ÁREA DE SABERES Y CONOCIMIENTOS

Ciencias Naturales

Física

SEXTO AÑO DE ESCOLARIDAD

6 TO AÑO DE ESCOLARIDAD

EDUCACIÓN SECUNDARIA
COMUNITARIA PRODUCTIVA

“2025 BICE   TENARIO DE BOLIVIA”

Texto de aprendizaje. 6to año de escolaridad. Educación Secundaria
Comunitaria Productiva. Subsistema de Educación Regular.

Texto oficial 2025

Omar Veliz Ramos
Ministro de Educación

Manuel Eudal Tejerina del Castillo
Viceministro de Educación Regular

Delia Yucra Rodas
Directora General de Educación Secundaria

DIRECCIÓN EDITORIAL
Delia Yucra Rodas
Directora General de Educación Secundaria

Waldo Luis Marca Barrientos
Coordinador del Instituto de Investigaciones Pedagógicas Plurinacional

COORDINACIÓN GENERAL
Equipo Técnico de la Dirección General de Educación Secundaria
Equipo Técnico del Instituto de Investigaciones Pedagógicas Plurinacional

REDACTORES
Equipo de maestras y maestros de Educación Secundaria

REVISIÓN TÉCNICA
Unidad de Educación Género Generacional
Unidad de Políticas de Intraculturalidad, Interculturalidad y Plurilingüismo
Escuelas Superiores de Formación de Maestras y Maestros
Instituto de Investigaciones Pedagógicas Plurinacional

ILUSTRACIÓN:
María Virginia Orellana Vinoya

DIAGRAMACIÓN:
Nestor Monasterios Huanca

Depósito legal:
4-1-580-2024 P.O.

Cómo citar este documento:
Ministerio de Educación (2025). Texto de aprendizaje. 6to año de escolaridad. Educación Secundaria Comunitaria Productiva. Subsistema de Educación Regular. La Paz, Bolivia.

Av. Arce, Nro. 2147 www.minedu.gob.bo

ÍNDICE

Presentación 5

FÍSICA 261
Primer Trimestre
Electrostática como fenómeno de la naturaleza 262
Campo eléctrico y las fuerzas eléctricas 270
Potencial eléctrico 275
Capacitancia 280
Segundo Trimestre
Electrodinámica en los procesos productivos de la región 288
Resistencia y diferencia de potencial 293
La energía y potencia de la corriente eléctrica en nuestra comunidad 303
Circuitos de corriente eléctrica para el avance tecnológico 308
Tercer Trimestre
Fundamentos teóricos de campo magnético y electromagnetismo en la naturaleza 312
Introducción a la física moderna 324

PRESENTACIÓN

Uno de los derechos fundamentales de las niñas, niños y adolescentes, en el Estado Plurinacional de Bolivia, es el derecho a la educación, el cual se garantiza con el acceso a los recursos educativos que coadyuven con el proceso de adquisición de conocimientos.

El Ministerio de Educación, asegurando la calidad educativa, al iniciar la gestión 2025, pretende brindar un recurso educativo que apoye el desarrollo curricular, a través de la entrega gratuita de los *"Textos de aprendizaje 2025"*, para el nivel de Educación Secundaria Comunitaria Productiva.

Durante varios meses, maestras y maestros de todas las regiones de Bolivia, desde sus experiencias y vivencias educativas, han aportado con la construcción de estos textos, plasmando en sus letras la diversidad de Bolivia y la investigación científica en las diferentes áreas de saberes y conocimientos.

Los *"Textos de aprendizaje 2025"* tienen la misión de fortalecer los conocimientos de nuestros estudiantes, presentando contenidos actualizados y con bases científicas, planteando actividades que desarrollen su pensamiento crítico reflexivo, reforzando sus aprendizajes.

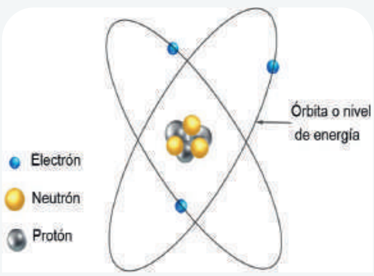
Por lo expuesto anteriormente, teniendo como objetivo trabajar conjuntamente con los actores educativos hacia una educación humanística, técnica, tecnológica productiva, dentro de un desarrollo integral de nuestros estudiantes; el Ministerio de Educación proporciona este accesible instrumento educativo, esperando que despierte en las niñas, niños y jóvenes la sed de conocimientos y los motive a conocer el mundo a través de la ciencia y la investigación.

Omar Veliz Ramos
Ministro de Educación

ELECTROSTÁTICA COMO FENÓMENO DE LA NATURALEZA

PRÁCTICA

Modelo atómico de Rutherford, el átomo está compuesto de un núcleo formado por protones y neutrones y los electrones están girando en órbitas alrededor del núcleo.



Fuente basada en: https://acortar.link/dhX8Hn

¿De qué están compuestos los cuerpos?

Todos los cuerpos están compuestos de átomos. Un átomo es la unidad fundamental de los elementos químicos. En los modelos atómicos hay un núcleo donde están los protones y los neutrones los electrones están girando en torno al núcleo.

Los átomos se clasifican por la cantidad de protones y ese número determina el elemento correspondiente. En la tabla periódica están organizados todos los elementos conocidos. Una característica es que cada órbita o capa de los electrones sólo puede aceptar un número específico de ellos. Siendo la última órbita denominada de valencia la que determina la capacidad de combinarse con otros elementos para formar un compuesto. Algunos elementos tienen una gran facilidad de perder los electrones de la última órbita considerándose prácticamente electrones libres. Se dice que estos elementos son buenos conductores de electricidad. Aquellos elementos en los que su capa de valencia está llena y sus electrones no son libres se denominan de varias formas: malos conductores, aislantes o dieléctricos y hay otros elementos denominados semiconductores que se comportan como conductores bajo ciertas condiciones.

Actividad

Realizamos las siguientes actividades:

- Usando una tabla periódica clasificamos a los elementos según se comporten como buenos conductores, aislantes y semiconductores. Escriba las características de cada clase.
- Averigüemos de que están compuestos los materiales con los cuales se aíslan los cables de corriente en las conexiones domiciliarias.

TEORÍA

Dieléctricos

Los materiales dieléctricos, aunque no poseen electrones libres, pueden reorganizarse en presencia de cargas externas. Por ejemplo, si se aproxima un objeto cargado positivamente a un aislante, las cargas negativas del dieléctrico se agrupan cerca del objeto positivo sin llegar a tocarlo.

Fuente: https://acortar.link/Ej4NTR

Este proceso se denomina polarización inducida, debido a la presencia de cargas eléctricas.

1. Introducción

La historia y el desarrollo de la electrostática han sido influenciados por una serie de figuras destacadas a lo largo de los siglos. Entre los principales tenemos a:

- Tales de Mileto (600 a.C.), fue uno de los primeros en notar que los objetos se atraían después de ser frotados, aunque no entendía completamente el fenómeno. Sus observaciones iniciaron el interés humano en la electricidad estática.
- William Gilbert (1544-1603), a finales del siglo XVI, realizó experimentos con objetos electrificados y es considerado el padre de la electrostática, ya que introdujo el término “electricidad” a partir de la palabra griega “elektron” (ámbar).
- Charles-François de Cisternay du Fay (1698-1739), es conocido por sus experimentos con electricidad estática y propuso la existencia de dos tipos de electricidad: “vítreo” (positiva) y “resinosa” (negativa).
- Benjamín Franklin (1706-1790), es una figura icónica en la historia de la electrostática. En la década de 1750, propuso la teoría de dos tipos de carga eléctrica: positiva y negativa. Su famoso experimento con una cometa demostró la relación entre la electricidad y los rayos.
- Joseph John Thomson (1856-1940), a finales del siglo XIX y principios del XX, revolucionó la comprensión de la estructura atómica con su experimento del tubo de rayos catódicos en 1897, demostrando la existencia de partículas subatómicas llamadas electrones. Esta revelación fue crucial para entender la carga eléctrica y la naturaleza de la materia a nivel atómico.

2. La carga eléctrica

La carga eléctrica es la propiedad que tienen las partículas subatómicas, el electrón y el protón, por la cual son capaces de ejercer fuerzas de atracción o repulsión. La carga del electrón es negativa y la carga del protón es positiva. En el modelo atómico estándar el núcleo atómico está constituido por protones y neutrones; por tanto, el núcleo es positivo y girando alrededor de él están los electrones que tienen carga negativa. La unidad de carga es el coulomb (C) en el Sistema Internacional y el statCoulomb (stC) o la unidad electrostática de carga (u.e.s.) en el Sistema Cegesimal.

En un átomo neutro, la cantidad de electrones es igual a la de protones, resultando en una carga neta de cero. Debido a las fuertes fuerzas de atracción en el núcleo, es más difícil ganar o perder protones. Por lo tanto, cuando un cuerpo adquiere carga, es porque ha ganado o perdido electrones, proceso conocido como ionización. Los cuerpos que pierden electrones se cargan positivamente y se llaman cationes, mientras que los que ganan electrones se cargan negativamente y se llaman aniones.

El valor numérico de la carga eléctrica es un múltiplo de la carga fundamental del electrón o del protón que es igual a $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C. Las cargas de los cuerpos cargados se expresan de la siguiente forma:

$$q = \pm ne$$

Dónde: q es la carga, n es el número de electrones y $-e$ es la carga del electrón $+e$ es la carga del protón.

Ejemplo 1: Calculemos el número de cargas elementales que tiene una carga puntual de 2,00 μC.

Solución:

Despejando n de la relación de la carga con el número de electrones:

$$n = \frac{q}{e}$$

$$n = \frac{2{,}00 \times 10^{-6}\ C}{1{,}60 \times 10^{-19}\ C} = 1{,}25 \times 10^{13}$$

Ejemplo 2: Una esfera metálica tiene una carga de 5,0 μC. Si se le quitan $6{,}0\times10^{12}$ electrones, ¿cuál será su carga neta?

Solución:

La carga neta que adquieren los cuerpos se obtiene por un exceso o falta de electrones, se le está quitando electrones hay que restar n cargas negativas del electrón:

$$q_{neta} = q \pm ne$$

$$q_{neta} = 5{,}0 \times 10^{-6} - 6{,}00 \times 10^{12} \times (-1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}) = 5{,}96 \times 10^{-6}\ \mathrm{C}$$

$$q_{neta} = 5{,}96\ \mu\mathrm{C}$$

Ejemplo 3: Una varilla de plástico tiene una carga de 10,0 pC. Si se le agregan $8{,}0\times10^{12}$ electrones, ¿cuál será su carga neta?

Solución:

Se le está agregando electrones hay que sumar n cargas negativas del electrón:

$$q_{neta} = q \pm ne$$

$$q_{neta} = 10{,}0 \times 10^{-12}\,\mathrm{C} + 8{,}0 \times 10^{12} \times (-1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})$$

$$q_{neta} = -1{,}28 \times 10^{-6}\ \mathrm{C}$$

Uso de submúltiplos

Dado que el coulomb es una unidad muy grande, es habitual usar submúltiplos para expresar las cargas eléctricas. Recordando los prefijos m = mili; μ = micro; n = nano y p = pico.

$$1\ \mathrm{mC} = 10^{-3}\mathrm{C}$$

$$1\ \mu\mathrm{C} = 10^{-6}\ \mathrm{C}$$

$$1\ \mathrm{nC} = 10^{-9}\ \mathrm{C}$$

$$1\ \mathrm{pC} = 10^{-12}\ \mathrm{C}$$

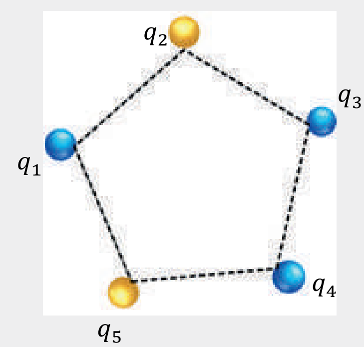
Las distancias que se usan en los problemas de electrostática también son pequeñas y es habitual usar los prefijos c = centi y m = mili.

$$1\ \mathrm{cm} = 10^{-2}\mathrm{m}$$

$$1\ \mathrm{mm} = 10^{-3}\mathrm{m}$$

Valor neto o valor total

El valor neto o valor total se utiliza de manera indiscriminada en física cuando se tiene que encontrar un valor total, debido a que las cantidades que se suman pueden tener signos opuestos y la suma es algebraica en el caso de cantidades escalares y la suma es vectorial en caso de vectores.
Por tanto, calcular la carga neta, fuerza neta significa calcular la carga total y fuerza total; por ejemplo.



$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$$

Fuente: elaboración propia

Cargas puntuales

Se hace uso del modelo de cargas puntuales, las cuales se caracterizan porque el tamaño no se toma en cuenta; pero, son partículas que poseen carga y masa.

En la ley de conservación de la carga se está trabajando con cargas puntuales y cuando se separan la distribución es equitativa. Sin embargo, esto puede cambiar si en las cargas se toma en cuenta el tamaño, la geometría y la capacidad de almacenar carga, estas características están fuera del nivel del texto.

3. Ley de conservación de la carga

Establece que la carga eléctrica total en un sistema aislado se mantiene constante. La carga no se puede crear ni destruir sólo se redistribuye.

Ejemplo 4. Dos partículas cargadas q_1 = -5,0 μC y q_2 = 10,0 μC , se colocan en contacto y luego se separan. ¿Cuál es la carga final en cada una de ellas?

Solución

Cuando se ponen en contacto, las cargas se suman algebraicamente:

$$Q = q_1 + q_2$$

$$Q = -5{,}0\ \mu\text{C} + 10{,}0\ \mu = 5\mu\text{C}$$

Cuando se separan, la carga se distribuye equitativamente:

$$q_f = \frac{Q}{2}$$

$$q_f = \frac{5\mu\text{C}}{2} = 2{,}5\ \mu\text{C}$$

Actividad

Resolvemos los problemas:

1. Una partícula tiene una carga de 10,0 μC . Si gana 5×10^{15} electrones, ¿cuál será su nueva carga?
2. Dos cargas puntuales tienen los siguientes valores: 10,0 μC y -12,0 μC , se colocan en contacto y luego se separan. ¿Cuál es la carga final en cada una de ellas?

La constante eléctrica

La constante eléctrica, también llamada constante de Coulomb, está relacionada con la permitividad del vacío ϵ_0.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

El valor de la permitividad es:

$$\epsilon_0 = 8{,}854 \times 10^{-12}\,\frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}$$

Al reemplazar valores se obtiene:

$$k = 8{,}98755 \times 10^9\,\frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}$$

Que es un valor muy próximo al de uso común.

$$k = 9 \times 10^9\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

4. Ley de Coulomb

La ley fundamental de la electrostática es la Ley de Coulomb que nos dice: “la fuerza de atracción o de repulsión entre dos cargas es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación de las mismas”. La Ley de Coulomb, expresada en forma vectorial y con la dirección en la línea que une las dos cargas representada por el vector unitario $\hat{e}_r$, es:

$$\vec{F} = k\,\frac{q_1 q_2}{r^2}\,\hat{e}_r$$

Es usual encontrar primero el módulo de la fuerza de Coulomb; la dirección y sentido se calculan usando la ley de signos. Por tanto, el módulo de la fuerza de Coulomb es:

$$F = k\,\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

Donde, k es la constante eléctrica en el vacío o el aire y tiene los siguientes valores:

En el Sistema Internacional de medidas: $k = 9 \times 10^9\,\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

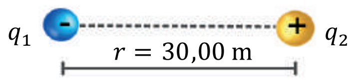
En el Sistema Cegesimal $k = 1\,\frac{\text{dyn cm}^2}{\text{stC}^2}$

$|q_1||q_2|$ es el producto de las dos cargas, el valor absoluto indica que el resultado es siempre positivo; r es la distancia de separación de las cargas.

5. Ley de signos

La ley de signos dice: “signos iguales se repelen y signos diferentes se atraen”.

Ejemplo 5: Dos partículas cargadas $q_1 = -5{,}0\ \mu\text{C}$ y $q_2 = 7{,}0\ \mu\text{C}$, se encuentran separadas $30{,}00\ \text{cm}$, hallar la fuerza de atracción sobre: a) la carga 1, b) la carga 2



Solución:

El módulo de la fuerza de atracción es:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$F = 9\times10^9\ \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}\cdot\frac{|-5{,}00\times10^{-6}\text{C}||7{,}00\times10^{-6}\ \text{C}|}{(30{,}00\times10^{-2}\ \text{m})^2}$$

$$F = 3{,}5\ \text{N}$$

a) La fuerza sobre la carga 1, se sitúa con su origen en dicha carga y se hace cumplir la ley de signos; la carga 1 tenderá a ir hacia la carga 2.

b) La fuerza sobre la carga 2, se sitúa con su origen en la carga 2 y se hace cumplir la ley de signos; la carga 2 tenderá a ir hacia la carga 1.

Como se observa, en el inciso a) la fuerza sobre la carga 1 es igual a: $F = 3{,}5\ \text{N}$ hacia la derecha. b) La fuerza sobre la carga 2 es igual a: $F = 3{,}5\ \text{N}$ hacia la izquierda.

Factores de conversión en unidades de carga y de distancia

Cuando las cantidades están escritas con prefijos, es conveniente que se reemplacen por su valor numérico sin necesidad de realizar la conversión o el cambio de unidades de manera directa.

Por ejemplo:

$$5\ \mu\text{C} = 5\times10^{-6}\text{C}$$

$$20\ \text{cm} = 20\times10^{-2}\text{m}$$

Este último valor es usual reemplazarlo por:

$$20\ \text{cm} = 0{,}20\ \text{m}$$

Actividad

Resolvemos los problemas

1. Dos cargas puntuales de $-5{,}0\ \mu\text{C}$ y $10{,}0\ \mu\text{C}$ están separadas $50{,}0\ \text{cm}$, calcule la fuerza de atracción sobre la carga negativa.
2. Dos cargas puntuales tienen los siguientes valores: $10{,}0\ \mu\text{C}$ y $-18{,}0\ \mu\text{C}$, se colocan en contacto y luego se separan $20{,}0\ \text{cm}$. ¿Cuál es la fuerza que se ejercen? ¿Es atractiva o repulsiva?

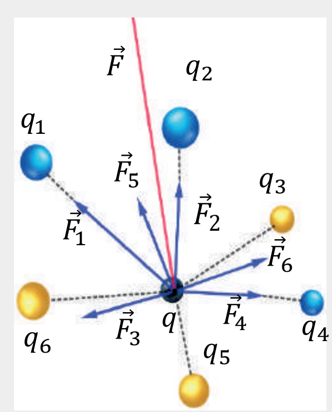
6. Principio de superposición

Para determinar la fuerza total que actúa sobre una carga en un sistema de múltiples cargas, se deben calcular las fuerzas individuales ejercidas por cada carga y luego sumarlas vectorialmente para obtener la fuerza total.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots \vec{F}_n$$

Las fuerzas se determinan en pares, siempre en relación con la carga sobre la que se desea calcular la fuerza total. Primero se calcula el módulo y luego se representan las fuerzas en un sistema de coordenadas con origen en la carga. Aplicando la ley de signos, se dibujan los vectores de fuerza con su módulo, dirección y sentido. De esta manera, para realizar la suma vectorial, se puede emplear cualquier método conveniente, como el método del paralelogramo o la descomposición en componentes, asegurando una representación precisa y clara de las fuerzas involucradas.

En la práctica, aunque las cargas no sean puntuales, a menudo se pueden tratar como tales cuando las distancias entre ellas son considerablemente mayores que sus tamaños. Esto facilita mucho los cálculos.



Por el principio de superposición la fuerza total sobre la carga q es igual a la suma vectorial de fuerzas de cada una de las otras cargas sobre ella.

El principio de superposición

El principio de superposición se puede describir como "el resultado de la combinación de acciones es igual a la suma de los resultados de cada acción individual". En resumen, el efecto combinado es la suma de los efectos individuales.

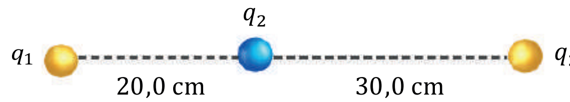
El principio de superposición no se puede atribuir a una sola persona, ya que ha evolucionado con el tiempo gracias a las contribuciones de numerosos científicos y matemáticos. En el ámbito de la geología, el principio de superposición de estratos fue inicialmente propuesto en el siglo XI por el geólogo persa Avicena (Ibn Sina) y más tarde, en el siglo XVII, fue reformulado de manera más clara por el científico danés Nicolás Steno.

El principio de superposición se aplica tanto a cantidades escalares como vectoriales.

- *Escalares, para cantidades escalares, como la temperatura o la concentración de una sustancia, este principio permite sumar los efectos individuales de diferentes fuentes para obtener el efecto total.*
- *Vectoriales, en el caso de cantidades vectoriales, como fuerzas, desplazamientos o campos eléctricos, se suman los vectores de cada fuente para obtener el vector resultante.*

Avicena (980-1037)
Fuente: https://acortar.link/d8NRy5

Ejemplo 6: Tres cargas puntuales, q_1= 5,00μC, q_2= -3,00 μC y q_3= 8,00 μC, ubicadas en una línea recta como se muestra en la figura ¿Cuál es la fuerza neta sobre la carga central?



Solución:
El cálculo del módulo de la fuerza de Coulomb de cada una de las dos cargas sobre la segunda es:

$$F_{12} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$F_{12} = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{|5{,}00\times 10^{-6}\,\mathrm{C}||-3{,}00\times 10^{-6}\ \mathrm{C}\,|}{(\,0{,}20\ \mathrm{m})^2}$$

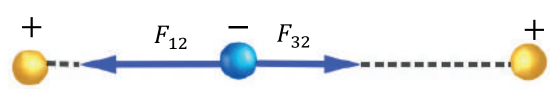
$$F_{12} = 3{,}38\ \mathrm{N}$$

$$F_{32} = k\frac{|q_3||q_2|}{r^2}$$

$$F_{32} = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{|8{,}00\times 10^{-6}\mathrm{C}||-3{,}00\times 10^{-6}\ \mathrm{C}\,|}{(\,0{,}30\ \mathrm{m})^2}$$

$$F_{32} = 2{,}4\ \mathrm{N}$$

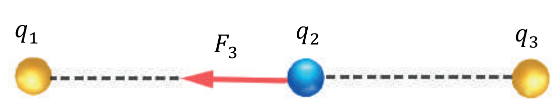
Para el sentido de las fuerzas, el origen se sitúa en la carga 2, al aplicar la ley de signos se obtienen las fuerza de atracción que se observan en la figura:



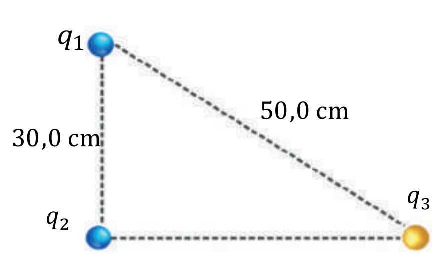
Debido a que las fuerzas son opuestas hay que restar, considerando los sentidos del sistema de referencias (positivo a la derecha y negativo a la izquierda).

$$F_2 = F_{32} - F_{12} = 2{,}4\ \mathrm{N} - 3{,}38\ \mathrm{N} = -0{,}98\ \mathrm{N}$$

La fuerza total sobre la carga 2 es igual a: F_2 = -0,98 N (el signo negativo indica que va hacia el sentido negativo del sistema de referencia). Que también puede expresarse como F_2 = 0,98 N a la izquierda.



Ejemplo 7: Tres cargas se encuentran en los vértices de un triángulo como se observa en la figura. Si las cargas tienen los valores: q_1=-10,00 μC; q_2=-20,00 μC; q_3= 5,00 μC. Encuentre la fuerza resultante sobre la carga q_3.



Solución:
Los módulos de las fuerzas sobre la carga 3 son:

$$F_{13} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9\times10^9\,\frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}\cdot\frac{|-10{,}00\times10^{-6}\text{C}||-5{,}00\times10^{-6}\text{ C}|}{(\,0{,}50\text{ m})^2}$$

$$F_{13} = 1{,}8\text{ N}$$

$$F_{23} = k\frac{|q_3||q_2|}{r^2} = 9\times10^9\,\frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}\cdot\frac{|20{,}00\times10^{-6}\text{C}||-5{,}00\times10^{-6}\text{ C}|}{(\,0{,}40\text{ m})^2}$$

$$F_{32} = 5{,}625\text{ N}$$

Aplicando la ley de signos, se sitúa como origen la carga 3. Según el esquema es posible resolver la suma vectorial por los métodos de descomposición de componentes o por el método del paralelogramo. Se resolverá de ambas formas.

El ángulo α se obtiene del esquema a):

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{0{,}30\text{ m}}{0{,}40\text{ m}}\right) = 36{,}9°$$

La solución se obtiene mediante la descomposición en componentes. Las fuerzas, según el esquema, tienen las siguientes componentes:

$$F_x = -F_{13}\cos\alpha - F_{23} = -1{,}8\text{ N}\cos 36{,}9° - 5{,}625\text{ N} = -7{,}064\text{ N}$$

$$F_y = F_{13}\,\text{sen}\,\alpha = 1{,}8\text{ N}\,\text{sen}\,36{,}9° = 1{,}081\text{ N}$$

$$F_3 = \sqrt{F_x^{\,2} + F_y^{\,2}} = \sqrt{(-7{,}064\text{ N})^2 + (1{,}081\text{ N})^2} = 7{,}15\text{ N}$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_y}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1{,}081\text{ N}}{-7{,}064\text{ N}}\right) = -8{,}7°;\ \gamma = 180° - 8{,}7° = 171{,}8°$$

Usando el método del paralelogramo, el módulo de la fuerza resultante es:

$$F_3 = \sqrt{F_{13}^{\,2} + F_{23}^{\,2} + 2F_{13}F_{23}\cos\alpha}$$

$$F_3 = \sqrt{(1{,}8\text{ N})^2 + (5{,}625\text{ N})^2 + 2\cdot1{,}8\text{ N}\cdot5{,}625\text{ N}\cos 36{,}9°} = 7{,}15\text{ N}$$

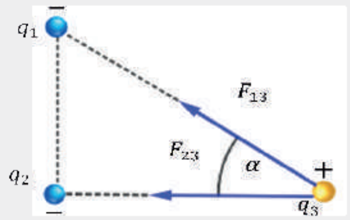
El ángulo respecto a la horizontal se encuentra por la ley de los senos según el esquema c):

$$\frac{F_3}{\text{sen}(180° - \alpha)} = \frac{F_{13}}{\text{sen}\,\beta}$$

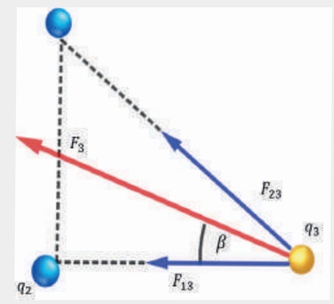
$$\beta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{F_{13}}{F_3}\text{sen}(180° - \alpha)\right) = \text{sen}^{-1}\left(\frac{1{,}8\text{ N}}{7{,}15\text{ N}}\text{sen}\,143{,}1\right) = 8{,}7°$$

La fuerza sobre la carga 3 es F = 7,15 N ; γ =171,8° o también: F = 7,15 N; β = 8,7° en el segundo cuadrante.

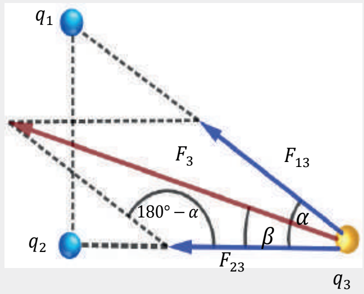
a) *El ángulo entre las dos fuerzas sobre la carga 3 se encuentra aplicando la función tangente en el triángulo recto inicial.*



b) *Por el método de componentes la resultante tiene un ángulo respecto de la horizontal.*



c) *Con el método del paralelogramo, el ángulo de la resultante se encuentra por la ley de senos, usando el esquema de la figura donde también se utilizan ángulos suplementarios.*



La fórmula de la ecuación cuadrática

Para resolver una ecuación cuadrática de la forma:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

Usando la fórmula, se van reemplazando los coeficientes en la siguiente relación:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Resolviendo el ejemplo 8 con la fórmula, se reemplazan los valores en ella:

$$5x^2 - 18x + 9 = 0$$

$$x = \frac{18 \pm \sqrt{(-18)^2 - 4 \cdot 5 \cdot 9}}{2 \cdot 5}$$

$$x = \frac{18 \pm \sqrt{144}}{10}$$

$$x = \frac{18 \pm 12}{10}$$

Resolviendo primero con el signo (+) delante de la raíz cuadrada, se obtiene el valor de:

$$x = 3$$

Reemplazando el signo (-) delante de la raíz cuadrada, se obtiene el valor de:

$$x = 0{,}6$$

Por tanto, los resultados o raíces de la ecuación cuadrática dada son:

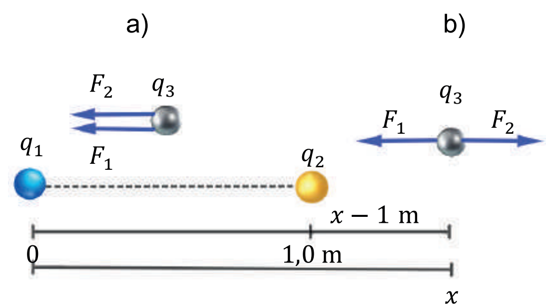
$$x_1 = 3$$

$$x_2 = 0{,}6$$

Ejemplo 8: Una carga puntual q_1= -9,0 μC se encuentra en $x = 0$, mientras que $q_2 = 4{,}0$ μC está en $x = 1{,}0$ m , ¿en qué punto sobre la línea horizontal, la fuerza neta sobre una carga positiva q_3 podría ser cero?

Solución:

Antes de resolver, se observa que existen dos opciones para colocar la carga q_3. a) Entre las cargas q_1 y q_2 y b) fuera de las cargas q_1 y q_2 .Para que las fuerzas se cancelen, deben ser opuestas. Esto sucede en el caso b), por lo que se dibuja una distancia x desde el origen donde la fuerza se anula. Existe otra posibilidad donde las fuerzas se anulan y es antes de la carga 1, pero debido a que las distancias son negativas solo usamos el esquema:



Los módulos también tienen que ser iguales.

$$k\frac{|q_1||q_3|}{x^2} = k\frac{|q_2||q_3|}{(x-1)^2}$$

Reemplazando valores y haciendo simplificaciones se llega a la siguiente relación:

$$\frac{9}{x^2} = \frac{4}{(x-1)^2}$$

A partir de la cual son dos las formas de resolver la ecuación: a) mediante la fórmula de la ecuación cuadrática y b) aplicando la raíz cuadrada a ambos miembros de la ecuación.

a) Por la fórmula de la ecuación cuadrática:

$$5x^2 - 18x + 9 = 0$$

Las soluciones son: $x = 3$ m y $x = 0{,}6$ m; de las cuales la primera solución es la correcta porque la fuerza se anula entre las dos cargas y la segunda solución no se toma en cuenta por el análisis anterior.

b) Aplicando la raíz cuadrada:

$$\sqrt{(x-1)^2} = \pm\sqrt{\frac{4}{9}x^2}$$

Con el signo + de la raíz cuadrada y resolviendo la ecuación:

$$3(x-1) = 2x$$

$$x = 3 \text{ m}$$

Con el signo – de la raíz cuadrada y resolviendo la ecuación:

$$3(x-1) = -2x$$

$$x = 0{,}6 \text{ m}$$

La fuerza sobre la carga q_3 se anula en $x = 3$ m.

Actividad

Resolvemos los problemas

1. Cuatro cargas q se encuentran dispuestas en las esquinas de un cuadrado de lado L. Sabiendo que $q = 8{,}0\ \mu\mathrm{C}$ y $L = 0{,}4\ \mathrm{m}$, Calcula la dirección y la magnitud de la fuerza resultante que se aplica sobre la carga de la esquina inferior izquierda.
2. Tres cargas puntuales están dispuestas en un triángulo rectángulo. Una con carga positiva de $2{,}0\ \mathrm{nC}$ se encuentra en el vértice A y dos cargas negativas de $-3{,}0\ \mathrm{nC}$; cada una están en los otros dos vértices. Calcula la magnitud y la dirección de la fuerza neta resultante sobre la carga positiva debido a las otras dos cargas.

VALORACIÓN

Reflexionamos sobre las amenazas de las cargas estáticas.

Riesgos de las cargas estáticas

Las cargas estáticas, generadas por la acumulación de electrones en superficies, son una preocupación significativa en el entorno de los equipos electrónicos. En el ámbito de los equipos electrónicos, las cargas estáticas pueden ser especialmente dañinas. Cuando alguien toca o manipula componentes electrónicos sin tomar precauciones adecuadas, como usar pulseras antiestáticas o descargadores de electricidad estática, la acumulación de cargas estáticas en el cuerpo puede transferirse a los componentes delicados de las computadoras o equipos móviles. Esto puede resultar en daños permanentes.

Fuente: https://acortar.link/wZjjxa

Además, las cargas estáticas también pueden contribuir a la posibilidad de incendios. Si una carga estática acumulada descarga a través del aire, puede generar una chispa eléctrica. Si esta chispa ocurre en un entorno con gases inflamables o vapores combustibles, puede desencadenar una explosión o un incendio. Como país productor de gas, es muy importante conocer las medidas de seguridad para la industrialización de nuestro gas.

Respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los principales riesgos de acumulación de cargas estáticas en entornos industriales?
- ¿Cómo pueden las cargas estáticas provocar incendios o explosiones en instalaciones donde se manipulan materiales inflamables?
- ¿Qué medidas de seguridad se deben implementar para prevenir descargas eléctricas en trabajadores que operan en áreas con alta carga estática?

PRODUCCIÓN

Construimos un electroscopio casero

Objetivo

Demostrar y comprender los principios de la electricidad estática y la carga eléctrica.

Materiales

Frasco de vidrio con tapa, 1 rollo de alambre de cobre (15 cm), 1 hoja de papel de aluminio, 1 pajilla de plástico, 1 tijera, pegamento caliente o cinta adhesiva.

Procedimiento

Preparar el alambre: doblar el alambre y hacer una espiral en un extremo.

Preparar la tapa: hacer un agujero en la tapa y pasar una pajilla de plástico a través de él.

Pasar el alambre a través de la pajilla, con la espiral en la parte superior.

Cortar dos triángulos de papel de aluminio y cuélgalos del alambre dentro del frasco.

Cerrar el frasco con la tapa, teniendo el cuidado de que las hojas de aluminio cuelguen libremente.

Cargamos un objeto de plástico como un peine o un bolígrafo y lo acercamos a la espiral. Las hojas de aluminio se separarán debido a la repulsión de las cargas.

Electroscopio casero

Fuente: https://acortar.link/lWBOhE

CAMPO ELÉCTRICO Y LAS FUERZAS ELÉCTRICAS

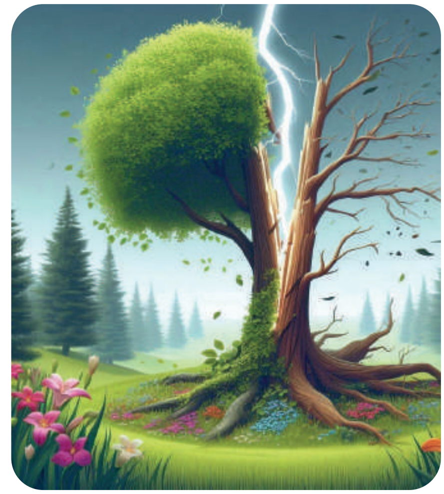
PRÁCTICA

Las tormentas eléctricas

Durante una tormenta eléctrica, hay movimiento de las partículas de hielo y agua en las nubes cumulonimbos provocando que choquen entre sí, ocasionando una separación de cargas. Las partículas más livianas tienden a acumular cargas positivas desplazándose hacia la parte superior de la nube; en cambio, las partículas más pesadas obtienen cargas negativas y se van hacia la parte inferior.

Debido a la separación de cargas se crea un campo eléctrico muy fuerte al interior de la nube y entre la nube y el suelo. Si el campo eléctrico es muy intenso, ioniza el aire y crear un camino conductor para los rayos eléctricos.

Los rayos son una muestra visible de la descarga eléctrica que se produce cuando el campo eléctrico excede la capacidad aislante del aire. Esta descarga equilibra temporalmente el campo eléctrico al mover cargas entre la nube y el suelo o entre distintas partes de la nube.



Fuente: Microsoft Copilot AI, 2024

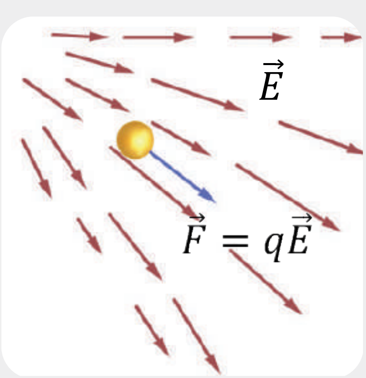
Actividad

Respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Qué ocurre con las partículas de hielo y agua dentro de las nubes cumulonimbos durante una tormenta eléctrica?
- ¿Cómo se explica la separación de cargas en una nube durante una tormenta eléctrica?
- ¿Qué condiciones deben cumplirse para que se cree un campo eléctrico muy fuerte en el interior de una nube?
- ¿Cómo se forman los rayos y cuál es su relación con la capacidad aislante del aire?

TEORÍA

La presencia de carga eléctrica en una región del espacio modifica las características de dicho espacio dando lugar a un campo eléctrico. De esta manera, para verificar la presencia de un campo eléctrico, se introduce una pequeña carga de prueba y se observa su comportamiento. Si la carga se mueve, entonces existe un campo eléctrico en esa región.



Fuente: elaboración propia

1. El campo eléctrico

El campo eléctrico generado por una carga es un campo vectorial porque son muchos vectores alrededor de la carga. Veamos la fuerza de Coulomb en su escritura vectorial, una de las cargas q es la que genera el campo eléctrico y la otra más pequeña q_0 se denomina carga de prueba:

$$\vec{F} = k\frac{qq_0}{r^2}\hat{e}_r$$

Dividamos la expresión entre el valor de la carga de prueba:

$$\frac{\vec{F}}{q_0} = k\frac{qq_0}{r^2 q_0}\hat{e}_r$$

Quedando:

$$\frac{\vec{F}}{q_0} = k\frac{q}{r^2}\hat{e}_r$$

Observemos ambos miembros del resultado obtenido:
La expresión de la derecha es el campo eléctrico creado por la carga puntual q a una distancia r y tiene la misma dirección que la fuerza eléctrica.

$$\vec{E} = k\frac{q}{r^2}\hat{e}_r$$

La expresión de la izquierda es el campo eléctrico interactuando con la carga de prueba, la fuerza es la que ejerce el campo eléctrico a la carga de prueba.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

En ambos casos, el campo y la fuerza eléctrica están en la misma línea de acción. En cuanto a la carga de prueba, su valor tiene que ser mucho menor que la carga que genera el campo eléctrico para que su propio campo no afecte al campo eléctrico mayor.

Al igual que con la fuerza eléctrica, es común calcular primero el módulo del campo eléctrico y luego determinar el sentido del vector aplicando la ley de signos, asumiendo una carga de prueba positiva en el punto de cálculo.

El módulo del campo eléctrico es, en ambos casos:

$$E = k\frac{|q|}{r^2};\, E = \frac{F}{|q_0|}$$

Ejemplo 1: Calculemos el campo eléctrico debido a una carga de -$20{,}00\ \mu\mathrm{C}$ a una distancia de $30{,}00\ \mathrm{cm}$.

Solución:

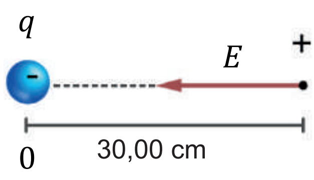
El módulo del campo eléctrico es:

$$E = k\frac{|q|}{r^2}$$

Reemplazando valores:

$$E = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{|-20{,}00\times 10^{-6}\mathrm{C}|}{(\,0{,}30\ \mathrm{m})^2} = 2\times 10^6\mathrm{N/C}$$

Para el sentido, a la distancia dada se supone que hay una carga positiva:



El campo eléctrico es igual a $\mathrm{E} = 2\times 10^6\ \mathrm{N/C}$ a la izquierda.

2. Principio de superposición

Un sistema compuesto por varias cargas puede generar un campo eléctrico total alrededor de ellas. Este campo es la suma vectorial de los campos individuales generados por cada carga. Si son n cargas:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots \vec{E}_n$$

Ejemplo 2: En los vértices de un triángulo equilátero de lado *l*= $20{,}00\ \mathrm{cm}$ están dos cargas cuyos valores son: $q_1 = 10{,}0\ \mu\mathrm{C}$ y $q_2 = -25{,}0\ \mu\mathrm{C}$. ¿Cuál es el campo eléctrico en el vértice libre?

Solución:

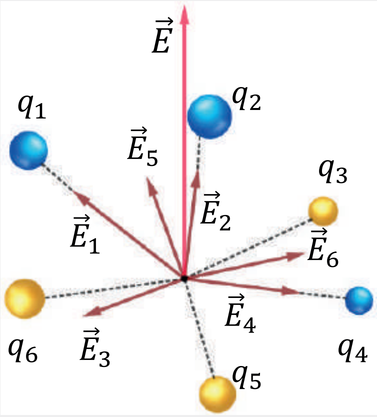
Los módulos de los campos en el punto P son:

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r^2} = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{|10{,}00\times 10^{-6}\mathrm{C}|}{(\,0{,}20\ \mathrm{m})^2} = 2{,}25\times 10^6\mathrm{N/C}$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r^2} = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{|-25{,}00\times 10^{-6}\mathrm{C}|}{(\,0{,}20\ \mathrm{m})^2} = 5{,}625\times 10^6\mathrm{N/C}$$

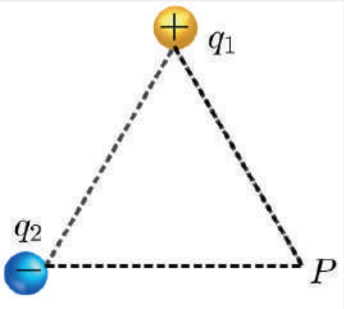
El principio de superposición

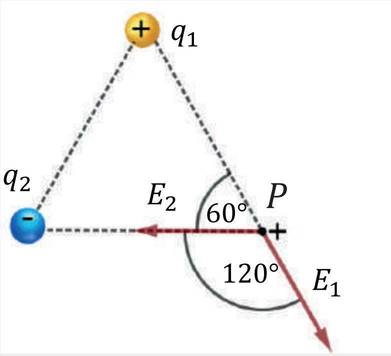
Por el principio de superposición, cada carga genera un campo eléctrico individual en un punto P, el campo total en ese punto es la suma vectorial de todos los campos individuales.

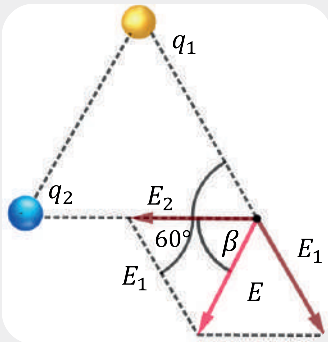


Fuente: elaboración propia.

Esquema del ejemplo 2. Dos cargas de diferente signo están en los vértices del triángulo equilátero.

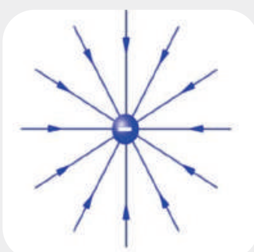


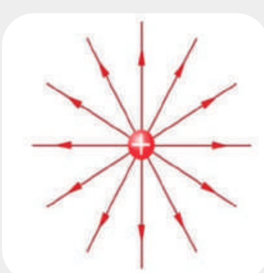




Esquema del ejemplo 2 para encontrar el ángulo del campo eléctrico total respecto a la horizontal.

Por convención las líneas de campo eléctrico salen de una carga positiva y entran a una carga negativa.





Fuente: https://acortar.link/eXqZ9r

La suma se realizará con el método del paralelogramo:

$$E = \sqrt{{E_1}^2 + {E_2}^2 + 2E_1E_2 \cos 120°}$$

$$E = \sqrt{(2{,}25 \times 10^6)^2 + (5{,}625 \times 10^6)^2 + 2 \cdot 2{,}25 \times 10^6 \cdot 5{,}625 \times 10^6\ \cos 120°}\ (\mathrm{N/C})$$

$$E = 4{,}9 \times 10^6 \mathrm{N/C}$$

Para el ángulo se usa el siguiente esquema:

$$\frac{E_1}{\operatorname{sen}\beta} = \frac{E}{\operatorname{sen} 60°}$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{E_1}{E} \cdot \operatorname{sen} 60°\right) = \operatorname{sen}^{-1}\left(\frac{2{,}25 \times 10^6 \mathrm{N/C}}{4{,}9 \times 10^6 \mathrm{N/C}} \cdot \operatorname{sen} 60°\right) = 23{,}4°$$

El campo eléctrico es igual a: $E = 4{,}9 \times 10^6 \mathrm{N/C}$; $\beta = 23{,}4°$ en el tercer cuadrante.

3. Líneas de campo eléctrico

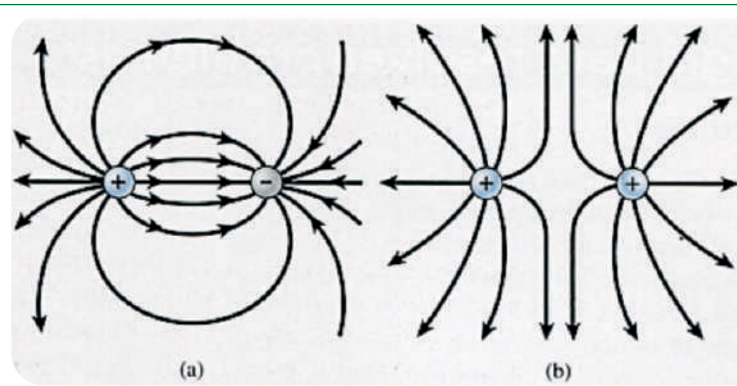
Son una representación gráfica para comprender la distribución y la intensidad de este campo en el espacio circundante a una carga eléctrica. Estas líneas imaginarias, también conocidas como líneas de campo eléctrico, fueron introducidas por Michael Faraday como una herramienta visual para describir la influencia que una carga eléctrica ejerce sobre su entorno. Algunas de las características clave de las líneas de fuerza son las siguientes:

- **Origen en cargas,** las líneas de campo siempre se originan en cargas eléctricas. Si hay múltiples cargas, las líneas de fuerza se originarán en cada una de ellas y se extenderán hacia afuera. Las líneas de fuerza de cargas positivas salen y entran en cargas negativas. Esto refleja el hecho de que las partículas con cargas opuestas se atraen, mientras que las partículas con la misma carga se repelen.
- **Más densas cerca de las cargas,** las líneas de campo se vuelven más densas (más cercanas entre sí) cerca de una carga eléctrica. Esto indica una intensidad de campo eléctrico más fuerte en las proximidades de la carga.
- **Nunca se cruzan,** las líneas de campo nunca se cruzan entre sí en un campo eléctrico. Esto implica que, en cualquier punto del espacio, una partícula de prueba experimentará una sola fuerza eléctrica neta en una dirección específica.
- **Orientación de las Líneas,** las líneas de campo siempre apuntan en la dirección en la que una partícula de prueba positiva se movería si se colocara en ese punto del campo eléctrico.

Líneas de campo en un sistema de dos cargas eléctricas

a) *Las cargas son de signo contrario y las líneas de campo se comparten.*

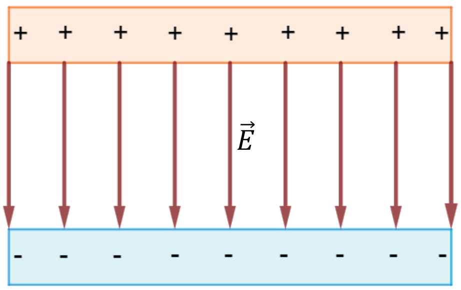
b) *Las cargas son iguales y se repelen, por lo que las líneas de campo eléctrico no se comparten.*



Fuente: https://acortar.link/CFA2FX

4. Campo eléctrico constante

Un campo eléctrico constante con el mismo módulo, dirección y sentido se puede lograr cargando dos placas paralelas con cargas iguales y de signo opuesto, como se muestra en la figura. Esta configuración es fundamental para observar el comportamiento de las cargas en un campo eléctrico y tiene importantes aplicaciones técnicas, como en la capacidad del dispositivo para almacenar carga eléctrica.

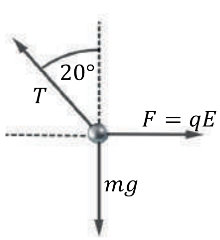


Fuente: elaboración propia.

Ejemplo 3: Una esfera de masa $1{,}00\ \text{g}$ está suspendida de una cuerda ligera en presencia de un campo eléctrico uniforme. Cuando el campo tiene una componente x de $-10{,}0\times10^5\ \text{N/C}$. La esfera está en equilibrio cuando el ángulo es $20°$. ¿Cuál es la carga que posee la esfera?

Solución:

El diagrama de cuerpo libre de la esfera es el siguiente:



Según el diagrama de cuerpo libre, el sistema de ecuaciones es:

$$F - T\,\text{sen}\,20° = 0 \qquad (1)$$

$$T\cos 20° - mg = 0 \qquad (2)$$

reemplazando en (2):

$$\frac{qE}{\text{sen}\,20°}\cos 20° = mg$$

$$q = \frac{mg}{E\tan 20°}$$

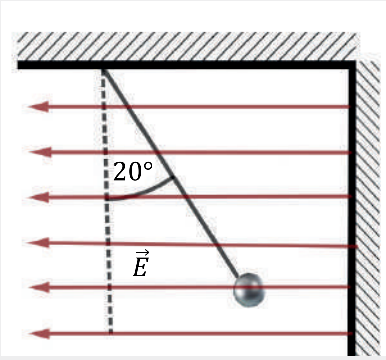
$$q = \frac{1{,}0\ \times 10^{-3}\text{kg}\cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2}{10{,}0\times 10^5\ \text{N/C}\ \tan 20°}$$

$$q = 2{,}7\times 10^{-8}\text{C}$$

Por el esquema del problema se asume que la carga de la esfera es negativa y con ese supuesto se obtuvo el valor numérico, entonces, el valor de la carga es: $q = -2{,}7\times 10^{-8}\text{C}$.

Por convención las líneas salen de una carga positiva y entran a una carga negativa. El campo eléctrico constante se obtiene entre las placas paralelas con cargas iguales numéricamente y opuestas en signo.

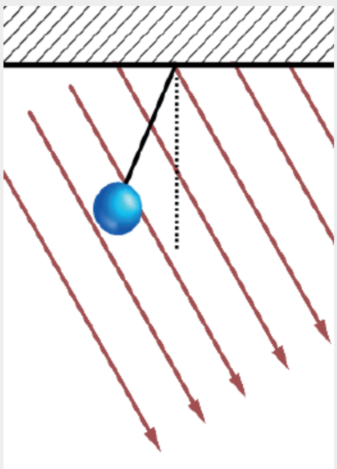
Ejemplo 3



Fuente: elaboración propia.

Una esfera cargada dentro de un campo eléctrico constante. Debido al campo eléctrico la carga se desvía de la posición vertical atraída por la carga opuesta del campo.

Una esfera en un campo eléctrico constante, si se desvía, indica que está cargada. A partir de la dirección de la desviación, se puede determinar el signo de la carga de la esfera.



Fuente: elaboración propia.

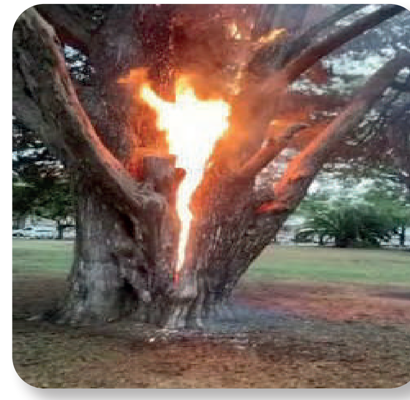
VALORACIÓN

Reflexionamos sobre los riesgos de refugiarse bajo los árboles durante las tormentas eléctricas.

Riesgos de las tormentas eléctricas

Tomemos en cuenta que durante una tormenta eléctrica el espacio que nos rodea se convierte en un campo eléctrico listo para conducir una descarga eléctrica.

Los árboles en sí mismos pueden actuar como conductores de electricidad, atraer los rayos debido a su altura y la humedad que contienen. Si nos refugiamos debajo de un árbol durante una tormenta, podemos convertirnos en conductores para la corriente eléctrica si un rayo golpea el árbol y se propaga a través de su tronco y ramas. Esto puede resultar en graves lesiones o incluso la muerte. La mejor manera de protegerse de los rayos es buscar refugio en un lugar seguro y cerrado, como un edificio o un vehículo. Estos lugares ofrecen una protección adecuada contra los rayos y minimizan el riesgo de ser alcanzado por uno.



Fuente: https://acortar.link/zzS8HJ

Después de la lectura respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los peligros asociados con la caída de ramas o árboles enteros durante una tormenta?
- ¿Qué riesgos se presentan al refugiarse bajo un árbol en caso de rayos y cómo se pueden minimizar?
- ¿Cómo pueden las condiciones del suelo, como la saturación por lluvia, aumentar el riesgo de que un árbol caiga?

PRODUCCIÓN

Construimos un Generador de Van de Graaff casero

Objetivo

Comprender y experimentar los principios de la electrostática de manera práctica y visual.

Materiales

1 Motor pequeño, 1 banda de goma, 1 tubo de PVC, 1 esfera metálica, 1 rollo de papel de aluminio, cinta adhesiva, 1 peine de plástico

Fuente: https://acortar.link/2kd7Tq

Procedimiento

1. Instalar el motor y la banda, fijando el motor en la base del tubo de PVC y la banda de goma alrededor del eje del motor.
2. Crear el electrodo inferior envolviendo un extremo del tubo con papel de aluminio.
3. Colocar la esfera metálica, asegurar la esfera en la parte superior del tubo.
4. Añadir el peine, colocar el peine cerca de la banda de goma para transferir cargas.

Encender el motor, la banda de goma transporta cargas a la esfera metálica.

Generar carga, la esfera acumula carga, creando una alta diferencia de potencial.

Demostración de la presencia de campo eléctrico

1. Utilizar objetos ligados, colocando pequeños trozos de papel o bolitas de poliestireno cerca de la esfera. Serán atraídos o repelidos, mostrando la presencia de un campo eléctrico.
2. Usar un electroscopio, al colocar un electroscopio cerca de la esfera se observará cómo las hojas de aluminio se separan debido al campo eléctrico.
3. Visualizar líneas de campo, si es posible usar un material como el polvo de talco o pequeñas partículas de hierba seca para visualizar las líneas del campo eléctrico alrededor de la esfera.

POTENCIAL ELÉCTRICO

PRÁCTICA

¿Alguna vez te has preguntado qué significan esos números que encuentras en tus dispositivos electrónicos o en las baterías?

Por ejemplo 3,7 V de la batería de tu teléfono móvil o 12 V de la batería de un automóvil, Son cifras que encierran el secreto detrás de la energía eléctrica que impulsa gran parte de nuestra vida moderna. En este tema exploraremos los principios físicos detrás de estas cifras y cómo afectan la corriente eléctrica que hace funcionar todo, desde tu teléfono celular hasta un automóvil. A lo largo de este tema, descubriremos como las tensiones son producto de la presencia de las cargas eléctricas descritas en anteriores capítulos.

Fuente:https://acortar.link/gSVriO

Actividad

Realizamos las siguientes actividades:

- Recolectamos varias baterías y pilas de diferentes tipos (por ejemplo, AA, AAA, 9 V).
- Observamos y analizamos el voltaje descrito en cada una de ellas, también podemos unir algunas baterías en serie con la guía de la maestra o maestro.
- Si contamos con un voltímetro, podemos verificar los voltajes.

TEORÍA

1. Energía potencial eléctrica

La energía potencial eléctrica en un sistema de dos cargas proviene de la energía almacenada en el campo eléctrico creado por las cargas debido a la distancia de separación entre ellas.

La fórmula para calcular la energía potencial eléctrica es la siguiente:

$$E_p = k\frac{q_1 q_2}{r}$$

Donde:

r = distancia de separación de las cargas

Observa que ahora las cargas no están dentro del valor absoluto, eso quiere decir que las cargas se introducen con su respectivo signo a la relación porque la energía potencial eléctrica es un escalar.

Ejemplo 1: ¿Cuál es la energía potencial entre dos cargas de -15,0 μC y 7,0 μC separadas una distancia de 40,0 cm?

Solución:

Reemplazamos valores en la relación de energía potencial:

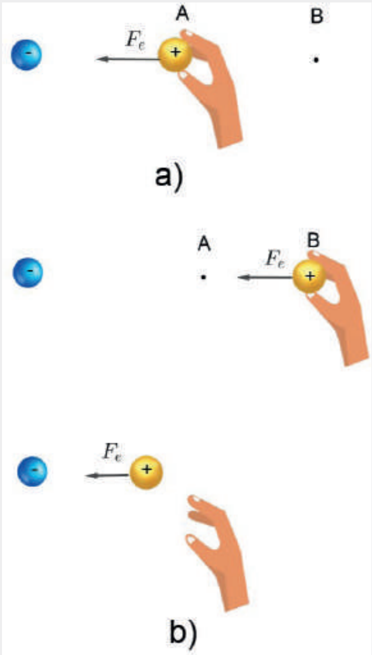
$$E_p = k\frac{q_1 q_2}{r} = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{-15{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}\ \cdot 7{,}0\times 10^{-6}\mathrm{C}}{0{,}40\ \mathrm{m}} = -2{,}4\ \mathrm{N\,m} = -2{,}4\ \mathrm{J}$$

La energía potencial eléctrica entre las dos cargas dadas es: E_p = - 2,4 J.

Alessandro Volta (1745-1827)

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta fue un químico y físico italiano, famoso principalmente por el descubrimiento del metano en 1776 y en 1800, inventó la pila voltaica, el primer dispositivo que podía generar una corriente eléctrica continua. Su trabajo permitió medir el potencial eléctrico y entender mejor la diferencia de potencial entre dos puntos.

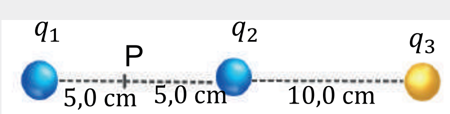
Fuente: https://acortar.link/OYiM54



Fuente: elaboración propia.

a) Las dos cargas son atraídas debido a la fuerza de Coulomb, para llevar la carga positiva del punto A al punto B se aplica una fuerza externa representada por la mano. El trabajo de la fuerza externa es positivo porque el desplazamiento y la fuerza tienen el mismo sentido; en cambio, el trabajo de la fuerza eléctrica es negativo porque el desplazamiento y la fuerza tienen sentidos contrarios. La energía potencial aumenta, porque su valor aunque negativo se acerca más al cero.

b) El trabajo de la fuerza eléctrica es positivo porque la fuerza y el desplazamiento tienen el mismo sentido. La energía potencial disminuye porque su valor ahora se aleja del cero.



Esquema del ejemplo 3 para calcular el potencial eléctrico debido a las tres cargas puntuales que originan un campo eléctrico en el punto P.

2. Potencial eléctrico

Consideremos la energía potencial eléctrica entre dos cargas, una es la que genera el campo eléctrico q y la otra es la carga de prueba q_0:

$$E_p = k\frac{qq_0}{r}$$

Dividamos ahora toda la expresión entre el valor de la carga de prueba:

$$\frac{E_p}{q_0} = k\frac{qq_0}{rq_0}$$

Las relaciones que quedan se denominan potencial eléctrico representado por V; el término de la izquierda indica que el potencial es la energía potencial por unidad de carga y el término de la derecha es el potencial debido a una carga que genera el campo eléctrico.

$$V = \frac{E_p}{q_0}; V = k\frac{q}{r}$$

La unidad del potencial eléctrico es el voltio representado por la letra V que es igual a: $1\ \mathrm{V} = \mathrm{J/C}$.

Ejemplo 2: Calculemos el potencial debido a la carga de $25{,}0\ \mu\mathrm{C}$ a una distancia de $3{,}0\ \mathrm{m}$.

Solución:

Reemplazando valores en la ecuación del potencial:

$$V = k\frac{q}{r} = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\frac{25{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{3{,}0\ \mathrm{m}} = 75\,000\,\frac{\mathrm{N\,m}}{\mathrm{C}} = 75\times 10^3\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} = 75\ \mathrm{kV}$$

El potencial eléctrico debido a la carga dadas es: $V = 75\ \mathrm{kV}$.

3. Principio de superposición

Cuando hay n cargas que generan un campo eléctrico total, se puede calcular el potencial total debido a ellas en un punto ubicado dentro del campo eléctrico usando el principio de superposición:

$$V = V_1 + V_2 + \cdots V_n$$

Ejemplo 3: Calculemos el potencial eléctrico debido a las cargas $q_1 = -5{,}00\ \mu\mathrm{C}$, $q_2 = -3{,}00\ \mu\mathrm{C}$ y $q_3 = 8{,}00\ \mu\mathrm{C}$ en el punto P. Ver la figura del recuadro.

Solución:

Aplicando el principio de superposición para hallar el potencial total debido a las tres cargas, se tiene:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = k\left(\frac{q_1}{r_1}+\frac{q_2}{r_2}+\frac{q_3}{r_3}\right)$$

$$V = 9\times 10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\left(\frac{-5{,}00\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}05\ \mathrm{m}}+\frac{-3{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}05\ \mathrm{m}}+\frac{8{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}15\ \mathrm{m}}\right)$$

$$V = -960\ \mathrm{kV}$$

El potencial debido a las cargas dadas es: $V = -960\ \mathrm{kV}$.

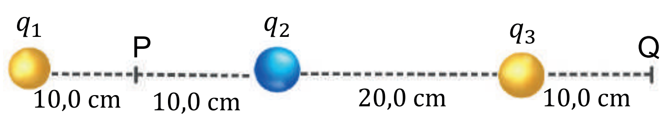
4. Diferencia de potencial

La diferencia de potencial es la variación de potencial entre dos puntos dentro de un campo eléctrico y depende de las cargas que generan el campo eléctrico alrededor de ellas. Esta es una cantidad que se mide normalmente en los circuitos eléctricos denominándose voltaje.

$$\Delta V_{AB} = V_B - V_A$$

Si la diferencia de potencial es negativa, eso quiere decir que el potencial en el punto A es mayor que el potencial en el punto B.

Ejemplo 4: Calculemos la diferencia de potencial entre los puntos P y Q debido a las cargas $q_1 = 20{,}00\ \mu C$, $q_2 =$ -$30{,}0\ \mu C$ y $q_3 = 10{,}00\ \mu C$.



