio de circuitos eléctricos resistivos de corriente continua.

Explicar a los alumnos que estas leyes son una versión práctica de los principios de conservación de la carga y de la energía.

Explicar e identificar en un circuito los conceptos de nodo, nodo principal, rama, rama principal, malla y la convención de los signos en los elementos eléctricos.

Aunque en el pizarrón el profesor puede ilustrar estas leyes, se recomienda utilizar material didáctico de circuitos eléctricos.

5.5 Ley de Ampere; campo magnético producido por un conductor recto y por un solenoide largo; concepto de flujo magnético.

Explicar a los alumnos los conceptos de: trayectoria de integración de una integral curvilínea, campo magnético, flujo magnético, corriente eléctrica neta enlazada y permeabilidad magnética del vacío.

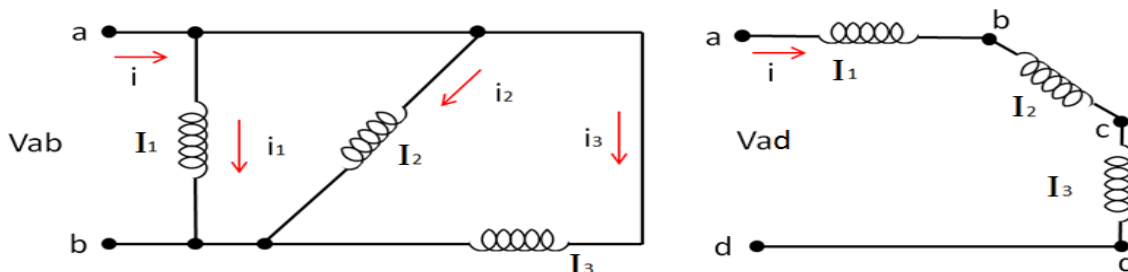
5.6 Inducción electromagnética, ley de inducción de Faraday y el principio de Lenz.

Resaltar que se puede obtener diferencia de potencial eléctrico y, en caso de tener un circuito cerrado, corriente eléctrica, a partir de variaciones del campo magnético con respecto al tiempo. Profundizar que el principio de Lenz se refiere al sentido que la corriente inducida debe tener en un circuito, esto es, que con su flujo se oponga a las variaciones de flujo que la causaron.

5.7 Concepto de inductancia; inductancia de un solenoide largo; energía almacenada en un inductor.

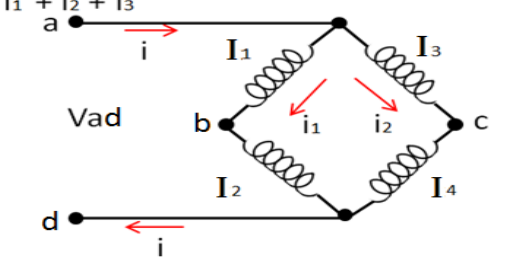
Es importante señalar que la inductancia, es una propiedad extensiva de los conductores que no depende ni del flujo magnético ni de la corriente eléctrica en ellos, sino únicamente de sus factores geométricos y de la permeabilidad magnética del material empleado en su núcleo.

5.8 Conexiones sencillas en serie, en paralelo y en puente, como una combinación de las anteriores, de inductores alejados entre sí; inductor equivalente.



Conexión en paralelo
 $V_{ab} = V_{ab1} = V_{ab2} = V_{ab3}$
 $i = i_1 + i_2 + i_3$

Conexión en serie
 $V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$
 $i = i_1 = i_2 = i_3$



Conexión en puente
 $V_{ad} = V_{ab} + V_{bd}$ y $V_{ad} = V_{ac} + V_{cd}$
 $i = i_1 + i_2$; $i_1 + i_2 = i$

Resaltar que los inductores alejados no interactúan entre sí cancelando el efecto de inducción mutua que pudiera existir.

6. Circuitos eléctricos en corriente alterna

Objetivo: El alumno realizará balances de energía en circuitos eléctricos sencillos de corriente alterna.

Contenido:

6.1 Diferencia de potencial y corriente eléctrica alternos sinusoidales monofásicos.

Aquí se puede mencionar que una diferencia de potencial y corriente eléctricas alternas sinusoidales se obtiene a partir de un dispositivo llamado generador eléctrico, el cual estaría acoplado mecánicamente a una turbina aprovechando el trabajo de eje (o flecha) que entrega ésta.

6.2 Valores promedio, medio y eficaz de corriente eléctrica y de diferencia de potencial alternas.

Conviene dejar muy claro que la potencia eléctrica entregada por una fuente de diferencia de potencial alterna no es cero sino que es equivalente a la que sería entregada por una fuente de diferencia de potencial continua cuyo valor se le denomina eficaz o $r m s$ (por sus siglas en inglés *root medium square*).

6.3 Circuitos eléctricos en serie y en paralelo con resistores y fuentes de corriente alterna.

Los circuitos eléctricos en serie y en paralelo deberán ser conexiones muy sencillas con resistores, por ejemplo las vistas en el tema 5 de este curso y deberán contener únicamente una fuente de corriente alterna.

Resulta conveniente apoyarse en la consulta de páginas electrónicas como bibliografía complementaria, sin embargo es importante señalar que los contenidos de dichas páginas no pueden reemplazar en ningún caso a los libros de texto citados en la bibliografía de la asignatura y no se compararán nunca con la educación que el docente pueda dar a sus alumnos.

También es importante señalar que este tipo de material está en constante actualización por lo que antes de realizar alguna actividad dirigida con sus alumnos es conveniente visitar la página para tener presente qué material presenta en ese momento.

Como la asignatura *Principios de Termodinámica y Electromagnetismo* está conformada por temas que pertenecen a un curso de física clásica general, resulta conveniente apoyarse en las páginas electrónicas que se citan a continuación:

- <http://www.fisicarecreativa.com/index.htm>
Se presentan un conjunto de experimentos que pueden estimular la creatividad y curiosidad de los estudiantes y docentes de física. Puede resultar bastante útil para la realización de proyectos experimentales.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
Presenta un curso de física general interactivo mediante animaciones insertadas en sus páginas.
- <http://es.wikipedia.org>
Página electrónica compuesta de varios artículos breves sobre física general. Destacan las definiciones que tiene de varios conceptos importantes en física.
- <http://www.electricoweb.com>
Es un sitio fuertemente orientado al electromagnetismo, por lo que resulta útil únicamente para los últimos temas de la asignatura. En este sitio encontrará varias aplicaciones de los conceptos vistos en electromagnetismo por lo que puede resultar bastante estimulante para que el alumno perciba esta parte de la física desde un punto de vista más aplicado.
- <http://www.universum.unam.mx>
En el sitio de este museo, destaca la página denominada *Ciencia en línea* en el que se presentan noticias científicas interesantes. Destaca por estar en constante actualización y el contenido puede resultar motivante para alumnos y profesores de física. Podemos subrayar también el contenido de las salas *Energía*, y *Estructura de la materia*.
- <http://Biografiasyvidas.com>
Se presentan biografías breves de científicos ilustres. Puede utilizarse para situar a los personajes que se mencionan a lo largo del curso en el contexto histórico correspondiente.

Elaboraron:

Ing. Rigel Gámez Leal.
I. Q. Félix Núñez Orozco.
Ing. Elizabeth Aguirre Maldonado.
Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales.