

Academia de Física

SUGERENCIAS PARA LA IMPARTICIÓN DE LA ASIGNATURA DE FÍSICA.

TEMA 1. Física e Ingeniería.

Objetivo: El alumno incrementará su interés por el estudio de la física y valorará la importancia de poseer una actitud crítica y científica como ingeniero, comprenderá la importancia de la medición en el estudio de la física y aplicará algunos de los procedimientos de obtención y manejo de datos experimentales.

1.1 Concepto de física y su campo de estudio, clasificación de la física: clásica y moderna.

Es muy importante aclarar el concepto de ciencia como un conjunto de conocimientos ciertos y comprobables, metódicamente fundados y sistemáticamente dispuestos y, en especial, el de ciencia natural, así como ubicar dentro de estas a la Física, comentando los aspectos más generales de su campo de estudio, haciendo la distinción con la Biología y la Química.

Conviene, para formar en el estudiante una visión útil y suficiente de esta clasificación, el resaltar aquellas partes de esta ciencia que aparecen en los planes de estudio de ingeniería, al menos en la etapa inicial de su formación.

1.2 Conceptos de ingeniería, interacción entre la física y la ingeniería.

Destacar que la ingeniería no es una ciencia, pero sí una actividad humana (disciplina) que para su desempeño pleno, requiere de una formación científica complementada de aspectos empíricos propios de su carrera.

Respecto a la interacción entre la física y la ingeniería es muy importante resaltar que una de las ciencias que más respaldan la labor del ingeniero es la física, de la cual este profesional encuentra y produce aplicaciones diversas. De manera recíproca, la ingeniería ha dado a la física temas que se iniciaron de manera empírica, de los cuales se han formulado teorías para su mejor comprensión y aplicación como son los casos de las máquinas térmicas y los canales para suministro de agua potable a las poblaciones.

1.3 La observación y el método experimental.

Dar a conocer las fases de este método con explicaciones sencillas, resaltando que no es un método rígido, pero con su guía se han obtenido conocimientos que han favorecido la estructuración de la ciencia. Entre sus fases podemos mencionar: la observación, formulación de hipótesis, experimentación, análisis de resultados (validación o rechazo de hipótesis), formulación de teorías y leyes.

1.4 Proceso de diseño en ingeniería.

En este subtema se debe presentar al estudiante el procedimiento general que se emplea en la ingeniería en la obtención de una solución de un problema. Este procedimiento se denomina: proceso de diseño y lo componen las cinco fases siguientes: formulación del problema, análisis del problema, búsqueda de soluciones, toma de decisión y especificación.

1.5 Mediciones directa e indirecta, conceptos de error, error sistemático y error aleatorio.

Un aspecto esencial de la física es que su estudio se basa en la observación y análisis de los fenómenos naturales en los que las sustancias no modifican su composición. Para

explicar dichos fenómenos se recurre a su modelado a través de experimentos en los que se hace imprescindible cuantificar los cambios que ocurren en las características de las sustancias (propiedades) y de las variables que rodean al experimento y poder determinar a través de las mediciones, la influencia de dichas condiciones en los efectos que provocan.

Comentar que al trabajar en el laboratorio y requerir la medición de alguna cantidad física que no pueda ser comparada directamente con el patrón o unidad (medición directa) resulta necesario obtener dicho valor, tomando como base otras mediciones (indirectas) con magnitudes que se relacionan con la cantidad física requerida en un principio. Es oportuno en este momento del curso el explicar y ejemplificar las características estáticas de un instrumento de medición (rango, resolución y legibilidad) así como sus características dinámicas (exactitud, precisión y sensibilidad).

Es indispensable el definir al error de medición como la diferencia entre el valor patrón o de referencia y el valor medido de la cantidad física bajo estudio. Comentar que el error sistemático de un instrumento tiene relación con la falta de exactitud del mismo, al carecer de la calibración adecuada. Los errores aleatorios que se presentan en las mediciones están relacionados con la precisión limitada del instrumento.

1.6 Sensibilidad de un instrumento de medición, obtención experimental de la precisión y de la exactitud de un instrumento de medición y el proceso de calibración.

Es necesario comentar la gráfica del comportamiento del instrumento de medición denominada curva de calibración, cuya pendiente nos representa la sensibilidad del instrumento; con el mismo conjunto de valores patrones y sus mediciones repetidas, se puede obtener la precisión y la exactitud para cada valor patrón.

Se sugiere enfatizar la diferencia entre precisión y exactitud, ya que en el habla coloquial suelen utilizarse como sinónimos.

Resaltar la utilidad del proceso de calibración en el instrumento antes de utilizarlo para las mediciones.

1.7 Manejo de datos experimentales e incertidumbre de una medición y análisis estadístico elemental de datos experimentales.

Es conveniente obtener la incertidumbre de una medición con elementos estadísticos sencillos y con ayuda del método del mínimo de la suma de los cuadrados obtener la mejor recta que representa a un conjunto de puntos experimentales con tendencia lineal.

En el caso del análisis estadístico elemental se sugiere trabajar únicamente con los parámetros: media, desviación estándar y error estándar de la media; conviene también enfatizar que no son cantidades adimensionales.