Solución:

Los potenciales en los puntos P y Q son:

$$V_P = V_{1P} + V_{2P} + V_{3P} = k\left(\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{2P}} + \frac{q_3}{r_{3P}}\right)$$

$$V_Q = V_{1Q} + V_{2Q} + V_{3Q} = k\left(\frac{q_1}{r_{1Q}} + \frac{q_2}{r_{2Q}} + \frac{q_3}{r_{3Q}}\right)$$

Reemplazando valores:

$$V_P = 9\times10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\left(\frac{20{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}10\ \mathrm{m}} + \frac{-30{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}10\ \mathrm{m}} + \frac{10{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}30\ \mathrm{m}}\right)$$

$$V_P = -600\times10^3\,\mathrm{V}$$

$$V_Q = 9\times10^9\,\frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\left(\frac{20{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}50\ \mathrm{m}} + \frac{-30{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}30\ \mathrm{m}} + \frac{10{,}0\times10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}10\ \mathrm{m}}\right)$$

$$V_Q = 360\times10^3\,\mathrm{V}$$

La diferencia de potencial entre los puntos P y Q es:

$$\Delta V_{PQ} = V_Q - V_P$$

$$\Delta V_{PQ} = 360\times10^3\,\mathrm{V} - (-600\times10^3\,\mathrm{V})$$

$$\Delta V_{PQ} = 960\times10^3\,\mathrm{V}$$

5. Trabajo eléctrico

Por el teorema del trabajo energía, en mecánica el negativo de la variación de energía potencial es el trabajo realizado por una partícula para ir dese un punto A a un punto B:

$$W_{AB} = -\Delta E_p = -(E_{pB} - E_{pA})$$

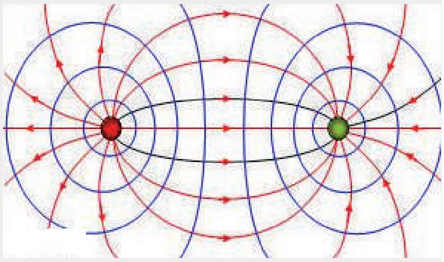
Aplicando la misma relación y dividiendo entre la carga de prueba y recordando que el potencial es también la energía potencial sobre la carga de prueba:

Superficies equipotenciales

Las superficies equipotenciales son superficies, ya sean imaginarias o reales, dentro de un espacio donde todos los puntos dentro de un campo eléctrico que poseen el mismo potencial eléctrico. por lo que, la diferencia de potencial entre dos puntos sobre ellas es cero.

Esto implica que si se desplaza una carga de prueba sobre una de estas superficies, el trabajo sobre ella es cero, ya que no existe una diferencia de potencial en esa superficie.

En la figura, son dos cargas de igual valor numérico pero diferente signo. Las líneas con flechas son las de campo eléctrico y las otras líneas son las superficies equipotenciales que son perpendiculares a las líneas de campo.



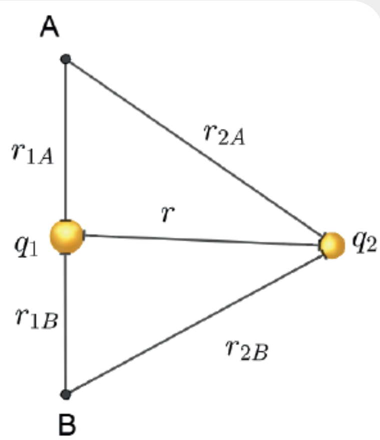
Fuente: rsefalicante.umnh.es

Se sobreentiende que es un espacio tridimensional y el esquema es una proyección en el plano.

Acerca del signo del trabajo

El trabajo eléctrico negativo indica que la fuerza eléctrica y el desplazamiento de la carga están en direcciones opuestas. Esto ocurre cuando el ángulo entre la fuerza eléctrica y el vector de desplazamiento es mayor que 90 grados.

En términos prácticos, esto significa que una fuerza externa está actuando en contra de la fuerza eléctrica para mover la carga. Por ejemplo, si tienes dos cargas del mismo signo que naturalmente se repelen, para mantenerlas cerca un agente externo tiene que realizar trabajo.



$$E_p = k\frac{q_1 q_2}{r}$$

$$\Delta V = V_B - V_A$$

$$W = -q_0 \Delta V$$

Fuente: elaboración propia.

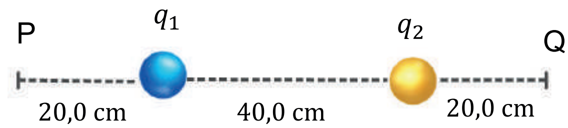
$$\frac{W_{AB}}{q_0} = -\frac{(E_{pB} - E_{pA})}{q_0}$$

$$\frac{W_{AB}}{q_0} = -(V_B - V_A)$$

El trabajo que realiza la carga de prueba q_0 para ir desde A hasta B en un campo eléctrico es:

$$W_{AB} = -q_0(V_B - V_A)$$

Ejemplo 5: Calculamos el trabajo que se tiene que realizar para llevar una carga de prueba igual a $2{,}0\ \mu\mathrm{C}$ desde el punto P hasta el punto Q. Si las cargas son: $q_1 = -20{,}00\ \mu\mathrm{C}$ y $q_2 = 30{,}0\ \mu\mathrm{C}$



Solución:

Calculando los potenciales en los puntos P y Q debido a las cargas:

$$V_P = 9\times 10^9 \frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\left(\frac{-20{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}20\ \mathrm{m}} + \frac{30{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}60\ \mathrm{m}}\right)$$

$$V_P = -450\times 10^3 \mathrm{V}$$

$$V_Q = 9\times 10^9 \frac{\mathrm{N\,m^2}}{\mathrm{C^2}}\cdot\left(\frac{-20{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}60\ \mathrm{m}} + \frac{30{,}0\times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{0{,}20\ \mathrm{m}}\right)$$

$$V_Q = 1{,}05\times 10^6 \mathrm{V}$$

Reemplazando valores para hallar el trabajo:

$$W_{PQ} = -q_0(V_Q - V_P)$$

$$W_{PQ} = -2{,}0\times 10^{-6}\mathrm{C}\left(1{,}05\times 10^6 \mathrm{V} - (-450\times 10^3 \mathrm{V})\right)$$

$$W_{PQ} = -3\ \mathrm{J}$$

El trabajo para llevar la carga de prueba desde P hasta Q es: $W_{PQ} = -3\ \mathrm{J}$.

6. Relación de la diferencia de potencial con el módulo del campo eléctrico

Cuando se tienen dos placas paralelas conductoras separadas una distancia d que generan un campo eléctrico constante, el campo eléctrico es proporcional a la diferencia de potencial entre las placas:

$$\Delta V = E\ d$$

Ejemplo 6: Dentro de un campo eléctrico uniforme de $800\ \mathrm{N/C}$, creado por dos placas paralelas conductoras separadas una distancia igual a $1{,}0\ \mathrm{mm}$. ¿Cuál es el potencial eléctrico entre las placas?

Solución:

Reemplazando valores en la relación de campo eléctrico constante con la diferencia de potencial:

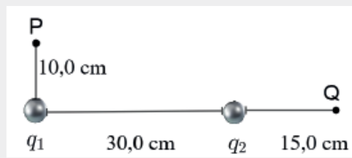
$$\Delta V = E\ d = 800\ \mathrm{N/C}\cdot 1\times 10^{-3}\,\mathrm{m} = 0{,}8\ \mathrm{V}$$

Actividad

Resolvamos los siguientes problemas

1. Calculamos la diferencia de potencial entre dos placas cargadas. separadas por $0{,}01\ \mathrm{m}$ dentro de un campo eléctrico uniforme de $60{,}0\ \mathrm{N/C}$.
2. Si una diferencia de potencial de $150{,}0\ \mathrm{V}$ se aplica a dos placas paralelas cargadas y el campo eléctrico entre ellas es $750{,}0\ \mathrm{N/C}$, ¿cuál es la distancia entre las placas?
3. Dentro de un campo eléctrico uniforme de $600{,}0\ \mathrm{N/C}$, se coloca una carga de prueba de $10{,}0\ \mathrm{nC}$. ¿Cuál es la magnitud y la dirección del campo eléctrico resultante experimentado por la carga de prueba?
4. Encontramos el trabajo realizado para mover una carga entre dos puntos. Una carga de $5{,}0\ \mathrm{nC}$ se mueve desde un punto A hasta un punto B en un campo eléctrico uniforme de $3000{,}0\ \mathrm{N/C}$. La distancia entre A y B es $0{,}02\ \mathrm{m}$. ¿Cuánto trabajo se requiere para mover la carga de A a B?
5. ¿Cuál es el trabajo que se tiene que realizar para mover una carga de prueba de q_0=$-2\mathrm{nC}$ desde el punto P al punto Q?

$$q_1 = 10{,}0\ \mu C;\ q_2 = 20{,}0\ \mu\mathrm{C}.$$



Reflexionamos sobre las consecuencias del uso de pilas y baterías.

VALORACIÓN

Problemas sobre el uso de pilas y baterías

El uso de pilas y baterías se ha vuelto común en nuestra vida cotidiana, alimentando una amplia variedad de dispositivos electrónicos que van desde controles remotos hasta teléfonos móviles y automóviles eléctricos. Sin embargo, su conveniencia y utilidad vienen acompañadas de una serie de problemáticas ambientales y de salud que debemos abordar de manera responsable de las cuales podemos mencionar:

- Contienen metales pesados que contaminan el suelo y el agua.
- Para producirlas se hace uso de recursos naturales como el litio y el cobalto y estos se pueden agotar.
- Aunque se pueden reciclar, muchas personas no lo hacen, aumentando los residuos.
- Además, los químicos tóxicos en las pilas pueden perjudicar la salud humana.

Fuente: https://acortar.link/OaDfGI

Luego de la lectura, respondemos las siguientes preguntas:

- ¿De qué manera la producción de pilas y baterías contribuye al agotamiento de recursos naturales?
- ¿Qué métodos existen para reciclar pilas y baterías y cuáles son sus desafíos?
- ¿Cómo afecta la exposición a los químicos de las pilas y baterías a la salud humana?
- ¿Qué medidas se pueden tomar para reducir el impacto ambiental del uso de pilas y baterías?

PRODUCCIÓN

Construimos una botella de Leyden

Objetivo: Construir una botella de Leyden para almacenar carga eléctrica y entender el concepto de potencial eléctrico.

Materiales: Botella de plástico con tapa. Papel de aluminio. Clavo o tornillo largo. Agua. Cinta adhesiva

Procedimiento:

1. **Prepararamos la botella:** Envuelve el exterior de la botella con papel de aluminio y asegúralo con cinta adhesiva.
2. **Insertemos el clavo:** Llena la botella con agua, cierra la tapa e inserta el clavo a través de la tapa para que toque el agua.
3. **Cargamos la botella:** Frota un globo contra tu cabello y toca el clavo con el globo cargado varias veces para transferir carga a la botella.
4. **Descarguemos la botella:** Toca el clavo con un objeto metálico conectado a tierra y observa la chispa que se produce.

Fuente: https://acortar.link/H8E0YD

CAPACITANCIA

PRÁCTICA

Entendiendo la capacidad: de lo cotidiano a los capacitores

La palabra “capacidad” en términos de cantidades físicas está relacionada con magnitudes como el volumen, espacio y amplitud. Por ejemplo, si se habla de la capacidad de un envase de líquido, se refiere al volumen que el envase es capaz de almacenar; de igual manera, con la capacidad del espacio que puede ocupar un cuerpo, también se refiere al volumen. En cuanto a la amplitud, se refiere a la intensidad o al valor máximo que tiene una vibración o una onda cuando se propaga.

Estas comparaciones se hacen para poder relacionar los dispositivos como los capacitores o condensadores en cuanto al almacenamiento de carga eléctrica por unidad de diferencia de potencial. Un capacitor es uno de los dispositivos eléctricos que forman parte de los circuitos, que son caminos por donde circula la corriente eléctrica.

Fuente:https://acortar.link/DDX2qr

.

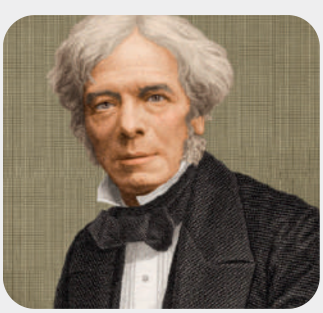
Actividad

Realizamos las siguientes actividades:

- Reciclamos un cochecito de juguete o cualquier juguete que funcione con motor a pilas.
- Junto a la maestra o maestro desarmamos el juguete e identificamos los condensadores del motor. Con mucho cuidado retiramos el condensador e intentamos hacer funcionar el juguete nuevamente.
- Escribimos las conclusiones.

TEORÍA

El faradio (símbolo: F) es la unidad de medida de la capacitancia eléctrica en el Sistema Internacional (SI). El término “faradio” se utiliza en honor a Michael Faraday.


Fuente: https://acortar.link/91HTjF

Michael Faraday (1791-1867) científico británico que estudió el electromagnetismo y la electroquímica. Sus principales descubrimientos son la inducción electromagnética, el diamagnetismo y la electrólisis e inventó algo que él llamó dispositivos de rotación electromagnética, que fueron los precursores del actual motor eléctrico. Se considera el padre del motor eléctrico.

1. Capacitancia

En el capítulo de campo eléctrico se ha visto que el campo eléctrico constante se obtiene cuando dos placas paralelas están cargadas con igual valor numérico de carga, pero de signo contrario, este dispositivo es el capacitor y la definición de capacitancia es la relación de la magnitud de la carga en cualquiera de los conductores a la magnitud de la diferencia de potencial entre dichos conductores, es decir:

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

Por definición todas las cantidades como la carga y la diferencia de potencial son positivas; por tanto, la capacidad también es una cantidad positiva.
La unidad de la capacidad en el Sistema Internacional es el faradio (F) que es igual a:

$$1\ \mathrm{F} = \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{V}}$$

Ejemplo 1: Calcular la carga almacenada en un capacitor de cerámica de $100{,}0\ \mu\mathrm{F}$ (microfaradios) cuando se le aplica una diferencia de potencial igual de $12{,}0\ \mathrm{V}$.

Solución:

Despejando la carga de la definición de capacidad:

$$Q = C\,\Delta V = 100{,}0 \times 10^{-6}\mathrm{F} \cdot 12{,}0\ \mathrm{V} = 1{,}2 \times 10^{-3}\mathrm{C}$$

La carga almacenada es igual a: $Q = 1{,}2\times10^{-3}\ \mathrm{C}$.

Actividad

Resolvemos los problemas

1. Un capacitor tiene una capacitancia de $10\ \mu\mathrm{F}$ y se le aplica un voltaje de $50\ \mathrm{V}$. ¿Cuál es la carga almacenada en el capacitor?
2. Si tienes un capacitor que almacena una carga de $24\ \mathrm{mC}$ y tiene una capacitancia de $12\ \mu\mathrm{F}$, ¿cuál es el voltaje a través del capacitor?
3. Se tiene un capacitor con una capacitancia de $150\ \mu\mathrm{F}$ y un voltaje de $200\ \mathrm{V}$. Si se desea aumentar la carga almacenada en el capacitor a $30\ \mathrm{mC}$, ¿qué voltaje se debe aplicar?

2. Capacitor de placas paralelas

Un arreglo común encontrado en los capacitores consiste en dos placas planas. Si la separación entre ambas en pequeña, se puede ignorar las deformaciones del campo en los extremos y suponer que el campo es uniforme. Las placas se cargan con cargas opuestas y de la misma magnitud Q; además, cada una de ellas tiene un área A y están separadas por una distancia d. Por tanto, la capacitancia será:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Donde, ϵ_0 = permitividad del vacío igual a $\epsilon_0 = 8{,}85\times 10^{-12}\ \mathrm{F/m}$.

Ejemplo 2: Un capacitor de placas paralelas cuyas placas miden $2{,}0\ \mathrm{cm}$ y $4{,}0\ \mathrm{cm}$ y están separadas por un hueco de aire de $1{,}0\ \mathrm{mm}$ de espesor. a) ¿Cuál es la capacitancia? b) ¿Cuál es la carga en cada placa si se conecta una batería de $10{,}0\ \mathrm{V}$ a través de las dos placas? c) Estime el área requerida de las placas para conseguir una capacitancia de $10{,}0\ \mathrm{F}$, dada la misma separación de aire d.

Solución:

a) Reemplazando valores para el área y posterior cálculo de la capacitancia:

$$A = 0{,}02\ \mathrm{m} \cdot 0{,}04\ \mathrm{m} = 8 \times 10^{-4}\mathrm{m}^2$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{8{,}85 \times 10^{-12}\mathrm{F/m} \cdot 8 \times 10^{-4}\mathrm{m}^2}{10^{-3}\mathrm{m}} = 7{,}1 \times 10^{-12}\mathrm{F} = 7{,}1\ \mathrm{pF}$$

b) Despejando la carga de la definición de capacitancia y reemplazando valores:

$$Q = C\,\Delta V = 7{,}1 \times 10^{-12}\mathrm{F} \cdot 10{,}0\ \mathrm{V} = 7{,}1 \times 10^{-8}\mathrm{C}$$

c) Despejando el área de la relación del capacitor de placas paralelas y reemplazando valores:

$$A = \frac{Cd}{\epsilon_0} = \frac{10{,}0\ \mathrm{F} \cdot 10^{-3}\mathrm{m}}{8{,}85 \times 10^{-12}\mathrm{F/m}} = 1{,}1 \times 10^{9}\mathrm{m}^2$$

Convirtiendo a km^2:

$$A = 1{,}1 \times 10^{9}\mathrm{m}^2 \times \frac{1\ \mathrm{km}^2}{(1000\ \mathrm{m})^2} = 1\ 100\ \mathrm{km}^2$$

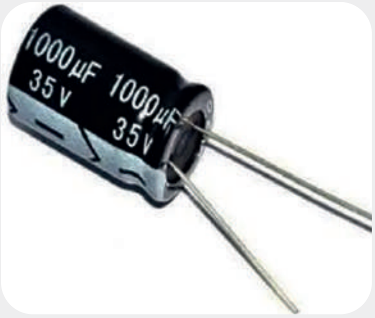
Que es comparable con la isla de Martinica cuya área es $1\ 128\ \mathrm{km}^2$; por tanto el faradio es una unidad muy grande.

La capacitancia es $\mathrm{C} = 7{,}1\ \mathrm{pF}$; b) la carga es igual a: $\mathrm{Q} = 7{,}1\times 10^{-8}\ \mathrm{C}$; c) el área es $\mathrm{A} = 1\ 100\ \mathrm{km}^2$.

Uso de submúltiplos

El faradio es una unidad muy grande por lo que es común utilizar submúltiplos para caracterizar a los capacitores.

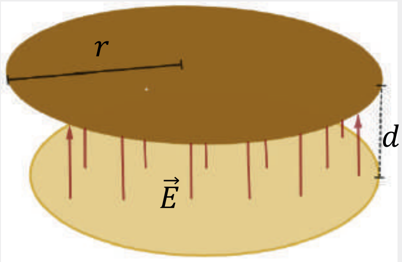
$$1\ \mu\mathrm{F} = 10^{-6}\ \mathrm{F}$$
$$1\ \mathrm{nF} = 10^{-9}\ \mathrm{F}$$
$$1\ \mathrm{pF} = 10^{-12}\ \mathrm{F}$$



Fuente: https://acortar.link/04YKme

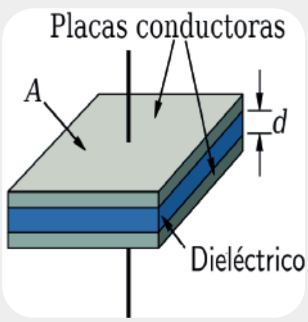
Mapa de la isla de Martinica ubicada en el Caribe en Norte América, cuya área es comparable al área de un condensador de placas paralelas de 10 F.

Fuente: https://acortar.link/jaPwSx



Fuente:elaboración propia

Un capacitor circular de radio r de placas paralelas cargado con cargas iguales de diferente signo y distancia de separación d, genera en medio de las placas un campo eléctrico constante.



Fuente:https://acortar.link/S6OMZO

Si entre las placas de un condensador se introduce un dieléctrico, ocurren varios cambios importantes: aumento de la capacitancia, se reduce la diferencia de potencial, la energía que puede almacenar el condensador también aumenta debido a la mayor capacitancia y disminuye el campo eléctrico.

Ejemplo 3: Dos placas circulares conductoras con $3{,}0\ \mathrm{cm}$ de radio están separadas por un hueco de aire de $1{,}0\ \mathrm{mm}$.

a) Calcula la capacitancia del condensador.

b) ¿Cuál es la diferencia de potencial si cada una de las placas tiene una carga de $50{,}0\ \mathrm{pC}$?

Solución:

a) El cálculo del área de la circunferencia es:

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot (0{,}03\ \mathrm{m})^2$$

$$A = 2{,}83 \times 10^{-3}\mathrm{m}^2$$

Reemplazando valores para calcular la capacidad del condensador:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$C = \frac{8{,}85 \times 10^{-12}\mathrm{F/m} \cdot 2{,}83 \times 10^{-3}\mathrm{m}^2}{10^{-3}\mathrm{m}}$$

$$C = 2{,}5 \times 10^{-11}\mathrm{F} = 25\ \mathrm{pF}$$

b) Despejando la diferencia de potencial de la definición de la capacitancia y reemplazando valores:

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

$$\Delta V = \frac{50{,}0 \times 10^{-12}\mathrm{C}}{2{,}5 \times 10^{-11}\mathrm{F}}$$

$$\Delta V = 2\ \mathrm{V}$$

a) La capacitancia es igual a: $C = 25\ \mathrm{pF}$

b) La diferencia de potencial es: $\Delta V = 2\ \mathrm{V}$.

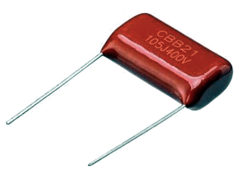
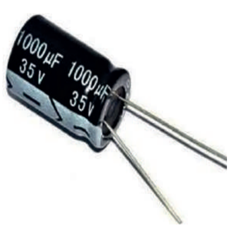
Actividad

Resolvemos los siguientes problemas:

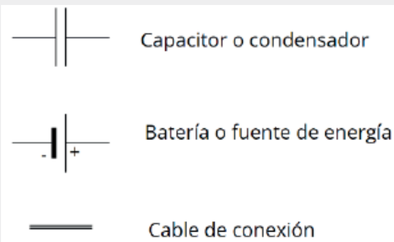
1. Un capacitor almacena una carga Q con una diferencia de potencial ΔV. ¿Qué ocurre con la capacitancia si la diferencia de potencial se reduce a la mitad?
2. Un condensador de placas cuadradas de lado igual a $5{,}0\ \mathrm{cm}$ que están separadas por $0{,}50\ \mathrm{mm}$. ¿Cuál es la carga si se conecta a una fuente de $15{,}0\ \mathrm{V}$?
3. Un condensador de placas paralelas tiene placas de área $0{,}02\ \mathrm{m}^2$ separadas por una distancia de $0{,}01\ \mathrm{m}$. Calcula la capacitancia del condensador en el aire.
4. Un condensador de placas paralelas tiene una capacitancia de $\mathrm{C} = 50{,}0\ \mathrm{pF}$, con una distancia de separación de $2{,}0\ \mathrm{mm}$ en el aire. Si se desea duplicar la capacitancia, ¿a qué distancia deben estar las placas?

3. Clasificación de los capacitores por material

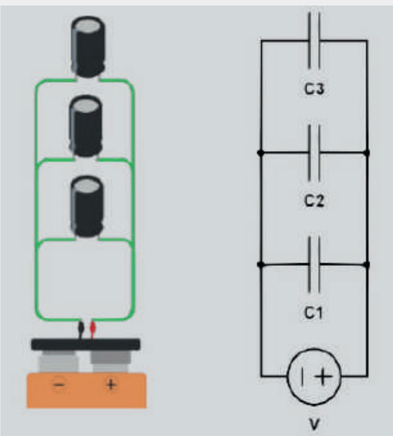
A continuación, se muestra una tabla resumida con la clasificación de los capacitores según tipo y material dieléctrico.

Tipo de capacitor	Ejemplo	Material del Dieléctrico	Características Principales	Aplicaciones Comunes
Capacitores de cerámica	 *Fuente:https://acortar.link/S6OMZO*	Cerámica	Pequeños, económicos, amplio rango de valores de capacitancia, alta estabilidad, baja tolerancia.	Aplicaciones electrónicas de baja frecuencia, acopamiento de señales.
Capacitores de películas	 *Fuente:https://acortar.link/ILG5wc*	Película de poliéster, polipropileno, teflón, etc.	Alta precisión, bala tolerancia, excelente estabilidad a lo largo del tiempo y en diferentes temperaturtas.	Aplicaciones de alta calidad de audio, circuitos de temporización.
Capacitores Electrolíticos	 *Fuente: https://acortar.link/04YKme*	Óxido de aluminio o tantalio (para capacitadores electrolíticos de aluminio y tantalio, respectivamente.	Alta capacidad en relación con su tamaño, polarizados (tiene un lado positivo y un lado negativo), pueden ser de tipo electrolítico o de aluminio sólido.	Filtrado de energia, almacenamiento de energia de fuentes de alimentación y amplificadores.
Capacitores de tantalio de tamaño SMD	 *Fuente: https://acortar.link/OXx4Uu*	Óxido de tantalio	Alta capacitancia en relación con su tamaño, ideales para amplificaciones en circuitos integrados y dispositivos electrónicos de montaje superficial.	Electrónica portatil, dispositivos compactos.
Capacitores de Poliéster Metalizado	 *Fuente: https://acortar.link/dG0uaa*	Película de poliéster metalizado	Económicos, adecuados para amplificaciones generales de acoplamiento y desacoplamiento de señales.	Circuitos electrónicos de baja y media frecuencia.

Símbolos de dispositivos para circuitos



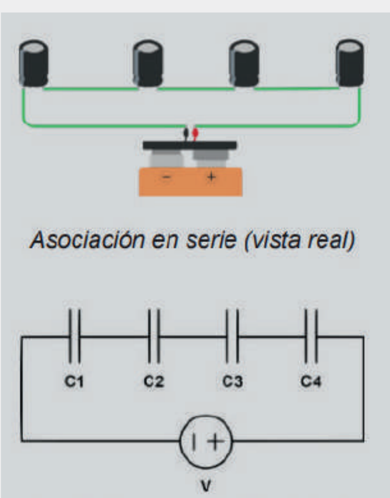
Asociación de condensadores en paralelo



Asociación en paralelo (vista real)

Asociación en paralelo (simbología electrónica)

Asociación de condensadores en serie



Asociación en serie (vista real)

Asociación en serie (simbología electrónica)

4. Asociación de capacitores

En los circuitos eléctricos es frecuente combinar dos o más capacitores, por lo que se requiere calcular la capacitancia equivalente de estas combinaciones utilizando los métodos pertinentes al caso en donde supondrá que los capacitores a combinar están inicialmente descargados.

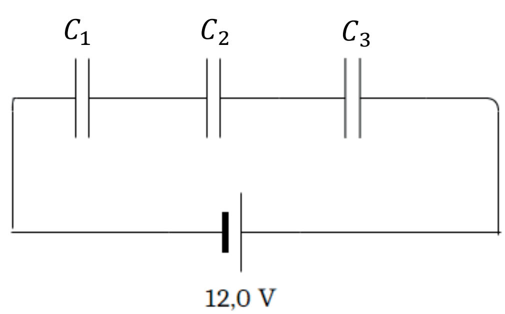
Los símbolos que se utilizan en estos circuitos se presentan en el gráfico del recuadro; donde, es importante no confundir los símbolos de los capacitores con los de las baterías o fuentes de energía eléctrica, los cables de conexión se representan por líneas.

a) Asociación en serie

En una conexión en serie, dos elementos de un circuito se conectan uno después del otro. Cuando los capacitores se conectan a la fuente de energìa, todos se cargan y cada placa tienen la misma magnitud de carga, lo que resulta en una capacidad equivalente inversamente proporcional a la suma de los inversos de las capacidades individuales. La fórmula que describe el inverso de la capacitancia equivalente en una asociación de n capacitores en serie es:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots \frac{1}{C_n}$$

Ejemplo 4: En el circuito mostrado a continuación, se tienen tres capacitores $C_1 = 4{,}0\ \mu F$, $C_2 = 6{,}0\ \mu F$ y $C_3 = 8{,}0\ \mu F$, conectados en serie entre sí., Si se aplica un voltaje de $V = 12{,}0\ V$ a través del conjunto de capacitores, ¿cuál es la capacitancia total y la carga total almacenada en el conjunto?



Solución:

Reemplazando valores y haciendo operaciones

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{4{,}0\ \mu F} + \frac{1}{6{,}0\ \mu F} + \frac{1}{8{,}0\ \mu F}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{6+4+3}{24\ \mu F}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{6+4+3}{24\ \mu F}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{13}{24\ \mu F}$$

Invirtiendo las fracciones y realizando la división:

$$C_{eq} = \frac{24\ \mu F}{13} = 1{,}9\ \mu F$$

Despejando la carga de la definición de capacitancia y reemplazando valores:

$$Q = C\Delta V$$

$$Q = 1{,}9 \times 10^{-6}\mathrm{F} \cdot 12{,}0\ \mathrm{V}$$

$$Q = 2{,}3 \times 10^{-5}\mathrm{C}$$

La capacidad equivalente es igual a: $C_{eq} = 1{,}9\ \mu\mathrm{F}$; la carga es: $Q = 2{,}3\times10^{-5}\ \mathrm{C}$.

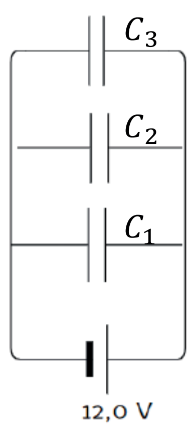
b) Asociación en paralelo

Cuando los condensadores se conectan en paralelo las diferencias de potencial individuales son las mismas e iguales al valor de la fuente de energía o batería.

Para hallar la capacidad equivalente de un sistema de n condensadores se utiliza la siguiente relación

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots C_n$$

Ejemplo 5: Se tienen tres capacitores en paralelo con valores de capacitancia $C_1{=}5{,}0\ \mu\mathrm{F}$; $10{,}0\ \mu\mathrm{F}$ y $15{,}0\ \mu\mathrm{F}$. Si se aplica un voltaje de $V = 12{,}0\ \ \mathrm{V}$ a través del conjunto de capacitores, ¿cuál es la capacitancia total y la carga total almacenada?



Solución:

Reemplazando valores para calcular la capacidad equivalente:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$C_{eq} = 5{,}0\ \mu\mathrm{F} + 10{,}0\ \mu\mathrm{F} + 15{,}0\ \mu\mathrm{F} = 30\ \mu\mathrm{F}$$

Despejando la carga de la definición de capacidad y reemplazando valores:

$$Q = C\ \Delta V$$

$$Q = 30 \times 10^{-6}\ \mathrm{F} \cdot 12\ \mathrm{V} = 3{,}6 \times 10^{-4}\mathrm{C}$$

La capacidad equivalente es: $C_{eq} = 30\ \ \mu\mathrm{F}$ y la carga almacenada es: $Q = 3{,}6\times10^{-4}\ \mathrm{C}$.

Ayuda con la calculadora

Cuando se trata de ecuaciones donde las cantidades son inversas, es recomendable usar la función X^{-1} de la calculadora.

Por ejemplo, son tres condensadores en serie, el inverso de la capacidad equivalente es:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Reescribiendo con la función inversa:

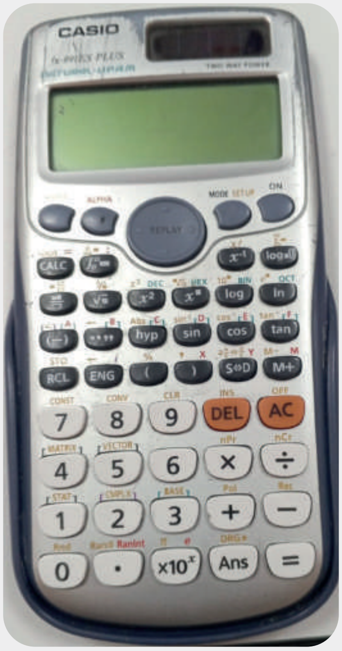
$${C_{eq}}^{-1} = {C_1}^{-1} + {C_2}^{-1} + {C_3}^{-1}$$

Volviendo a aplicar la función a ambos miembros de la ecuación:

$$\left({C_{eq}}^{-1}\right)^{-1} = \left({C_1}^{-1} + {C_2}^{-1} + {C_3}^{-1}\right)^{-1}$$

Quedando:

$$C_{eq} = \left({C_1}^{-1} + {C_2}^{-1} + {C_3}^{-1}\right)^{-1}$$

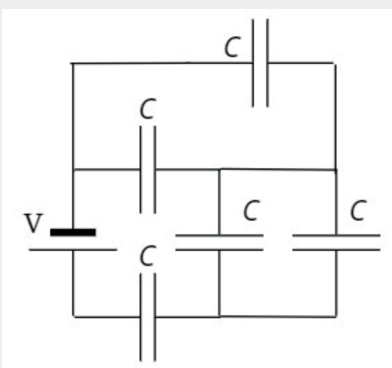


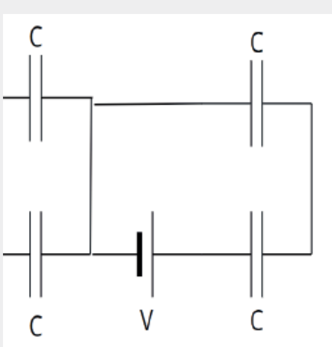
Fuente: Elaboración propia

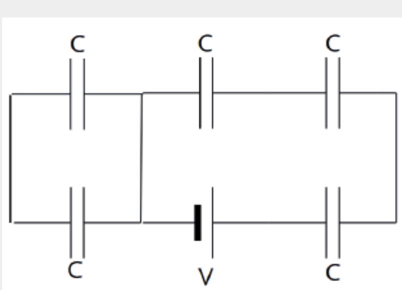
Asociación mixta de capacitores

La combinación mixta de capacitores integra conexiones en serie y en paralelo de múltiples capacitores. Este método se emplea para alcanzar una capacidad equivalente particular que no es posible obtener únicamente con una configuración en serie o en paralelo o conseguir una capacidad que no se encuentra en el mercado.

En la figura se presentan algunas posibilidades de combinaciones mixtas.





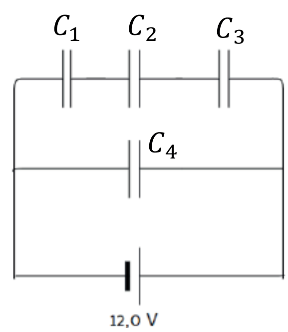


c) Asociación mixta

La asociación de capacitores en un circuito mixto combina tanto capacitores en serie como en paralelo (ver figura). Esta configuración se utiliza para crear circuitos más complejos y resolver problemas que involucran una variedad de capacitores interconectados. En un circuito mixto, algunos capacitores pueden estar conectados en serie, mientras que otros pueden estar en paralelo y a menudo hay una combinación de ambas.

Esto puede ser útil en situaciones en las que se necesita cierta combinación de capacitancias para lograr un efecto específico en el circuito. Para resolver problemas en circuitos mixtos de capacitores, primero debes identificar qué capacitores están en serie y cuáles están en paralelo. En la figura mostrada primero debemos resolver

Ejemplo 6: En el circuito mostrado a continuación, se tienen tres capacitores: $C_1 = 10{,}0\ \mu F$, $C_2 = 6{,}0\ \mu F$ y $C_3 = 8{,}0\ \mu F$, conectados en serie entre sí. A su vez, este conjunto en serie se encuentra en paralelo con un cuarto capacitor C_4 = 10,0 μF. Si se aplica un voltaje de $V = 12{,}0\ V$ a través del circuito, ¿cuál es la capacitancia total y la carga total almacenada en el conjunto?

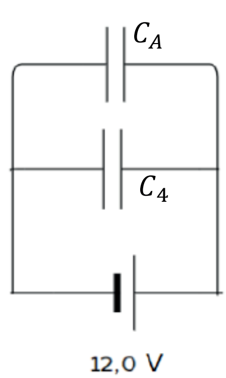


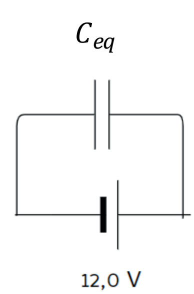
Solución:

Encontrando antes la capacidad equivalente de los tres primeros condensadores y denominándola con C_A, el circuito queda como se observa en la figura.

El cálculo de la asociación en serie usando la calculadora es igual a:

$$C_A = ((10{,}0\ \mu F)^{-1} + (6{,}0\ \mu F)^{-1} + (8{,}0\ \mu F)^{-1})^{-1} = 2{,}55\ \mu F$$





La capacidad equivalente del circuito es entonces:

$$C_{eq} = C_A + C_4 = 2{,}6\mu F + 10{,}0\ \mu F = 12{,}6\ \mu F$$

Despejando la carga de la definición de capacidad y reemplazando valores:

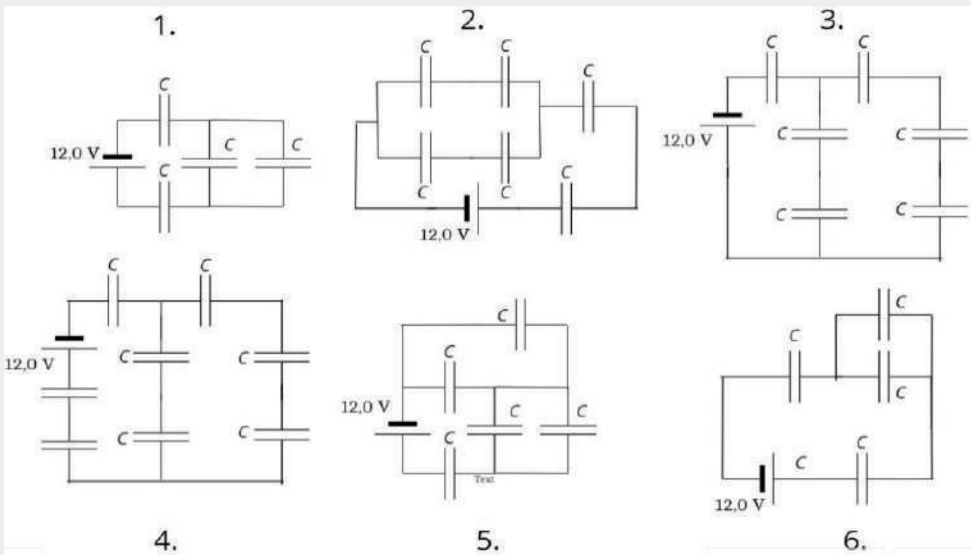
$$Q = 12{,}6 \times 10^{-6}\mathrm{F} \cdot 12{,}0\ \mathrm{V} = 1{,}5 \times 10^{-4}\mathrm{C}$$

La capacidad equivalente del circuito es igual a: $C_{\mathrm{eq}} = 12{,}6\ \mu\mathrm{F}$. Y la carga es igual a: $1{,}5\times10^{-4}\ \mathrm{C}$.

Actividad

Resolvemos los problemas:

Tomando en cuenta que la capacidad de cada condensador es: $C = 10{,}0\ \mu\mathrm{F}$ y la diferencia de potencial de cada fuente es $12{,}0\ \mathrm{V}$, encuentre la capacidad equivalente de cada circuito y la carga total.

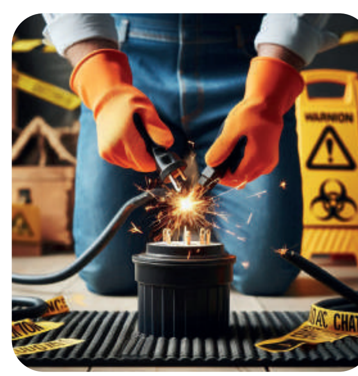


VALORACIÓN

Reflexionamos sobre los riesgos que se corren al manipular capacitores de alta capacidad.

Riesgos al manipular equipos con capacitores de alta capacidad

Manipular capacitores almacenados o en desuso conlleva ciertos riesgos que deben ser tomados en cuenta para garantizar la seguridad. Los capacitores pueden retener carga eléctrica durante mucho tiempo después de haber sido desconectados de una fuente de alimentación y esta carga puede ser peligrosa si no se maneja adecuadamente. Si se toca indebidamente un capacitor cargado, puede descargarse a través del cuerpo humano, causando una descarga eléctrica dolorosa e incluso peligrosa. Esta descarga puede provocar lesiones, especialmente si el capacitor tiene una alta capacitancia o ha estado cargado durante mucho tiempo.



Fuente: Microsoft Copilot. (2024)

Despues de leer el texto, respondemos la siguente pregunta:

¿Cuáles son los principales riesgos al manipular capacitores de alta capacidad almacenados o en desuso y cómo se pueden evitar para garantizar la seguridad?

PRODUCCIÓN

Elaboramos un informe de sobre la experiencia del control del tiempo con un condensador:

Carga y descarga de un condensador

Materiales

Un condensador, una fuente de alimentación (puedes usar un cargador antiguo de celular con entrada en punta donde se puedan distinguir claramente el positivo y el negativo), un interruptor, una resistencia y un multímetro.

Procedimiento

Conectamos el condensador en serie con la resistencia y la fuente de alimentación. Cerramos el interruptor para cargar el condensador y mide el voltaje a través de él con el multímetro. Luego, abrimos el interruptor y observamos cómo el voltaje disminuye a medida que el condensador se descarga a través de la resistencia.

ELECTRODINÁMICA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA REGIÓN

PRÁCTICA

Comparación del tráfico vehicular con el movimiento de los electrones

Observemos el flujo vehicular en diferentes horarios y calles. En las calles alejadas, el movimiento de los coches no presenta problemas; sin embargo, en las calles del centro, especialmente en horas pico, hay una mayor cantidad de vehículos, lo que puede provocar embotellamientos o trancaderas. Esto significa que los vehículos se detienen, impidiendo que los pasajeros lleguen a tiempo a sus destinos. Las calles representan los materiales conductores, como los cables de cobre y los vehículos representan los electrones que pueden moverse a través del material conductor.