1.8 Ajuste de curvas con el método del mínimo de la suma de los cuadrados.

Para el análisis de datos experimentales con el método del mínimo de la suma de los cuadrados (también llamado método de mínimos cuadrados) se sugiere únicamente comentar en qué se basa dicho método sin demostrar las expresiones matemáticas ya que los elementos necesarios para entender dicha demostración quedan fuera del alcance del nivel de un alumno de primer semestre.

TEMA 2. Conceptos fundamentales.

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

2.1 Conceptos de dimensiones y unidades, definición de unidad fundamental o de base y unidad derivada.

Para favorecer la comprensión de la estructura de un sistema de unidades, el estudiante debe tener muy claro que las dimensiones (o magnitudes de base) del sistema son las cantidades físicas que se eligieron para su formación: masa, tiempo, longitud, entre otras, y la unidad es el patrón que se selecciona para compararlo con cada cantidad física; en este caso podrían ser: el kilogramo, el segundo y el metro. Cada sistema de unidades tiene sus dimensiones y sus unidades correspondientes, llamadas de base o fundamentales.

Conviene subrayar que las unidades seleccionadas para cada dimensión, o magnitud de base, del sistema se denominan unidades fundamentales o de base; las unidades derivadas se obtienen a partir de las unidades de base (fundamentales) y se expresan utilizando los símbolos matemáticos de multiplicación y división.

2.2 Dimensiones fundamentales, unidades fundamentales y algunas derivadas del Sistema Internacional de Unidades.

Para el análisis de este subtema es muy recomendable apoyarse en la información publicada en el Diario Oficial, con fecha miércoles 27 de noviembre de 2002, referente a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.

En lo referente a las definiciones de unidades de base, es útil saber que existen pero no se recomienda memorizarlas ya que varias de ellas superan los conocimientos de Física que nuestro alumno promedio posee.

Conviene destacar que las unidades radián y esterradián son unidades derivadas pero son un caso especial ya que son adimensionales (inclusive anteriormente se agrupaban en un tercer grupo: unidades suplementarias).

2.3 Reglas básicas para la escritura de unidades del SI.

Para este subtema se recomienda revisar el punto 7. Reglas generales para la escritura de los símbolos de las unidades del SI, de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.

2.4 Principio de homogeneidad dimensional.

Para el Principio de homogeneidad dimensional se recomienda ejemplificarlo con expresiones matemáticas no tan sencillas pero que el alumno ya haya visto en bachillerato, como por ejemplo la Ley de gravitación universal de Newton.

2.5 Conceptos de masa, volumen, fuerza, peso, peso específico, densidad, densidad relativa y volumen específico.

Al abordar los conceptos de este subtema conviene enfatizar en las unidades que les corresponden en el sistema internacional, al mismo tiempo identificar si se trata de unidades fundamentales o derivadas. Además será interesante realizar el análisis dimensional para cada una de las unidades resultantes.

Por otra parte, es recomendable que se vayan mostrando valores de estos conceptos para algunas sustancias representativas en ingeniería.

2.6 Concepto de temperatura empírica, equilibrio térmico y la ley cero de la termodinámica; medición de la temperatura y escalas de temperatura de Celsius y Kelvin.

El concepto de temperatura debe incluir el hecho de que es una propiedad termodinámica de tipo macroscópico y ligada de manera directa con el equilibrio térmico y la Ley cero de la termodinámica cuyo mensaje es "todo cuerpo tiene una propiedad llamada temperatura la cual tiene el mismo valor cuando dos sustancias están en equilibrio térmico y viceversa".

Conviene enfatizar que un sistema está en equilibrio termodinámico si mantiene el equilibrio térmico, mecánico, de fase y químico.

Conviene resaltar que la escala de Kelvin se basa en una referencia impuesta por la naturaleza por lo que no podemos tener valores negativos de temperatura en dicha escala. También es importante enfatizar que un cambio de temperatura en la escala de Celsius equivale a uno en la escala de Kelvin; es decir: $1 \Delta K = 1\Delta^{\circ}C$.

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

Para este subtema conviene hacer una clasificación para el estudio de la energía a manera de identificar las energías en tránsito y las energías como propiedad del sistema. Explicar a que obedece dicha clasificación y tratar que no las confundan.

2.8 Energía cinética, potencial gravitatoria e interna.

Conviene deducir las expresiones para determinar las energías cinética y potencial a manera de recordar las variables involucradas en cada una. Para la energía interna habría que mencionar que está asociada con el movimiento aleatorio y desordenado de las moléculas.

TEMA 3. Gradiente de presión.

Objetivo: El alumno determinará experimentalmente algunas propiedades de fluidos y obtendrá experimentalmente la ecuación del gradiente de presión.

3.1 Campo de estudio de la mecánica de fluidos; cuerpo sólido y fluido ideal; concepto de medio homogéneo e isótropo.

Conviene discutir los conceptos de masa, volumen, volumen específico, densidad, densidad relativa, peso y peso específico con la finalidad de contar con más elementos para la comprensión del experimento de laboratorio.

Se sugiere establecer para cantidad física analizada: sus unidades en el SI, unidades en otros sistemas así como su expresión dimensional. Se recomienda también clasificar a estas propiedades en intensivas y extensivas, de esta manera será muy sencillo establecer el concepto de medio homogéneo.