El embotellamiento representa un impedimento al movimiento de los electrones.

Fuente: www.La Razón

Actividad

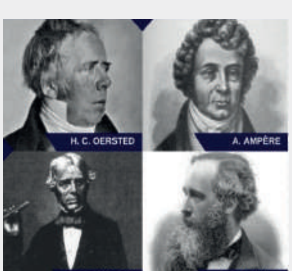
De acuerdo a la lectura respondemos las siguientes preguntas

- ¿Cómo se puede comparar el flujo vehicular en diferentes calles con el movimiento de electrones en un material conductor?
- ¿Por qué las calles del centro experimentan embotellamientos en horas pico y cómo se puede relacionar esto con la resistencia en un conductor eléctrico?
- En la analogía presentada, ¿qué representan los vehículos y cómo se relaciona esto con los electrones en un circuito eléctrico?

TEORÍA

Los cuatro fundadores de la teoría electromagnética

- *Alessandro Volta. Inventó la pila voltaica, permitiendo el estudio de corrientes continuas.*
- *Hans Christian Oersted. Descubrió la relación entre la corriente eléctrica y el magnetismo.*
- *James Clerk Maxwell: Unificó las leyes del electromagnetismo en una teoría coherente.*
- *André-Marie Ampère. Ayudó a unificar los conceptos de electricidad y magnetismo, sentando las bases del electromagnetismo moderno.*



Fuente: Human Frecuencies

1. ¿Qué es la electrodinámica?

La electrodinámica estudia cómo se desplazan las cargas eléctricas a través de los materiales conductores, lo que da lugar a fenómenos como la corriente eléctrica y el magnetismo.

Se identifican las tres maneras fundamentales que tienen las cargas para moverse, aunque existen otras:

- Las cargas eléctricas se mueven cuando están en un campo eléctrico. La fuerza que sienten depende del signo de la carga: las cargas positivas se desplazan en la dirección del campo, mientras que las negativas lo hacen en sentido contrario.
- Campo magnético. Una carga en movimiento dentro de un campo magnético experimenta una fuerza perpendicular a su velocidad y al campo magnético, conocida como fuerza de Lorentz, lo que puede hacer que siga una trayectoria curva.
- Diferencia de potencial (Voltaje). Para que las cargas se desplacen a través de un conductor, debe existir una diferencia de potencial entre los extremos del conductor, proporcionando la energía necesaria para mover las cargas.

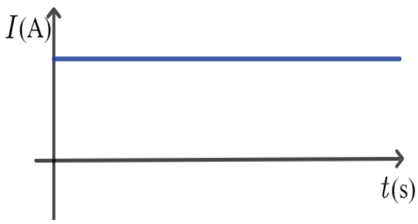
2. Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es el fenómeno del movimiento de las cargas en los materiales conductores.

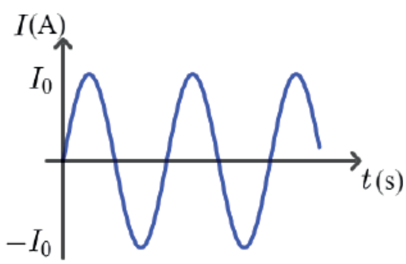
3. Clases de corriente eléctrica

Son dos clases de corriente eléctrica: a) la corriente eléctrica continua que se abrevia con CC o DC y b) la corriente eléctrica alterna que se abrevia con AC.

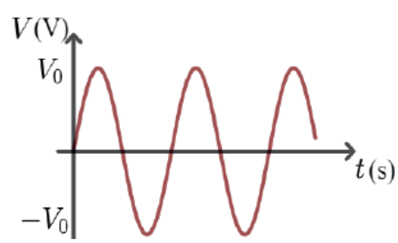
a) Corriente eléctrica continua CC o DC, la corriente se mantiene constante en dirección y en valor numérico. Este tipo de corriente es característico de las baterías o pilas que proporcionan corriente continua.



b) Corriente eléctrica alterna AC, la corriente cambia de dirección periódicamente y su magnitud varía en forma sinusoidal. Este tipo de corriente es característico en el consumo de energía domiciliario porque es más conveniente para ser transportada grandes distancias.



Lo mismo ocurre con la diferencia de potencial o voltaje puede ser continuo CC o DC y también alterno o CA. Los gráficos son similares a los de la corriente como se observa en las figuras.



4. Intensidad de corriente eléctrica

La intensidad de corriente eléctrica es una medida cuantitativa de la corriente eléctrica. Específicamente, es la cantidad de carga eléctrica que pasa por un punto del circuito por unidad de tiempo.

Se define de la siguiente manera:

$$I = \frac{q}{t}$$

Donde, *q* es la carga y *t* es el tiempo.

La unidad de intensidad de corriente es el Amperio (A) que es igual a:

$1\ \mathrm{A} = 1\ \mathrm{C/s}$.

Etiquetas de especificaciones en los aparatos eléctricos

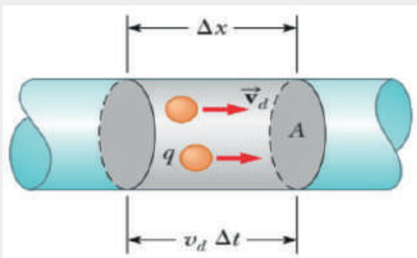
Generalmente los aparatos eléctricos tienen etiquetas o placas de especificaciones que indican si utilizan corriente continua (CC) o corriente alterna (CA). Estas etiquetas suelen estar ubicadas en la parte trasera o inferior del dispositivo. Aquí hay algunos detalles que podrías encontrar:

- *Los símbolos. CC: Representado por una línea recta con una línea discontinua debajo (———).*
- *CA: Representado por una línea ondulada (~).*
- *Voltaje y Frecuencia. Para CA, también se especifica la frecuencia; por ejemplo, 50 Hz o 60 Hz).*

Fuente: https://acortar.link/2emxps

Modelo microscópico

En el modelo microscópico las cargas se mueven con una velocidad denominada velocidad de arrastre v_d atravesando la sección transversal A del conductor.



Fuente: Serway

Recordemos

La carga de un objeto cualquiera es un múltiplo de la carga fundamental; es decir, la carga del electrón o del protón.

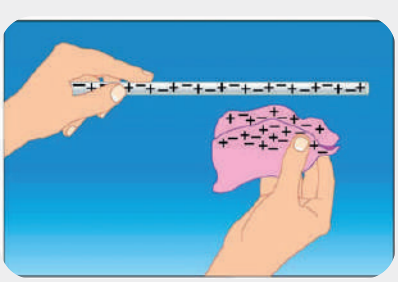
$$q = Ne$$

Donde:
N es el número de electrones e es la carga del electrón igual a:

Otra forma de expresar esta equivalencia es también despejando el valor de $1\ \mathrm{C}$:

$$1\ \mathrm{C} = 6{,}25 \times 10^{18}\, e$$

Donde se entiende que la cantidad de electrones que tiene la carga de 1 C es $6{,}25 \times 10^{18}$.



Fuente: Con-CIENCIA

Ejemplo 1: Calcula la corriente que pasa a través un conductor si la carga es igual a $10{,}0\ \mathrm{C}$ en un minuto.

Solución:

Realizando los factores de conversión y reemplazando valores en la definición de intensidad de corriente eléctrica:

$$I = \frac{10{,}0\ \mathrm{C}}{60\ \mathrm{s}} = 0{,}17\ \mathrm{A}$$

La corriente que pasa en un minuto es: $\mathrm{I} = 0{,}17\ \mathrm{A}$.

Ejemplo 2: En un alambre conductor la intensidad de corriente es igual $1{,}5\ \mathrm{A}$, ¿Cuantos electrones se desplazan en $1{,}5$ minutos?

Solución:

La relación entre la carga y el número de electrones es:

$$q = Ne$$

Reemplazando en la definición de intensidad de corriente y despejando N, se tiene:

$$N = \frac{It}{e} = \frac{1{,}5\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{s}} \cdot 90\ \mathrm{s}}{1.6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}} = 8{,}4 \times 10^{20}$$

La cantidad de electrones que se desplazan es igual a: $N = 8{,}4 \times 10^{20}$.

Ejemplo 3: ¿Cuánto tiempo emplea una intensidad de corriente de $2{,}0\ \mathrm{A}$ en llevar una carga de $3{,}0\ \mathrm{C}$?

Solución:

Despejando el tiempo y reemplazando valores, se tiene:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{3{,}0\ \mathrm{C}}{2{,}0\ \mathrm{A}} = 1{,}5\ \mathrm{s}$$

El tiempo que emplea la intensidad de corriente dada es: $\mathrm{t} = 1{,}5\ \mathrm{s}$.

5. Densidad de corriente

El movimiento de las cargas a nivel microscópico atravesando el área transversal del conductor se mide con la densidad de corriente que es la corriente eléctrica por unidad de área:

$$J = \frac{I}{A}$$

Las unidades de la densidad de corriente son amperios por metro cuadrado en el Sistema Internacional de Unidades $[J] = \mathrm{A}/m^2$.

Ejemplo 4: Por un conductor cilíndrico de radio $5{,}0\ \mathrm{mm}$ se mide una intensidad de corriente $2{,}0\ \mathrm{A}$, encuentre la densidad corriente.

Solución:

Calculando el área de la sección transversal del conductor:

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot (5{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2 = 7{,}854 \times 10^{-5}\,\mathrm{m}^2$$

Reemplazando valores en la definición de densidad de corriente:

$$J = \frac{2{,}0\ \mathrm{A}}{7{,}854 \times 10^{-5}\mathrm{m}^2} = 25{,}5 \times 10^3\ \mathrm{A/m}^2$$

La densidad de corriente es igual a: $J = 25{,}5 \times 10^3\ \mathrm{A/m}^2$.

Es común designar como portadores de carga a las cargas en movimiento. La velocidad de arrastre de los portadores de carga se designa por v_d. El número de portadores de carga por unidad de volumen es la densidad de carga que se designa por n. Por tanto, la densidad de corriente también se expresa con estas cantidades.

$$J = nqv_d$$

Las unidades en el Sistema Internacional de Unidades de las nuevas cantidades son: $[n] = \mathrm{m}^{-3}$; $[q] = \mathrm{C}$; $[v_d] = \mathrm{m/s}$.

Ejemplo 5: Un cable conductor de cobre de un domicilio tiene un área de sección transversal de $2{,}5\ \mathrm{mm}^2$ por el que pasa una corriente de $2{,}0\ \mathrm{A}$. Hallar la velocidad de los electrones. Tome en cuenta que la densidad de los electrones del material es de $8{,}5 \times 10^{28}\,\mathrm{m}^{-3}$.

Solución:

Los datos del problema son:

$$A = 2{,}5\ \mathrm{mm}^2;\ I = 2{,}0\ \mathrm{A};\ n = 8{,}5 \times 10^{28}\ \mathrm{m}^{-3};\ q = e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C};\ v_d = ?$$

Calculamos la densidad de corriente teniendo cuidado de escribir las unidades en el S.I.

$$A = 2{,}5\ \mathrm{mm}^2 \times \frac{1\ \mathrm{m}^2}{(1000\ \mathrm{mm})^2} = 2{,}5 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}^2$$

$$J = \frac{I}{A}$$

$$J = \frac{2{,}0\ \mathrm{A}}{2{,}5 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}^2} = 8 \times 10^5\,\mathrm{A/m}^2$$

Despejando la velocidad de arrastre y reemplazando valores:

$$v_d = \frac{J}{nq}$$

$$v_d = \frac{8 \times 10^5\,\mathrm{A/m}^2}{8{,}5 \times 10^{28}\,\mathrm{m}^{-3} \cdot 1{,}6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}} = 5{,}9 \times 10^{-5}\ \mathrm{m/s}$$

La velocidad de arrastre de los electrones a través del conductor es:

$v_d = 5{,}9 \times 10^{-5}\ \mathrm{m/s}$.

Aparatos de medición de las cantidades eléctricas

El multímetro

El multímetro, también llamado tester, es un dispositivo de medición que se utiliza para evaluar diversas magnitudes eléctricas.Es una herramienta fundamental tanto para técnicos e ingenieros electricistas como para entusiastas de la electrónica.

Los multímetros pueden ser analógicos o digitales, cada uno de ellos tienen sus ventajas y características.

Multímetro analógico

Fuente: https://acortar.link/OYn8oN

Multímetro digital

Fuente: https://acortar.link/NChlWw

Actividad

Resolvemos los problemas

1. Una persona desea ducharse con agua caliente. El calentador de agua consume $300{,}0\ \mathrm{C}$ en un período de $20{,}0$ minutos. Se necesita determinar la intensidad de la corriente eléctrica utilizada durante este tiempo.
2. Calcular la intensidad de corriente eléctrica que pasa por un ventilador en un aula educativa. El ventilador funciona durante $5{,}0$ horas y consume $6{,}68 \times 10^{23}$ electrones.
3. En las instalaciones eléctricas de los domicilios se usa conductores de cobre. Generalmente la densidad corriente de estos conductores es de $10{,}0\,\mathrm{A/mm}^2$ y la concentración de electrones libres en el cobre es de $8{,}5 \times 10^{28}\,\mathrm{m}^{-3}$. Calcular la velocidad de la corriente.

VALORACIÓN

Multímetro digital
Fuente: https://acortar.link/qRHKSG

Concientizamos sobre el uso correcto del multímetro para prevenir accidentes y asegurar mediciones precisas.

Precauciones para el uso del multímetro

Para usar el multímetro de forma segura, es crucial seguir estas precauciones: seleccionar el rango correcto ajustando el multímetro al valor adecuado, asegurarse de que las sondas estén bien conectadas al dispositivo y al circuito (sonda roja al terminal positivo y sonda negra al negativo), evitar sobrecargas no excediendo el valor máximo de entrada y desconectar la alimentación eléctrica antes de medir y descargar los capacitores para prevenir descargas peligrosas.

Luego de leer las precauciones para el uso del multímetro, respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Por qué es importante seleccionar el rango correcto en el multímetro antes de realizar una medición?
- ¿Cuáles son las conexiones correctas de las sondas del multímetro y por qué es crucial asegurarse de estas conexiones?
- ¿Qué riesgos se corren al exceder el valor máximo de entrada permitido por el multímetro y cómo se pueden evitar?

PRODUCCIÓN


Fuente: https://acortar.link/QY7p4G

Elaboramos un informe sobre el uso del multímetro.

Uso del tester o multímetro como voltímetro

Objetivo

En esta práctica se aprenderá a manejar el voltímetro digital para poder distinguir las funciones en corriente continua y alterna, también se elaborará un informe.

Materiales

Un enchufe de conexión domiciliaria doméstica, 1 tester digital, 3 baterías AA, una nueva, una a medio uso y otra descargada.

Pasos para medir voltaje alterno

- Conectar las puntas de prueba en el tester, el rojo al positivo y el negro al común.
- Colocar el selector de función en el voltje que indica alterna y en un valor mayor a 220 V, para evitar que se sobrecargue el tester.
- Introducir las puntas de prueba al enchufe de la red domiciliaria, si está bien la conexión, recién prender el tester.
- Anotar el valor medido y distinguir la polaridad, eso se consigue cuando el valor medido es positivo. Si es negativo la polaridad es contraria.

Pasos para medir voltaje continuo

- Colocar el selector de función en voltaje que indica continua y en un valor mayor a 1,5 V.
- Colocar las agujas de los chicotilllos en los extremos de las pilas teniendo cuidado con la polaridad.
- Medir cada una de las pilas, anotar sus voltajes y comparar valores.

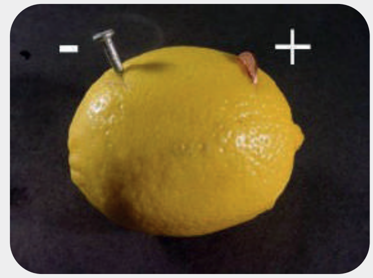
El informe tiene las siguientes partes:
Objetivo, que describa el propósito de la práctica.
Materiales, lista de todos los materiales utilizados.
Procedimiento, descripción detallada de los pasos seguidos durante la práctica. Resultados, observaciones y medidas obtenidas para cada batería y el enchufe.
Conclusiones, reflexiones sobre las diferencias entre corriente continua y alterna y el uso del multímetro para medir ambas.

RESISTENCIA Y DIFERENCIA DE POTENCIAL

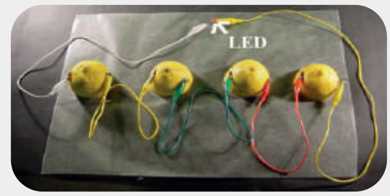
PRÁCTICA

Generando electricidad con limones

Investiguemos cómo se puede generar electricidad con una batería casera hecha de limones. Este experimento nos permitirá comprender dos conceptos clave en electricidad: la diferencia de potencial (voltaje) y la resistencia. El voltaje es la fuerza que mueve a los electrones a través de un circuito, mientras que la resistencia es la oposición al flujo de estos electrones. Al realizar el experimento primero sin resistencia y luego con resistencia, veremos cómo estos conceptos influyen en el funcionamiento de un LED.



Fuente: https://acortar.link/7uJMS8



Fuente: https://acortar.link/Vvt4jj

Materiales

1 Limón, 1 clavo de zinc,1 moneda de cobre, varios cables con pinzas de cocodrilo, 1 LED pequeño, 1 resistencia de 100 ohmios.

Procedimiento

Ablandar el limón rodándolo sobre una superficie dura.

Insertar el clavo de zinc y la moneda de cobre en el limón, sin que se toquen.

Conectar los cables con pinzas de cocodrilo o caimanes al clavo y a la moneda.

Conectar una resistencia en serie con el LED (optativo).

Completar el circuito conectando el cable del clavo al terminal negativo del LED y el cable de la moneda al terminal positivo del LED.

El circuito funciona con o sin resistencia. Primero la prueba es sin resistencia y luego con resistencia. Observamos cambios en el brillo del LED.

Actividad

Respondemos las preguntas:

- ¿Qué materiales se necesitan para construir una batería de limón?
- ¿Qué sucede cuando se conecta el clavo de zinc y la moneda de cobre al limón?
- ¿Qué se observa cuando se conecta el LED al circuito de la batería de limón?
- ¿Cómo se podría aumentar el voltaje generado por la batería de limón si el LED no se enciende?

TEORÍA

1. Resistencia eléctrica

La resistencia es una característica de los materiales que nos sirve para evaluar la capacidad para resistir el paso de la corriente eléctrica. Se representa por la letra R y su unidad es el ohmio que se simboliza por la letra griega omega mayúscula $[R] = \Omega$.

2. La resistividad

La resistividad es una propiedad inherente del material. Indica cuánto se opone un material al paso de la corriente eléctrica. Se representa por la letra griega ρ y sus unidades son $[\rho] = \Omega \cdot \mathrm{m}$.

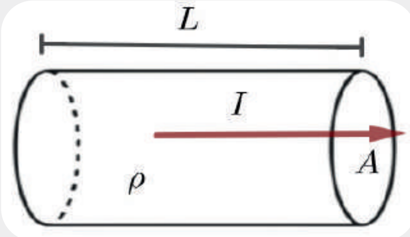
3. Ley de Pouillet

La Ley de Pouillet se refiere a la resistencia de un conductor en función de sus dimensiones y su resistividad esta relación se expresa como: “la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su resistividad y longitud e inversamente proporcional a su área transversal”.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

La ley de Pouillet para un conductor

La resistencia en un conductor, depende de sus dimensiones, longitud y área transversal. Además de la resistividad que es una característica del material.



$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Dispositivos eléctricos comerciales

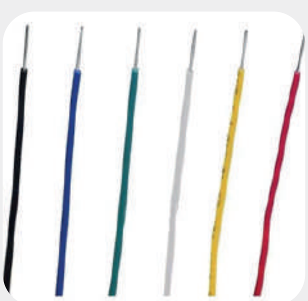
Pilas o baterías

Fuente: https://acortar.link/JZVsA0

Resistencias

Fuente: https://acortar.link/GjgtVD

Conectores o cables



Fuente: https://acortar.link/Wu5Sri

Conectores tipo caimanes o cocodrilos

Fuente. https://acortar.link/BfU6DS

Donde, ρ es la resistividad del material; L la longitud del conductor y A es el área transversal.
En el recuadro se presenta una tabla de resistividades de algunos materiales.

Ejemplo 1: Un alambre de plata tiene una longitud de $10{,}0\ \mathrm{m}$ y un área transversal de $2{,}0\ \mathrm{mm}^2$. Calcule la resistencia del alambre de plata. La resistividad de la plata se obtiene de la tabla del recuadro.