3.2 Principios de Pascal y de Arquímedes.

En este subtema conviene primero establecer el concepto de presión, que es el cociente de la magnitud de una fuerza de contacto que actúa en forma perpendicular sobre un área de contacto. Es aconsejable recalcar que, con base en el Principio de Pascal, se trata de una cantidad escalar.

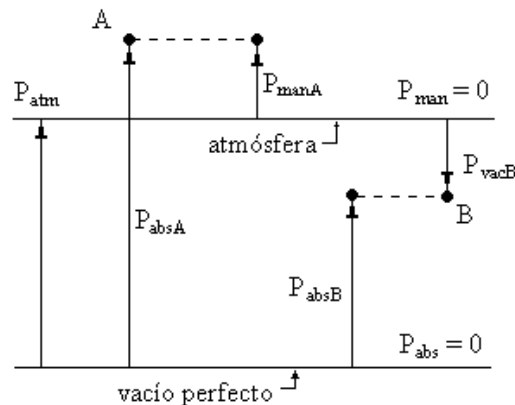
3.3 Ecuación del gradiente de presión para fluidos en reposo.

A partir del concepto de presión y del Principio de Arquímedes tratados en el punto anterior, se sugiere deducir la ecuación del gradiente de presión recalcando que en un líquido en reposo, la variación de la presión es función exclusiva de la variación de altura (o profundidad). Es aconsejable relacionar la deducción del gradiente de la presión con la experiencia física del estudiante.

3.4 Medición de la presión; presiones absolutas y relativas.

En este subtema, conviene resaltar el empleo de otras unidades para medir esta cantidad física además de la unidad del SI; por ejemplo: el bar, la atmósfera, los milímetros de mercurio, libra fuerza sobre pulgada cuadrada, etc.

Por otra parte, conviene apoyarse en un gráfico como el siguiente para que se comprenda la relación entre la presión absoluta, la relativa y la manométrica:



Aquí también conviene recalcar que un manómetro mide con respecto a su entorno el cual no siempre es aire a la presión atmosférica.

3.5 Presión atmosférica y el experimento de Torricelli.

En este rubro es importante destacar que el barómetro de Torricelli mide una presión absoluta ya que su referencia es el vacío absoluto.

3.6 Registro, tabulación y representación gráfica de la presión en función de la profundidad en un líquido en reposo, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

En este punto conviene recalcar que la profundidad puede considerarse como una altura negativa y que la presión que se medirá será manométrica.

En el experimento de laboratorio conviene enfatizar que la lectura que arroja el manómetro, al medir la presión atmosférica del lugar, es cero (no marca desnivel alguno); por otra parte, conviene también hacer evidente que la lectura del manómetro no cambia cuando el sensor se desplaza en el plano horizontal, a diferencia de lo que sucede cuando se desplaza en una línea vertical.

También resulta bastante ilustrativo resaltar que si la gráfica fuera de la presión absoluta en función de la profundidad, la pendiente se mantiene pero la ordenada al origen representa el valor de la presión ambiente.

TEMA 4. Capacidades térmicas específicas.

Objetivo: El alumno determinará experimentalmente la capacidad térmica específica de algunas sustancias, mediante la aplicación de la ley de la termodinámica para sistemas cerrados y aislados.

4.1 Campo de estudio de la termodinámica y el concepto de sistema termodinámico y su clasificación.

Es imperativo que el estudiante se forme un concepto sobre el campo de estudio de la termodinámica que incluya el análisis de las formas de energía de una sustancia y las propiedades con las que están asociadas dichas energías. Aclarar que las únicas formas que se conocen para modificar la energía de una sustancia es a través de las energías en tránsito: calor y trabajo que no son propiedades de la sustancia. En otras palabras, destacar que la Termodinámica estudia las interacciones térmicas (calor), las interacciones mecánicas (trabajo) así como el cambio en el valor de las propiedades de las sustancias al efectuarse dichas interacciones.

En la clasificación de los sistemas termodinámicos, comentar que el sistema aislado es un caso particular de los sistemas cerrados.

4.2 Calor y trabajo como energías en tránsito.

En este aspecto es importante resaltar que tanto el calor como el trabajo son manifestaciones de 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 pero que es muy útil.

4.3 Conceptos de capacidad térmica y de capacidad térmica específica.

Una propiedad relevante en los cambios de temperatura al proporcionar o retirar energía en forma de calor es la capacidad térmica específica (llamado también en forma incorrecta *calor específico* ya que el calor no es propiedad) la cual podemos asociar a la cantidad de energía en forma de calor requerida para que una unidad de masa logre un cambio unitario en su temperatura; es decir:

$$c = \frac{\text{energía transferida en forma de calor}}{(\text{masa unitaria})(\text{variación unitaria de temperatura})}$$

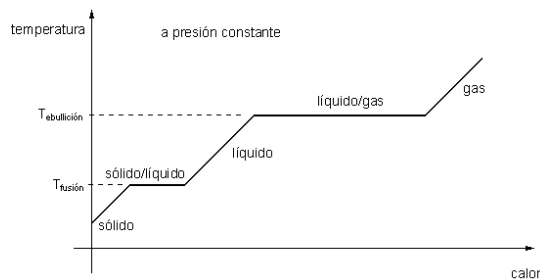
Es importante destacar en este concepto que se trata de una propiedad que no depende de la cantidad de masa, sólo depende de la sustancia analizada y mientras no haya cambio de fase se puede considerar constante.

Puede citarse como ejemplo la capacidad térmica específica del agua en su fase líquida: $c = 4\,186 \text{ [J/(kg}\cdot\Delta\text{K)]}$; esto indica que dicha sustancia requiere $4\,186 \text{ [J]}$ para que 1 [kg] modifique su temperatura 1 [K] . Apoyándose en el subtema 3.3 de este curso, resulta muy adecuado resaltar que, dado que $1 \Delta\text{K} = 1 \Delta^\circ\text{C}$ entonces para la capacidad térmica específica de cualquier sustancia tenemos: $[\text{J}/(\text{kg}\cdot\Delta\text{K})] = [\text{J}/(\text{kg}\cdot\Delta^\circ\text{C})]$.

4.4 Entalpías de transformación de cambio de fase, energía en tránsito en cada unidad de tiempo (potencia).

Para revisar este subtema conviene relacionar la curva de calentamiento de una sustancia pura, a presión constante, con los conceptos de calor sensible y latente.

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) concuerda con el sentido del eje de las abscisas.



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.

Resulta necesario comentar que los flujos de energía en tránsito algunas veces pueden expresarse en términos de energía por unidad de tiempo, es decir en [J/s] identificándolos como potencia mecánica y potencia calorífica. En ocasiones conviene manejar dichas energías en estos términos para simplificar el análisis y resolución de problemas.

4.5 La primera ley de la termodinámica y balance de energía para sistemas termodinámicos cerrados y aislados.

Es importante recordar que tanto el calor como el trabajo son mecanismos de transferencia de energía que nos permiten modificar la energía del sistema. Conviene entonces resaltar que se puede modificar la temperatura de una sustancia sin necesidad de una interacción térmica. Si bien no existe una definición única de energía interna, se puede considerar para este curso que es la energía propia del sistema, cuya variación está asociada al cambio de temperatura.

Como analogía se puede considerar una cuenta bancaria en la que se tiene un saldo (energía interna del sistema) y varios mecanismos para disminuirlo o aumentarlo (calor o trabajo) como por ejemplo retiros en cajero automático, expedición de cheques, depósitos en ventanilla, transferencias electrónicas, etc. En este aspecto conviene apoyarse en la primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado (masa constante), es decir:

$$\text{Calor} + \text{Trabajo} = \Delta E_T$$

$$\text{donde: } \Delta E_T = \Delta E_{\text{cinética}} + \Delta E_{\text{potencial grav.}} + \Delta E_{\text{interna del sist.}} = \Delta E_C + \Delta E_p + \Delta U$$

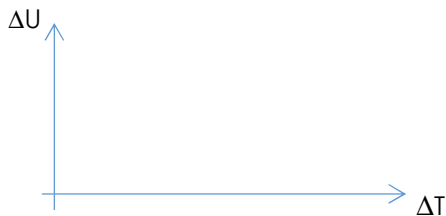
En este subtema es útil resaltar que lo anterior no es más que el Principio de conservación de la energía para un sistema cuya masa permanece constante y se puede considerar despreciable el cambio de energía mecánica (suma de energía cinética y potencial gravitatoria).

$$Q + W = \Delta U$$

Para un sistema aislado la primera ley de la Termodinámica se expresa como: $W = \Delta U$

4.6 Registro, tabulación y representación gráfica de la variación de la energía interna en función de la temperatura de una sustancia, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

Tomando como variable independiente la variación de temperatura, se puede elaborar la gráfica:



O también:



Aquí conviene resaltar que en ambas gráficas las dos variables involucradas son propiedades termodinámicas de la sustancia.

Con base en el punto anterior se puede deducir que la pendiente del modelo matemático asociado a la gráfica obtenida es el producto de la masa de la sustancia por su capacidad térmica específica, es decir la capacidad térmica.

En este subtema se sugiere, para la resolución de los problemas, establecer primero el tipo de sistema termodinámico a analizar (cerrado o aislado) y no analizar problemas que involucren transferencias de calor asociadas a cambios de fase.

TEMA 5. Interacciones eléctricas.

Objetivo: El alumno comprenderá los conceptos básicos asociados a las interacciones eléctricas y obtendrá la relación de Ohm para un material resistivo.

5.1 Campo de estudio del electromagnetismo y concepto de carga eléctrica y sus tipos.

En la discusión del campo de estudio del electromagnetismo conviene resaltar que estos fenómenos se presentan por la existencia de cargas eléctricas estáticas o móviles, y que estos movimientos pueden ser con rapidez constante o en forma acelerada.

Para establecer un concepto de carga eléctrica en clase se sugiere apoyarse de las ideas antecedentes que los estudiantes poseen sobre el fenómeno electromagnético. La parte esencial del concepto de carga eléctrica es que es una propiedad fundamental de la materia (como la masa) que existe en dos tipos (positiva y negativa).