Solución:

Los datos del ejemplo son: $L = 10{,}0\ \mathrm{m}$; $A = 2{,}0\ \mathrm{mm}^2$; $\rho = 1{,}59 \times 10^{-8}\Omega \cdot \mathrm{m}$.
Realizando el cambio de unidades del área:

$$A = 2{,}0\ \mathrm{mm}^2 \times \frac{1\ \mathrm{m}^2}{(1000\ \mathrm{mm})^2} = 2 \times 10^{-6} m^2$$

Reemplazando valores:

$$R = 1{,}59 \times 10^{-8}\Omega \cdot \mathrm{m} \cdot \frac{100{,}0\ \mathrm{m}}{2 \times 10^{-6}\mathrm{m}^2} = 0{,}8\ \Omega$$

La resistencia del alambre de plata es: $R = 0{,}8\ \Omega$.

Ejemplo 2: En la construcción de una oficina se quiere instalar $30{,}00\ \mathrm{m}$ de cable de aluminio y realizar la conexión eléctrica para utilizar algunos aparatos. El diámetro del cable es de $1{,}20\ \mathrm{mm}$. Encontrar la resistencia total del cable, si la resistividad del aluminio es $2{,}82 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$.

Solución:
Los datos del ejemplo son: $L = 30{,}0\ \mathrm{m}$; $D = 1{,}20\ \mathrm{mm}$; $\rho = 2{,}82 \times 10^{-8}\Omega \cdot \mathrm{m}$.

Realizando la conversión del diámetro y calculando el área transversal:

$$D = 1{,}2\ \mathrm{mm} \times \frac{1\ \mathrm{m}}{1000\ \mathrm{mm}} = 1{,}2 \times 10^{-3}\,\mathrm{m}$$

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{(1{,}2 \times 10^{-3}\mathrm{m})^2}{4} = 1{,}13 \times 10^{-6}\mathrm{m}^2$$

Calculando la resistencia del cable:

$$R = 2{,}82 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m} \cdot \frac{30{,}00\ \mathrm{m}}{1{,}13 \times 10^{-6}\mathrm{m}^2} = 0{,}75\ \Omega$$

La resistencia del cable de aluminio es: $R = 0{,}75\ \Omega$.

Ejemplo 3: Calcule el diámetro de un alambre de cobre que tiene una longitud de $1{,}5\ \mathrm{m}$ y una resistencia de $2{,}4\ \Omega$.

Solución:
Los datos del ejemplo son: $L = 1{,}5\ \mathrm{m}$; $\rho = 1{,}68 \times 10^{-8}\Omega \cdot \mathrm{m}$; $R = 2{,}4\ \Omega$; $D = ?$

Despejando el área de la ley de Pouillet:

$$A = \rho \frac{L}{R}$$

El área de una circunferencia usando el diámetro es: $A = \pi \frac{D^2}{4}$,

Despejando el diámetro y reemplazando valores:

$$\pi \frac{D^2}{4} = \rho \frac{L}{R}$$

$$D = \sqrt{\frac{4\rho L}{\pi R}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \mathrm{m} \cdot 1{,}5\ \mathrm{m}}{\pi \cdot 2{,}4\ \Omega}}$$

$$D = 1{,}2 \times 10^{-4}\ \mathrm{m}$$

El diámetro del cable es igual a: $D = 1{,}2 \times 10^{-4}\ \mathrm{m}$.

4. Resistencia y temperatura

Debido a que la resistividad varía con la temperatura de manera lineal en un rango de valores desde T_0 hasta T, la resistencia también varía linealmente de la siguiente manera:

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

Donde, R_0 es la resistencia a la temperatura T_0 , α es el coeficiente de temperatura cuyas unidades son:

$$[\alpha] = (°\mathrm{C})^{-1} = \frac{1}{°\mathrm{C}}$$

Ejemplo 4: Cierto foco tiene un filamento de tungsteno con una resistencia de $19{,}0\ \Omega$ cuando está a una temperatura de $20\ °\mathrm{C}$. Suponga que la resistividad del tungsteno varía linealmente con la temperatura. Determine la resistencia del filamento de tungsteno cuando la temperatura es $1400\ °\mathrm{C}$.

Solución:

Los datos del ejemplo son:

$$R_0 = 19{,}0\ \Omega;\ T_0 = 20\ °\mathrm{C};\ \alpha = 4{,}5 \times 10^{-3}\,(1/°\mathrm{C});\ T = 1400\ °\mathrm{C};\ R = ?$$

Reemplazando valores en la relación de la resistencia con la temperatura:

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$R = 19{,}0\ \Omega[1 + 4{,}5 \times 10^{-3}(1/°\mathrm{C}) \cdot (1400\ °\mathrm{C} - 20\ °\mathrm{C})]$$

$$R = 118\ \Omega$$

La resistencia del filamento de tungsteno a la temperatura dada es: $R = 118\ \Omega$.

5. Conductividad

Es una propiedad de los materiales que mide su capacidad para permitir el flujo de corriente eléctrica a través de ellos. Es el inverso de la resistividad eléctrica y se representa con la letra griega sigma (σ). Cuanto mayor sea la conductividad eléctrica de un material, mejor será su capacidad para conducir la electricidad.

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Las unidades de la conductividad son las unidades inversas de la resistividad:

$$[\sigma] = \frac{1}{(\Omega \cdot \mathrm{m})} = (\Omega \cdot \mathrm{m})^{-1}.$$

Los materiales como el cobre permiten que los electrones se muevan fácilmente, facilitando un flujo constante de electricidad. Este principio es vital en los cables eléctricos, asegurando una transmisión eficiente de energía desde la fuente hasta los dispositivos.

Tabla de resistividades de algunos materiales

Material	Resistividad $\rho(\Omega{\cdot}\mathrm{m})$
Plata	$1{,}59 \times 10^{-8}$
Cobre	$1{,}68 \times 10^{-8}$
Oro	$2{,}44 \times 10^{-8}$
Aluminio	$2{,}82 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5{,}6 \times 10^{-8}$
Hierro	$9{,}71 \times 10^{-8}$
Platino	$10{,}6 \times 10^{-8}$
Plomo	22×10^{-8}
Aleación nicromo	110×10^{-8}
Semiconductores	
Carbón (grafito)	$(3-60) \times 10^{-5}$
Germanio	$(1-500) \times 10^{-3}$
Silicio	$0{,}1-60$
Aislantes	
Vidrio	$10^{9}-10^{12}$
Hule duro	$10^{13}-10^{15}$

Tabla de los coeficientes de temperatura de algunos materiales

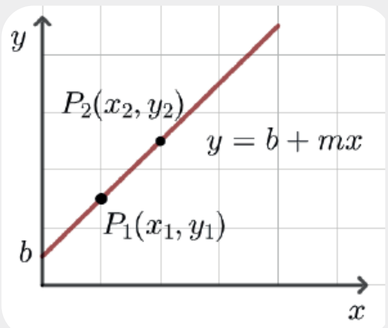
Material	Coeficiente de temperatura a $20\ °C$ $\alpha(1/°C)$
Plata	$3{,}8 \times 10^{-3}$
Cobre	$3{,}9 \times 10^{-3}$
Oro	$3{,}4 \times 10^{-3}$
Aluminio	$3{,}9 \times 10^{-3}$
Tungsteno	$4{,}5 \times 10^{-3}$
Hierro	$5{,}0 \times 10^{-3}$
Platino	$3{,}92 \times 10^{-3}$
Plomo	$3{,}9 \times 10^{-3}$
Aleación nicromo	$0{,}4 \times 10^{-3}$
Semiconductores	
Carbón (grafito)	-5×10^{-4}
Germanio	-5×10^{-2}
Silicio	-7×10^{-2}

La recta

La ecuación de la recta es:

$$y = b+mx$$

Donde b *es la intersección de la recta con el eje vertical y* m *es la pendiente.*



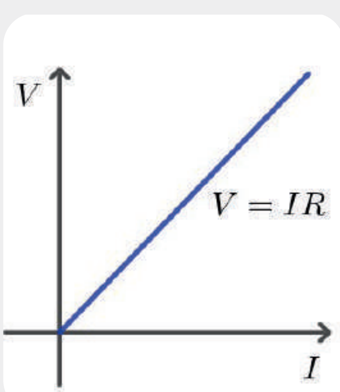
Fuente: Elaboración propia

En general, si se conocen los puntos $P_1(x_1, y_1)$ *y* $P_2(x_2, y_2)$ *en la recta, es posible calcular el valor de la pendiente a partir de la relación:*

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Ley de Ohm

La ley de Ohm se representa por una recta en un gráfico entre la corriente contra la diferencia de potencial o voltaje. Donde la pendiente de la recta es la resistencia.



Fuente: Elaboración propia

5. Generadores y fuerza electromotriz

La energía eléctrica existe debido a que hay una diferencia de potencial, entre los extremos de un conductor. que está relacionada con el trabajo para mover cargas o corriente a través de un campo eléctrico.

Para generar una corriente en un circuito eléctrico, se requiere un dispositivo, como una batería o un generador eléctrico, que convierta algún tipo de energía (como la química, mecánica o solar) en energía eléctrica. Normalmente, una batería convierte una reacción química en energía eléctrica debido a que en sus dos terminales existe una diferencia de potencial.

La batería o generador se conoce como fuerza electromotriz, o más comúnmente, fuente o fem. (El término "fuerza electromotriz" es un error histórico desafortunado, ya que no describe una fuerza, sino una diferencia de potencial en voltios). La fem de una batería es el voltaje máximo que puede suministrar entre sus terminales como el valor de $1{,}5\ \mathrm{V}$ de una batería AA y ser representa con la letra ε.

6. Ley de Ohm

Ohm descubrió al principio del siglo XIX que, si entre los extremos de un conductor se presenta una diferencia de potencial, fluirá una corriente eléctrica del extremo de mayor potencial al menor potencial. La relación existente entre el conductor eléctrico y su resistencia que establece que la corriente eléctrica que pasa por los conductores es proporcional al voltaje o diferencia de potencial eléctrico aplicado en ellos. La relación es:

$$\Delta V = IR$$

Donde, $\Delta \mathrm{V}$ es la diferencia de potencial, I es la corriente y R la resistencia en el conductor.
Es usual utilizar la letra V para representar la diferencia de potencial en los extremos del conductor.

$$V = IR$$

La ley de Ohm representa una recta de la diferencia de potencial contra la corriente, donde la resistencia es la pendiente de la recta.

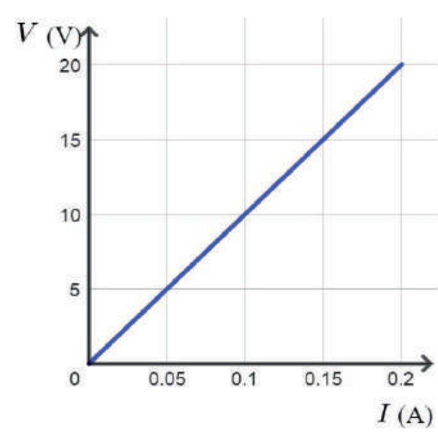
Ejemplo 5: Se conecta una resistencia de $10{,}0\ \Omega$ a los terminales de una batería de $1{,}5\ \mathrm{V}$. Determine la corriente que pasa por la resistencia.

Solución:

Los datos del ejemplo son: $R = 10{,}0\ \Omega$; $V = 1{,}5\ \mathrm{V}$; $I = ?$
Despejando la corriente de la ley de Ohm y reemplazando valores, se tiene:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1{,}5\ \mathrm{V}}{10{,}0\ \Omega} = 0{,}15\ \mathrm{A}$$

Ejemplo 6: A partir del siguiente gráfico encuentre el valor de la resistencia tomando cualquier par de puntos.



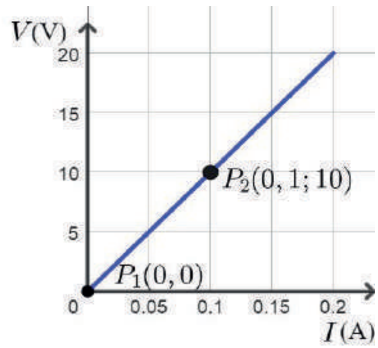
Solución:
Se escogen dos puntos; por ejemplo, el origen $P_1(0{,}0)$ y $P_2(0{,}1;\ 10)$.

Con estos puntos se calcula la pendiente. En el recuadro se encuentra la relación de la pendiente, adecuando a nuestro ejemplo:

$$R = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

$$R = \frac{(10 - 0)\ \mathrm{V}}{(0{,}1 - 0)\ \mathrm{A}}$$

$$R = 100\ \Omega$$



La resistencia es igual a: $R = 100\ \Omega$. Este valor puede ser obtenido por cualquier par de puntos de la recta, se sugiere al lector trabajar con otro par de puntos.

7. Circuito eléctrico

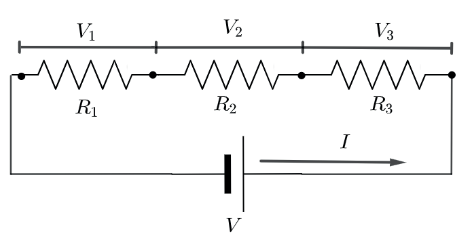
Un circuito eléctrico es un camino cerrado por donde va la corriente. El movimiento de los electrones parte del polo negativo de la fuente y se dirige hacia el polo positivo. Por ejemplo, si se conecta una licuadora al enchufe de la pared de la cocina, los electrones se mueven del polo negativo y atraviesan todos los elementos de la licuadora y retornan hacia el polo positivo cerrando el circuito. Cuando se interrumpe el paso de la corriente se dice que hay un corto circuito. En el recuadro se observan los elementos de un circuito. Observe que hay un interruptor que sirve para interrumpir el paso de la corriente si está abierto y cuando está cerrado no impide el paso de la corriente.

8. Asociación de resistencias: serie, paralelo, mixta

Las resistencias se asocian en serie, paralelo y cuando se combinan se denominan mixtas.

a) Asociación en serie

Las resistencias en serie están conectadas una al lado de la otra. La corriente que sale de la fuente es la misma que la que pasa a través de las resistencias; en cambio, la diferencia de potencial en los bornes de cada resistencia es diferente, pero se pueden calcular con la ley de Ohm; por tanto, la suma de las diferencias de potencial es igual a la diferencia de potencial de la fuente.

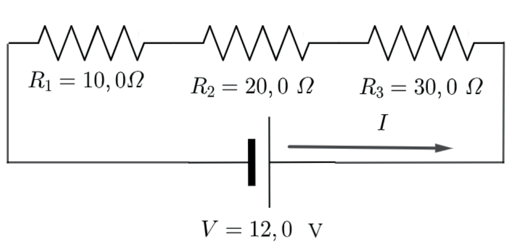


$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

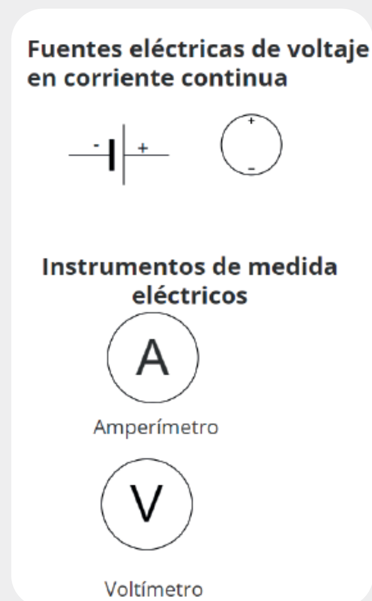
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ejemplo 7: Los valores de las tres resistencias son: $R_1 = 10{,}0\ \Omega$; $R_2 = 20{,}0\ \Omega$ y $R_3 = 30{,}0\ \Omega$ están conectadas en serie, encuentre la corriente total si en la fuente la diferencia de potencial es igual a $12{,}0\ \mathrm{V}$.



Símbolos para representar los dispositivos eléctricos

Fuente: Elaboración propia

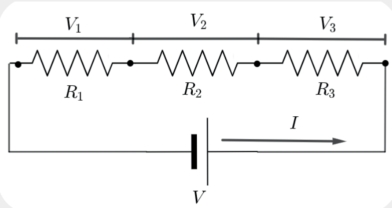


Fuente: Elaboración propia

Deducción de las resistencias equivalentes en serie y paralelo

Serie

En una asociación en serie la corriente es la misma a través de todas las resistencias y la suma de las diferencias de potencial en los extremos de las resistencias es igual al voltaje de la fuente.



$$V = IR_{eq}$$

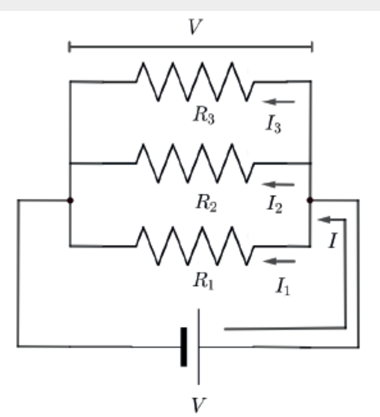
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$IR_{eq} = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Paralelo

En una asociación en paralelo la diferencia de potencial en los extremos de las resistencias es la misma que el voltaje de la fuente y la corriente total es la suma de las corrientes que pasan por las resistencias.



Despejando la corriente de la ley de Ohm y reemplazando:

$$I = \frac{V}{R_{eq}}$$

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Solución:

El cálculo de la resistencia equivalente cuando están conectadas en serie es:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = 10{,}0\ \Omega + 20{,}0\ \Omega + 30{,}0\ \Omega$$

$$R_{eq} = 60\ \Omega$$

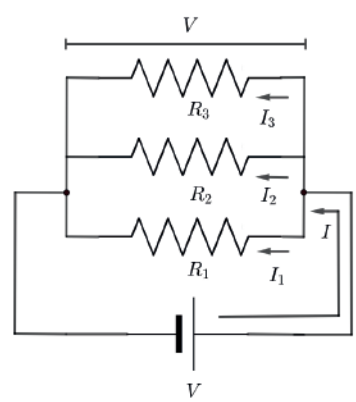
Para el cálculo de la corriente total se utiliza la ley de Ohm, despejando la corriente:

$$I = \frac{V}{R_{eq}}$$

$$I = \frac{12{,}0\ \text{V}}{60\ \Omega} = 0{,}2\ \text{A}$$

b) Asociación de resistencias en paralelo

Las resistencias en paralelo se conectan coincidiendo todos los extremos de las resistencias como se observa en la figura, en estas condiciones la diferencia de potencial es la misma en los extremos de cada resistencia y coincide con el voltaje de la fuente y la corriente total se reparte en cada resistencia; por tanto, es la suma de cada corriente que pasa por cada resistencia. Se utiliza la inversa de la resistencia equivalente como la suma de las inversas de las resistencias.



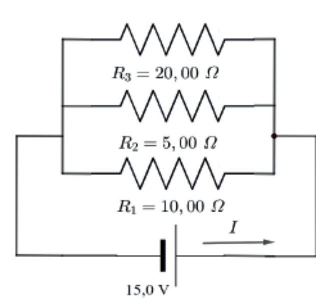
En una asociación de resistencias en paralelo se cumple lo siguiente:

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ejemplo 8: Los valores de las resistencias conectadas en paralelo de la figura, son: $R_1 = 10{,}00\ \Omega$; $R_2 = 5{,}00\ \Omega$ y $R_3 = 20{,}00\ \Omega$ Encuentre la resistencia equivalente y la corriente total si la fuente tiene una diferencia de potencial igual a $15{,}0\ \text{V}$.



Solución:

Reemplazando valores en el inverso de la resistencia equivalente y realizando operaciones con fracciones y dando la vuelta la fracción, se tiene

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{10,00\ \Omega} + \frac{1}{5,00\ \Omega} + \frac{1}{20,00\ \Omega}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{2+4+1}{20\ \Omega} = \frac{7}{20\ \Omega}$$

$$R_{eq} = \frac{20\ \Omega}{7} = 2,86\ \Omega$$

Para el cálculo de la corriente total se utiliza la ley de Ohm, despejando la corriente:

$$I = \frac{V}{R_{eq}}$$

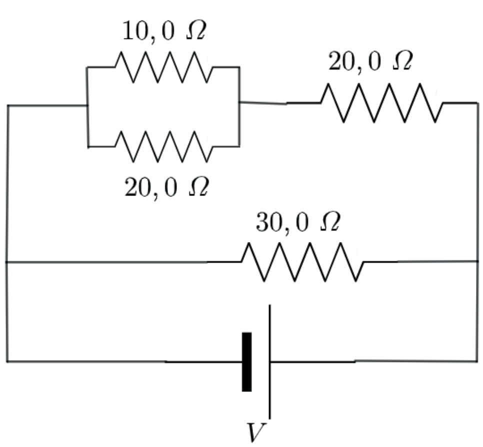
$$I = \frac{15,0\ \text{V}}{2,86\ \Omega} = 5,24\ \text{A}$$

La resistencia equivalente es: $2,86\ \Omega$ y la corriente total es igual a: $I = 5,24\ \text{A}$.

c) Asociaciones mixtas

Para encontrar la resistencia equivalente en asociaciones mixtas, se debe detectar cuales están en serie y cuales en paralelo e ir encontrando las resistencias equivalentes parciales hasta que quede una sola resistencia equivalente como se observa en el ejemplo.

Ejemplo 9: Encuentre la resistencia equivalente del circuito en asociación mixta.