5.2 Convención de los signos de Franklin y principio de conservación de la carga eléctrica.

Aclarar que el principio de conservación de la carga establece que las cargas eléctricas no se crean ni se destruyen, sólo se transfieren de un cuerpo a otro. Además que todos los valores de carga son múltiplos enteros de la carga del protón o del electrón, según su tipo. Debido a esta propiedad las partículas o cuerpos con carga eléctrica interactúan con fuerzas repulsivas o atractivas, si son del mismo tipo o diferentes, respectivamente. Lo se puede verificar por la convención Benjamín Franklin para demostrar que cargas del mismo tipo se repelen y cargas diferentes se atraen.

5.3 Concepto de diferencia del potencial eléctrico y de corriente eléctrica, resistencia eléctrica y relación de Ohm.

El concepto de diferencia de potencial entre dos puntos localizados en un campo eléctrico es el trabajo por unidad de carga hecho por el campo eléctrico sobre una carga de prueba que se mueve de un punto a otro. Un ejemplo de diferencia de potencial es el que existe en las terminales de una batería, o en un contacto eléctrico.

Indicar que la diferencia de potencial es una cantidad escalar y lo que se mide con un voltímetro es una diferencia de potencial.

Recordar que la corriente eléctrica es una de las siete dimensiones fundamentales del Sistema Internacional, que hace referencia al desplazamiento de un flujo de cargas a través de un conductor en cada unidad de tiempo.

Mediante la proporcionalidad que existe entre la diferencia de potencial y la corriente eléctrica explicar el concepto de resistencia eléctrica como una propiedad de los materiales conductores, cabe resaltar que ésta depende, entre otras características, de la longitud y de la sección transversal del conductor.

Recordar que la forma de involucrar la diferencia de potencial, la corriente y la resistencia eléctricas, es mediante la relación de Ohm. Conviene resolver algunos ejercicios sencillos donde estén presentes las tres variables eléctricas.

5.4 Potencia eléctrica y la ley de Joule, ley de Ohm en forma vectorial, conductividad y resistividad eléctricas.

Recordar los conceptos de potencia y energía. Definir el modelo matemático de la potencia eléctrica para el caso particular de un resistor. Explicar que en el caso eléctrico, cierta cantidad de energía transferida a un resistor se disipará en forma de calor, lo que se conoce como efecto Joule. Con base en estos conceptos verificar la validez del principio de conservación de la energía.

Mencionar que la resistencia eléctrica se puede determinar en función de la resistividad, de la temperatura y de la geometría del conductor. Recordar que la resistividad es el

inverso de la conductividad la cual permite formular directamente la ley de Ohm en términos vectoriales.

5.5 Concepto de campo eléctrico.

Explicar que el campo eléctrico es una región acotada en el espacio en donde en cada punto sin excepción se asigna una cantidad física vectorial que es la fuerza de origen eléctrico sobre una carga por convención positiva presente en la región. La analogía con el campo gravitatorio es un buen ejemplo para ilustrar el concepto de campo eléctrico. Aclarar que la expresión $E = F_e/q$ sólo es válida para cargas puntuales.

5.6 Registro, tabulación y representación gráfica de la diferencia de potencial en función de la corriente eléctrica en un resistor, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

Comentar que una forma sencilla para determinar la resistencia de una material conductor es aplicando diferencias de potencial en sus extremos y midiendo la corriente que circula a través del mismo. Al graficar los valores las diferencias de potencial en las ordenadas y los valores de corriente en las abscisas, se obtiene un comportamiento lineal que se puede modelar con la ecuación de la recta para determinar una pendiente cuyo significado físico es el valor de la resistencia.

TEMA 6. Interacciones magnéticas.

Objetivo: El alumno obtendrá experimentalmente el modelo matemático que relaciona la fuerza de origen magnético que experimenta un conductor con corriente eléctrica que se encuentra dentro de un campo magnético.

6.1 Imanes y concepto de campo magnético, experimento de Oersted.

Identificar las diferencias entre los polos geográficos y los polos magnéticos terrestres. Comentar que todo imán es un dipolo magnético y que en la naturaleza no existen los monopolos magnéticos. Conviene hacer una clasificación de los imanes y comentar que un tipo de imán artificial se puede construir bajo la premisa de que cargas en movimiento producen un campo magnético.

Mencionar que en el experimento de Oersted se manifiesta la relación de la electricidad con el magnetismo dando origen a la "electrodinámica". Comentar que la dirección del campo magnético en un punto cercano a un conductor recto se puede determinar mediante la regla de la mano derecha.

6.2 Fuerza de origen magnético en un conductor como aplicación del producto vectorial y como función de varias variables.

Deducir el modelo matemático para determinar la fuerza de origen magnético sobre un conductor con corriente inmerso en un campo magnético, $\vec{F}_{ci} = i_c \vec{l}_c \times \vec{B}_{ci}$ en la cual \vec{F}_{ci} es la fuerza que experimenta el conductor con corriente debida al imán, i_c es la corriente eléctrica en el conductor expuesto al campo magnético del imán, \vec{l}_c es la longitud del conductor recto con la dirección del movimiento de las cargas positivas de la corriente y \vec{B}_{ci} es el campo magnético del imán en que se encuentra inmerso el conductor. Resulta muy conveniente relacionar este subtema como una aplicación del producto cruz o producto vectorial el cual se ve en "Álgebra vectorial" (tema 6 del curso "Cálculo y Geometría Analítica").

Del modelo matemático anterior, se puede observar que la fuerza de origen magnético es función de la corriente, de la longitud del conductor, del campo magnético que lo rodea y del ángulo entre las líneas de campo magnético y el conductor citado; es decir, es una función de varias variables.

Se sugiere poner ejemplos en los que sea necesario efectuar el producto cruz o producto vectorial. Por otra parte, es conveniente indicar a los alumnos que, dado que la fuerza de origen magnético es función de varias variables, qué sucedería con el significado físico de la pendiente si en lugar de variar la corriente, ésta se deja constante y se varía la longitud del conductor, el campo magnético o el ángulo θ . En el caso de la variación del ángulo (θ) entre conductor y líneas de campo magnético, es necesario hacer un cambio de variable ($\sin \theta$) para que la relación sea lineal.

6.3 Concepto de flujo magnético.

Definir los conceptos de flujo para un campo vectorial y de vector normal a la superficie. Interpretar el flujo magnético como una cantidad escalar proporcional al número de líneas de campo magnético que atraviesa una superficie. Enfatizar que por la naturaleza del fenómeno, el flujo magnético a través de cualquier superficie cerrada es siempre cero.

6.4 Ley de inducción de Faraday y principio de Lenz.

Explicar el concepto de fuerza electromotriz inducida a partir de los experimentos de Faraday y el principio de Lenz para interpretar el signo negativo en la ley de Faraday.

Comentar que de la misma forma como Oersted descubrió que a partir de cargas en movimiento es posible producir un campo magnético, Faraday identificó que a partir de variaciones de flujo magnético en una espira se puede obtener una diferencia de potencial, conocida como fem inducida; además es importante mencionar que una corriente inducida se presentará sólo cuando se tenga un circuito cerrado.

Conviene enfatizar que la fem inducida se debe a una variación de flujo magnético con respecto del tiempo, y según la aportación de Lenz el efecto de la fem y corriente inducidas en el caso de una espira cerrada serán tal que siempre se opondrán a la causa que las produce. Identificar las terminales de la espira con mayor y menor potencial eléctrico.

6.5 Registro, tabulación y representación gráfica de la fuerza de origen magnético en función de la corriente eléctrica, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

En el experimento que se realiza en el laboratorio, se observa de manera objetiva la interacción entre el conductor con corriente eléctrica y el imán. Como el conductor está montado en una armazón rígida, no observaremos que actúa en él, pero en el imán y por la tercera ley de Newton de la acción y reacción, sí se puede detectar una fuerza sobre él. Esta fuerza puede ser de atracción o de repulsión entre imán y el conductor; la interacción que resulte depende del sentido de la corriente eléctrica y por lo tanto del vector \vec{I}_c . Sobre el imán la fuerza de atracción dará una percepción de disminución de masa, si la fuerza es de repulsión se notará un aumento aparente de masa, todo esto porque el imán se coloca sobre el platillo de la balanza. Habría que aclarar que la masa del imán permanece constante pero la variación que se detecta es exactamente la fuerza magnética que se superpone al peso del imán.

El módulo de esta fuerza, $|\vec{F}_m|$ es la variable dependiente y el valor de la corriente (I), será la variable independiente.

Se debe aclarar que durante el experimento no varían el módulo del vector del conductor $|\vec{l}_c|$, el módulo del vector del campo magnético $|\vec{B}_{ci}|$ y el ángulo θ entre estos vectores que es $\frac{\pi}{2}$ [rad]. Del Álgebra Vectorial sabemos que $|\vec{F}_{ci}| = i|\vec{l}_c||\vec{B}_{ci}| \sin \theta$ al obtener la ecuación de la recta que pasa por los puntos experimentales, se podrá identificar a la pendiente como $m = |\vec{l}_c||\vec{B}_{ci}| \sin \theta$ y la ordenada al origen, de existir, tendrá relación con los errores de medición, en particular con los errores sistemáticos.

Tema 7. Movimiento Ondulatorio.

Objetivo: El alumno describirá y analizará el fenómeno ondulatorio estudiando experimentalmente algunas de sus variables físicas relevantes asociadas a dicho fenómeno y obtendrá experimentalmente la rapidez de propagación de una onda.

7.1 Conceptos de onda y onda viajera, ondas longitudinales y transversales, onda unidimensional.

Es conveniente iniciar el tema con el concepto más general y claro de lo que es una onda; con base en éste explicar los conceptos de onda viajera, ondas longitudinales, transversales y estacionarias. En el concepto de onda conviene recalcar que lo que se propaga es energía y no materia.

Para las ondas estacionarias es muy conveniente comentar que dependiendo del número de nodos y antinodos que presentan estas ondas, por ejemplo en una cuerda tensa, se identifican los diferentes modos de vibración como se obtendrán experimentalmente en el laboratorio.

7.2 Ondas mecánicas y ondas electromagnéticas.

Se sugiere incluir la clasificación de las ondas dependiendo de la necesidad de un medio de propagación o no; es decir, en ondas mecánicas y ondas electromagnéticas. Como ejemplo del primer caso conviene mencionar al sonido y como ejemplo del segundo la luz.

7.3 Naturaleza de la luz y el sonido.

Con base en el subtema anterior, se sugiere establecer una descripción breve de las características principales de la luz y del sonido.

7.4 Concepto de amplitud, longitud de onda, frecuencia, frecuencia angular y rapidez de propagación.

La obtención de la función de onda para una onda armónica unidimensional, prototipo de onda periódica, permite definir e identificar fácilmente los conceptos: amplitud, longitud de onda, periodo, frecuencia, rapidez de propagación, frecuencia angular y número de onda (también llamado constante de propagación). Para la relación entre frecuencia (f) y frecuencia angular (ω); es decir para $\omega = 2 \pi f$ debe quedar claro al estudiante que las unidades del factor 2π son [radianes/ciclo].

7.5 Función de onda.

Se sugiere describir brevemente la función de onda (y) en forma matemática y apoyarse en la función sinusoidal (función seno o coseno) que se analiza en el curso de "Cálculo y

Geometría Analítica". Resaltar que dicha función de onda depende de dos variables: la posición (x) y el tiempo (t); por el alcance del curso, se sugiere limitarse únicamente a la descripción de la onda de la forma: $y(x, t) = A \cos(kx - \omega t)$ donde A es la amplitud, k es el número de onda y ω es la frecuencia angular. Para este apartado, se sugiere apoyarse en una breve descripción del movimiento armónico simple.

7.6 Registro, tabulación y representación gráfica de la longitud de onda en función de la frecuencia, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

En la realización del experimento de la cuerda tensa, es recomendable que la cuerda sea inextensible y que la masa m_c que se suspenda en la cuerda para tensarla sea de 100 [g] o menos, dicha masa será constante y como resultado de esto, la tensión F en la cuerda no cambiará. Si la cuerda es inextensible, su densidad lineal $\mu = \frac{m_c}{\ell_c}$ será constante, ya que m_c (masa de la cuerda) y ℓ_c (longitud de la cuerda) serán fijas. De esta forma la rapidez de propagación v de las ondas en la cuerda será fija, por que $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, para todos los modos de vibración. Para obtener cada uno de los modos de vibración posibles con el equipo disponible, se variará la frecuencia del impulsor de ondas hasta obtener el modo 1, el 2, ..., etc. y se medirá la longitud de onda $\lambda_1, \lambda_2, \dots$, etc.

Con los valores de las frecuencias para cada modo de vibración: f_1, f_2, \dots , etc. como abscisas y las longitudes de onda $\lambda_1, \lambda_2, \dots$, etc. como ordenadas se puede construir un modelo gráfico, su inconveniente es que no es un modelo lineal. Si se realiza un cambio de variable y en lugar de las frecuencias se calculan los periodos correspondientes a cada modo, se puede obtener una distribución de los puntos experimentales de forma muy aproximada a una recta, de tal forma que la pendiente obtenida representa directamente la velocidad de propagación de la onda.

Tema 8. Óptica geométrica

Objetivo: El alumno comprenderá los conceptos básicos asociados a la óptica geométrica. Obtendrá experimentalmente la ley de la reflexión y de refracción o ley de Snell.

8.1 Campo de estudio de la óptica; óptica geométrica y óptica física.

El concebir a la Óptica como la parte de la Física que estudia la luz nos ayuda a entender por qué existen varios modelos para su estudio. La luz presenta algunas de sus características en ciertos fenómenos pero otras de ellas no se perciben. Cuando se observa que la luz viaja en línea recta, el modelo de rayos de luz es suficiente dando origen a la Óptica Geométrica. En otros fenómenos, la luz se comporta como formada de un flujo de corpúsculos submicroscópicos llamados cuantos de luz o fotones y existen fenómenos ópticos que sólo pueden explicarse con un análisis ondulatorio de la luz, tales como la interferencia y la difracción, a esta parte se le conoce como Óptica Física. En este apartado, conviene resaltar la naturaleza dual de la luz.

8.2 Ondas electromagnéticas: espectro visible, conceptos de frente de onda y rayo de luz.

Comentar que las ondas de luz son una parte muy pequeña de un conjunto muy grande de ondas denominadas electromagnéticas; a la gama completa de frecuencias de estas ondas se le denomina espectro electromagnético y al conjunto de frecuencias que el ojo humano puede percibir se le denomina espectro visible.

En esta parte conviene apoyarse en el tema anterior, haciendo énfasis que todo el espectro electromagnético, incluyendo una parte que es la luz visible, es un conjunto de ondas que no requieren de medio alguno para propagarse, esto es, que se pueden transmitir en el vacío.

Es muy útil explicar que un frente de onda es el lugar geométrico de los puntos adyacentes en los que la fase de vibración de la cantidad física asociada con la onda es la misma y que la línea imaginaria que nos describe la dirección en que la luz se propaga es un rayo de luz; es decir, los rayos siempre son líneas rectas normales a los frentes de onda, formados éstos, por ejemplo, por las crestas de las ondas.

Es importante recalcar también que la luz se propaga en línea recta y con rapidez constante si el medio en el cual se transmite es homogéneo e isótropo.

8.3 Reflexión y refracción (o transmisión) e índice de refracción.

Entre los fenómenos ópticos que pueden ser analizados con el modelo de rayos de luz son la reflexión y la refracción (o transmisión). Los rayos que llegan o que inciden a la superficie lisa que separa dos materiales transparentes (por ejemplo aire y vidrio) y forman un ángulo θ_i respecto de la normal a la superficie serán reflejados parcialmente con un ángulo igual al de incidencia llamado ángulo de reflexión θ_r medido también con respecto a la normal a la superficie lisa. La parte de rayos que no fueran reflejados serán refractados o transmitidos hacia el vidrio, formando con la normal mencionada, un ángulo denominado ángulo de transmisión θ_t o de refracción. Es muy importante resaltar que los rayos de incidencia, de reflexión y de transmisión así como la normal con respecto a la cual se miden los ángulos, están contenidos en un mismo plano, que suele ser en el que se representan la interfaz entre los materiales, así como los rayos y sus respectivos ángulos.

El índice de refracción o transmisión (n), se define como el cociente de la rapidez de la luz en el vacío entre la rapidez de ella cuando es transmitido en el material. Aquí conviene recalcar, por un lado, que el índice no puede ser menor a la unidad así como el hecho de que este índice no es de valor constante cuando la frecuencia de la luz que se transmite varía.

8.4 Registro y tabulación de las variables: ángulo de incidencia, ángulo de reflexión y ángulo de refracción o transmisión.

Con el equipo disponible en el laboratorio es posible realizar mediciones de ángulos de incidencia sobre un espejo y medir a su vez los respectivos ángulos de reflexión; para mejores resultados de estas mediciones se sugiere utilizar la luz monocromática de la fuente de láser; esto exige el análisis y cumplimiento de las precauciones que se deben tener al utilizar esta fuente de energía luminosa. Conviene experimentar con ángulos de incidencia desde 10° hasta 60° y realizar las mediciones de los ángulos de reflexión al menos en tres ocasiones, para poder estimar la incertidumbre en esas mediciones.

De forma semejante y para el mismo intervalo de ángulos de incidencia, medir indirectamente los ángulos de transmisión correspondientes, a través de la expresión:

$$\tan \theta_t = \frac{\text{sen } \theta_i - \frac{d}{e}}{\cos \theta_i}$$

en la cual se requiere adicionalmente la desviación lateral "d" formada por el rayo incidente al refractarse dos veces, al entrar a la muestra transparente de caras paralelas y

espesor "e" y salir de la muestra en dirección paralela a la del rayo incidente pero desplazada una distancia "d", paralela a la dirección original del rayo incidente.

Se sugiere demostrar en clase la expresión del párrafo anterior como una aplicación del tema "Trigonometría" del curso "Álgebra" del primer semestre.

8.5 Modelo matemático de la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión. Modelo matemático entre el seno del ángulo de incidencia y seno del ángulo de refracción.

Con los valores de los ángulos de incidencia y sus correspondientes ángulos de reflexión, se puede construir el modelo gráfico con el ángulo de incidencia como variable independiente y, si resulta una recta, se puede obtener el modelo matemático del ángulo de reflexión en función del ángulo de incidencia. En esta gráfica conviene hacer énfasis de su semejanza con la función identidad analizada en el curso "Cálculo y Geometría Analítica".

Para el fenómeno de transmisión conviene realizar los cambios de variables: seno del ángulo de incidencia y seno del ángulo de transmisión para que la relación sea lineal y, con base en ello y en la ley de Snell, determinar el índice de refracción desconocido de la muestra del material empleado.

8.6 Prueba del modelo y su aplicación en la determinación de índice de refracción de otro dieléctrico transparente y en problemas relativos a refracción.

Con el procedimiento descrito en el subtema anterior, si existe la oportunidad de trabajar en el laboratorio, se podría estudiar la transmisión de la luz a través de un dieléctrico transparente diferente al empleado en la práctica y verificar la validez de la ley de Snell.

También la prueba del modelo se puede realizar a través de problemas que tengan relación con la reflexión y la refracción de la luz.

Adicionalmente, si el tiempo lo permite, se sugiere realizar en el laboratorio el fenómeno de la dispersión de la luz, como ejemplo de qué sucede cuando se considera que el índice de refracción no es constante para el material y éste depende de la frecuencia de la luz.

Bibliografía básica

BAUER, Wolfgang, WESTFALL, Gary D.
Física para ingeniería y ciencias con física moderna
México
McGraw Hill, 2011

GUTIÉRREZ ARANZETA, Carlos
Introducción a la metodología experimental
2a. edición
México
Limusa Noriega, 2006

YOUNG, Hugh D., FREEDMAN, Roger A.

Física universitaria con física moderna
12a. edición
México
Addison Wesley, 2009

Bibliografía complementaria

HOLMAN, Jack
Experimental Methods for Engineers
18th. edition
New York
McGraw Hill, 2011

OHANIAN, Hans C., MARKERT, John T.
Física para ingeniería y ciencias
3a. edición
México
McGraw Hill, 2009

RESÉNDIZ NÚÑEZ, Daniel
El rompecabezas de la ingeniería. Por qué y cómo se transforma el mundo.
México
FCE, 2008

YOUNG, Hugh D., FREEDMAN, Roger A.
University Physics with Modern Physics
13th. edition
San Francisco
Addison Wesley, 2012