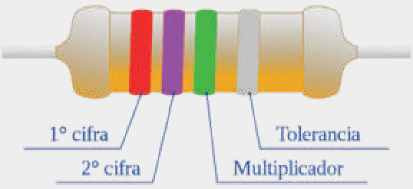
Solución:

Una primera agrupación para calcular la resistencia R_A:

$$R_A = \left((10,0\ \Omega)^{-1} + (20,0\ \Omega)^{-1}\right)^{-1} = 6,67\ \Omega$$

Código de colores de las resistencias

El valor de las resistencias se obtiene según el color de las bandas que tienen como se observa en la figura. Son cuatro bandas y la última está ligeramente alejada de las otras tres ya que indica la tolerancia.



Fuente: https://acortar.link/4x7pOP

La primera banda indica la primera cifra significativa y se anota.

La segunda banda es la segunda cifra significativa y también se anota.

La tercera banda indica el número de ceros que a continuación se escribe. Y la última banda es la tolerancia en porcentaje. Los colores tienen los siguientes valores:

Color	Valor	Tolerancia
Negro	0	
Café	1	1%
Rojo	2	2%
Naranja	3	
Amarillo	4	
Verde	5	
Azul	6	0,5%
Morado	7	0,25%
Gris	8	0,1%
Blanco	9	0,05%
		Dorado 5%
		Plateado 10%

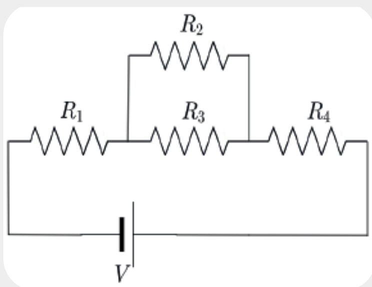
Por ejemplo, la resistencia de la figura con los colores: rojo, morado, verde y blanco tiene el siguiente valor:

$$R = (2\ 700\ 000 \pm 0,05\%)\ \Omega$$

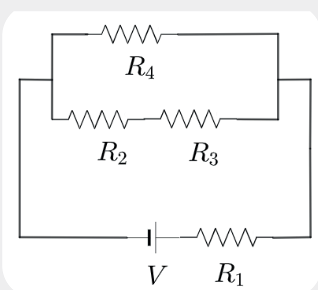
Resolvemos los siguientes circuitos

En cada circuito calcula la resistencia equivalente y la corriente total si: R_1=10,0 Ω; R_2=20,0 Ω; R_3=30,0 Ω; R_4=25,0 Ω; R_5=25,0 Ω *y el voltaje de la fuente es* 50,0 V.

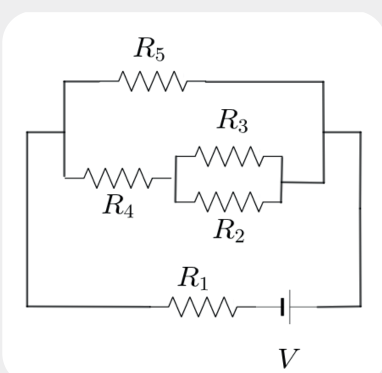
1.



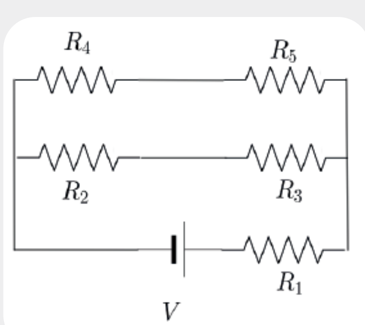
2.

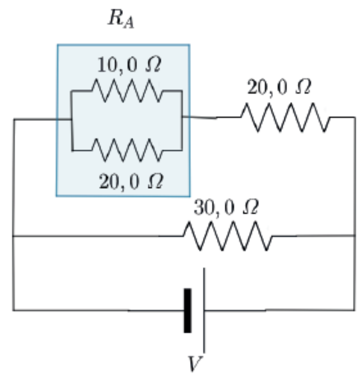


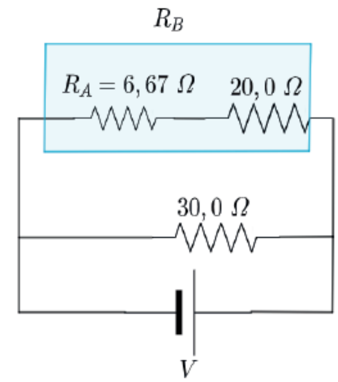
3.



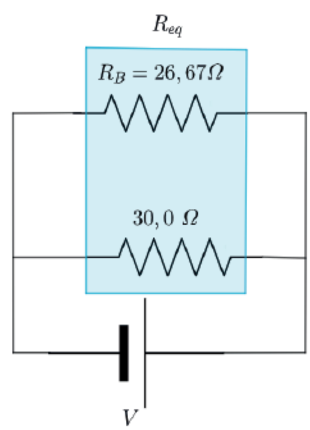
4.

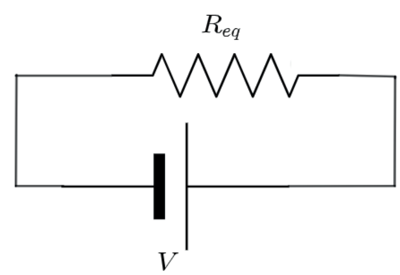






$$R_B = R_A + 20{,}0\ \Omega = 6{,}67\ \Omega + 20{,}0\ \Omega = 26{,}67\ \Omega$$





La resistencia equivalente es:

$$R_{eq} = \left((26{,}67\ \Omega)^{-1} + (30{,}0\ \Omega)^{-1}\right)^{-1} = 14{,}1\ \Omega$$

Ejemplo 10: Encuentre el valor de las resistencias según el código de colores:

a) Rojo, verde, verde, café
b) Negro, naranja, amarillo, gris
c) Morado, azul, verde, dorado

Solución:

Según el código de colores, se copian el valor de la primera cifra significativa, la segunda franja es el valor de la segunda cifra significativa, a continuación la tercera franja es el número de ceros y por último es la tolerancia en porcentaje, los valores son:

a) R=(2 500 000±1%) Ω
b) R=(030 0000,1% Ω
c) R=(7 600 000±5%) Ω

Ejemplo 11: A qué colores corresponden los siguientes valores de resistencias:
a) R=(360 000±1%) Ω. b) R=(7700 000±10%) Ω. c) R=(5020%) Ω.
b)
Solución:

a) Naranja azul amarillo café. b) Morado morado verde plateado. c) Negro verde café rojo

9. Conexiones con el voltímetro y del amperímetro

Es común que el amperímetro y el voltímetro se encuentren en el mismo dispositivo, pero su forma de uso es diferente porque miden distintas magnitudes físicas. A continuación, se detalla la forma de uso de estos instrumentos de medida:

a) El voltímetro

El voltímetro se conecta en paralelo con el dispositivo o una parte del circuito del cual tienes que medir el voltaje.
El voltímetro se conecta en paralelo en un circuito porque:

1. Medición del voltaje, necesita medir la diferencia de potencial entre dos puntos específicos del circuito al conectarlo en paralelo esto se realiza correctamente.
2. Alta resistencia interna, los voltímetros tienen una resistencia interna muy alta para que no pase mucha corriente a través de ellos, evitando así alterar el circuito. Si se conectaran en serie, su alta resistencia podría afectar el flujo de corriente.
3. Precisión, al estar en paralelo, el voltímetro mide el voltaje sin influir en el circuito, asegurando lecturas precisas y fiables.

b) El amperímetro

El amperímetro se conecta en serie al circuito o a una parte del circuito del cual se desea medir la corriente.

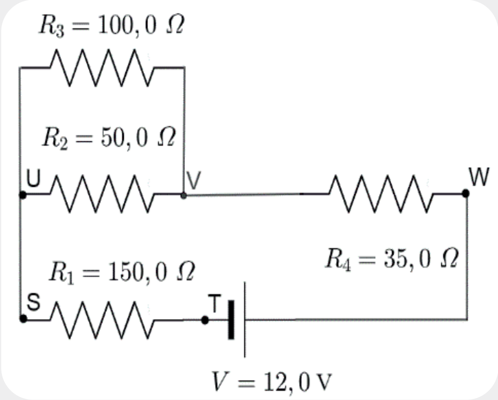
1. Medición de la corriente total, al estar en serie, el amperímetro mide toda la corriente que circula por el circuito.
2. Baja resistencia interna, los amperímetros tienen una resistencia interna muy baja para no interferir con el flujo de corriente. Si se conectaran en paralelo, podrían causar un cortocircuito.
3. Precisión y seguridad, conectarlo en serie asegura una medición precisa y segura de la corriente sin alterar el circuito.

Actividad

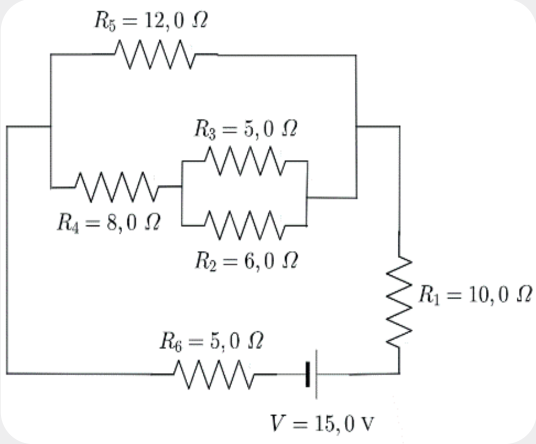
Realizamos las siguientes actividades

En los esquemas de los siguientes circuitos dibujamos la posición donde tendrían que colocarse los instrumentos de medida para medir la cantidad física que se indica.

Circuito 1



Circuito 2



1. El voltaje de la fuente del circuito 1.
2. La corriente total del circuito 1.
3. El voltaje entre los puntos U-V y V-W.
4. La corriente que entra a la resistencia de $50,0\ \Omega$.
5. La corriente total del circuito 2.
6. La corriente que entra a la resistencia de $8,0\ \Omega$.
7. La corriente que entra a la resistencia de $12,0\ \Omega$.
8. El voltaje en los extremos de las resistencias de $10,0\ \Omega$ y de $5,0\ \Omega$.

VALORACIÓN

Reflexionamos sobre nuestra experiencia en circuitos serie y paralelo.

Ley de Ohm en circuitos serie y paralelo

Objetivo
Comprobar de manera práctica las asociaciones en serie y paralelo, además de aplicar y verificar la Ley de Ohm.

Materiales
3 resistencias de $50\ \Omega, 100\ \Omega, 110\ \Omega$, 2 pilas AA, multímetro, cables.

Procedimiento
Las pilas AA se conectan en serie para obtener una diferencia de potencial de $3\ \mathrm{V}$.

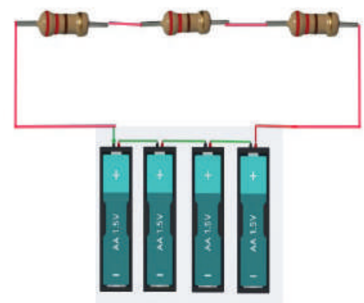
Asociación en Serie

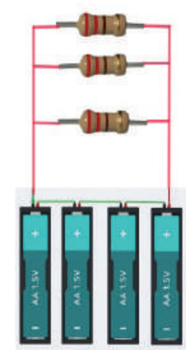
Las resistencias se conectan en serie y se conectan a los extremos de las pilas. Se conecta en paralelo el voltímetro y se mide voltaje de la fuente.

Se mide la corriente total conectando en serie el amperímetro usando la Ley de Ohm $V = IR$ para calcular la resistencia equivalente de todo el circuito. Se miden las diferencias de potencial en los extremos de cada resistencia, la suma de todas tiene que dar el voltaje de la fuente. Se miden las corrientes antes de las resistencias, entre las resistencias y al final de las resistencias, el valor no debe cambiar.

Asociación en Paralelo
Se conectan las resistencias en paralelo. Se conecta en paralelo el voltímetro y se mide voltaje de la fuente. Se mide la corriente total conectando en serie el amperímetro desde la fuente y antes de la primera resistencia. Empleando la Ley de Ohm $V = IR$ se calcula la resistencia equivalente de todo el circuito. Se miden las diferencias de potencial en los extremos de cada resistencia. El valor debe ser el mismo de la fuente. Se miden las corrientes que entran a cada resistencia, la suma de ellas tiene que dar la corriente total.

Resistencias en serie y paralelo





Luego de la experiencia, respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Cómo afectó la conexión en serie de las resistencias al voltaje total y la corriente del circuito?
- Al medir la corriente total en el circuito en paralelo, ¿cómo se distribuyó la corriente entre las distintas resistencias?
- ¿Qué diferencias observaste en la medición de voltajes y corrientes entre las configuraciones en serie y en paralelo?
- ¿Cómo se puede aplicar la Ley de Ohm para calcular la resistencia equivalente en ambos tipos de circuitos?
- ¿Qué desafíos encontraste durante el experimento y cómo los superaste para obtener resultados precisos?

PRODUCCIÓN

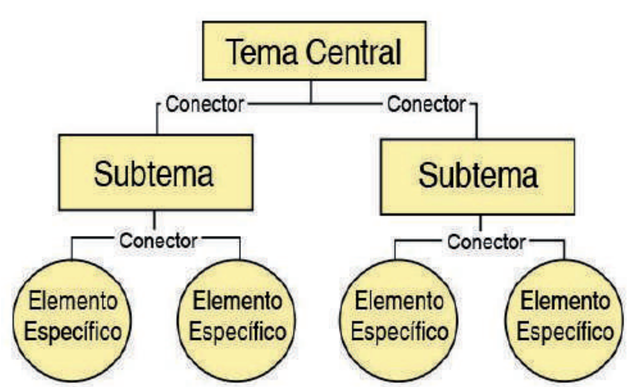
Creamos un mapa conceptual:

Mapa conceptual de circuitos eléctricos

Objetivo
Crear un mapa conceptual que visualice las relaciones entre los conceptos en electrodinámica: Ley de Ohm, Ley de Pouillet, resistividad y asociaciones de resistencias en serie, paralelo y mixtas.
El mapa conceptual debe cubrir los siguientes temas:

Tema central: Circuitos eléctricos

Subtemas: Ley de Ohm. Ley de Pouillet. Resistividad. Asociaciones de resistencias en serie, paralelo y mixtas.



LA ENERGÍA Y POTENCIA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN NUESTRA COMUNIDAD

PRÁCTICA

La ciencia detrás de encender una lámpara

Fuente: https://acortar.link/ZStLWB

Imagina que estás en tu hogar y decides encender una lámpara para leer. La lámpara está conectada a la red eléctrica de tu casa, la cual suministra el voltaje necesario para el funcionamiento de los dispositivos eléctricos de tu vivienda. Al encender la lámpara, una corriente eléctrica comienza a circular por el filamento de la bombilla, lo que provoca que se caliente y emita luz.
En este contexto, la potencia eléctrica es la cantidad de energía que la lámpara consume por unidad de tiempo para mantenerse encendida y proporcionar iluminación. Esta potencia depende principalmente de dos factores: el voltaje de la red eléctrica y la corriente que pasa a través de la lámpara.

En tu casa todos los electrodomésticos tienen se caracterizan por consumir determinada cantidad de energía que se mide en el tiempo lo que se refleja en el consumo mensual de energía eléctrica

Actividad

Respondemos las preguntas:

- ¿Cómo se mide la energía utilizada en tu hogar y cómo se refleja en tu factura de electricidad?
- ¿Qué elementos influyen en la cantidad de potencia eléctrica necesaria en una vivienda?
- ¿Por qué es importante conocer la potencia nominal de los aparatos eléctricos?
- ¿Cómo se puede mejorar la eficiencia energética en una casa?

TEORÍA

1. Efectos que produce la corriente eléctrica

La corriente eléctrica puede producir varios efectos importantes:

- Calor, cuando la corriente pasa por un conductor, genera calor debido a la resistencia del material. Este principio se utiliza en calentadores y planchas.
- Luz, la electricidad puede convertirse en luz, como en focos o bombillas y LEDs, donde la corriente excita los átomos del material, produciendo luz.
- Magnetismo, la corriente eléctrica crea un campo magnético alrededor del conductor, esencial para el funcionamiento de motores, transformadores y electroimanes.
- Reacciones químicas, la electricidad puede inducir reacciones químicas, como en la electrólisis, utilizada para obtener metales y producir cloro.
- Movimiento, la energía eléctrica puede transformarse en energía mecánica, permitiendo que motores y otros dispositivos realicen trabajo físico.
- Efectos en el cuerpo humano, la corriente eléctrica puede afectar al cuerpo humano, causando quemaduras, contracciones musculares y, en casos extremos, fibrilación ventricular.

Estos efectos son fundamentales en muchas aplicaciones tecnológicas y en nuestra vida diaria en dispositivos como calentadores y planchas.

2. Potencia eléctrica

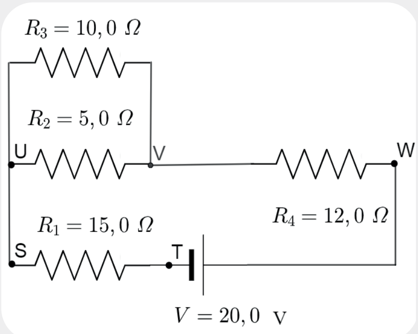
La potencia eléctrica es un concepto esencial en la física y la ingeniería eléctrica. Se refiere a la cantidad de energía eléctrica que se transfiere o consume en un circuito eléctrico por unidad de tiempo. En el Sistema Internacional de Unidades, la potencia eléctrica se mide en vatios (W) .

James Watt (1736-1819)

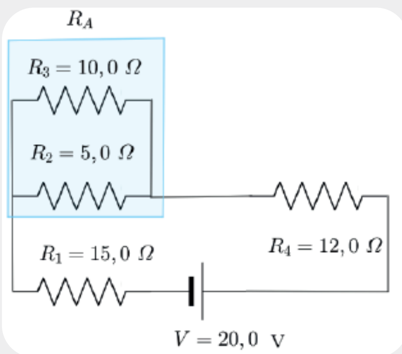
James Watt fue un ingeniero e inventor escocés, famoso principalmente por sus mejoras en la máquina de vapor. Su nombre también está vinculado a la potencia debido a la unidad de medida llamada vatio (W), nombrada en su honor. Aunque Watt no trabajó directamente en el campo de la electricidad, sus importantes contribuciones al desarrollo de la tecnología energética fueron tan destacadas que la unidad de potencia lleva su nombre. El vatio es la unidad de medida de la potencia en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Esta unidad se utiliza para medir la velocidad a la que se realiza trabajo o se transfiere energía en sistemas mecánicos, térmicos o eléctricos.

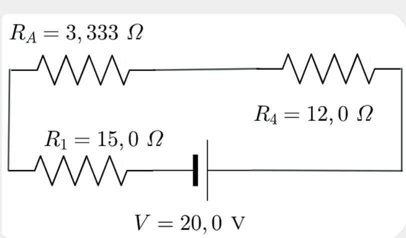
Fuente: https://acortar.link/LjNBq6

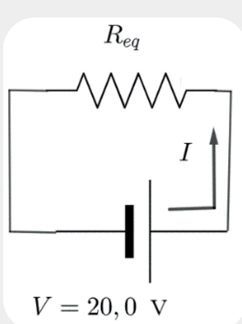
Ejemplo 2



Hallando la resistencia equivalente







Para comprenderlo mejor, piensa en la potencia eléctrica como la “velocidad” a la que se utiliza la energía. Por ejemplo, un foco de 100 W consume 100 julios de energía eléctrica cada segundo que está encendido.

La fórmula básica para calcular la potencia eléctrica es:

$$P = IV$$

La unidad de potencia es el vatio (W):

$$1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{A\ V}$$

Usando la ley de Ohm, se pueden encontrar otras relaciones para hallar la potencia:

$$P = I^2R$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Ejemplo 1: En un circuito eléctrico, la corriente es igual a 2,0 A y la diferencia de potencial de la fem es 12,0 V, encuentra la potencia.

Solución:

Reemplazando valores para hallar la potencia:

$$P = IV = 2{,}0\ \mathrm{A} \cdot 12{,}0\ \mathrm{V} = 24\ \mathrm{W}$$

La potencia es igual a: $P = 24$ W.

Ejemplo 2: a) Calcule la potencia total del circuito del recuadro. b) Encuentre la potencia de la resistencia de 15,0 Ω.

Solución:

a) Para usar la definición de potencia y para encontrar la corriente total se tiene que calcular la resistencia equivalente, calculando la resistencia equivalente parcial.

$$R_A = \left((10{,}0\ \Omega)^{-1} + (5{,}0\ \Omega)^{-1}\right)^{-1}$$

$$R_A = 3{,}33\ \Omega$$

$$R_{eq} = R_A + R_1 + R_4$$

$$R_{eq} = 3{,}33\ \Omega + 15{,}0\ \Omega + 12{,}0\ \Omega = 30{,}3\ \Omega$$

Despejando la corriente de la ley de Ohm.

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{20{,}0\ V}{30{,}3\ \Omega} = 0{,}66\ A$$

La potencia es:

$$P = IV$$

$$P = 0{,}66\ \mathrm{A} \cdot 20{,}0\ \mathrm{V} = 13{,}2\ \mathrm{W}$$

b) La corriente que pasa por la resistencia de 15,0 Ω es la corriente total; por tanto, la potencia que disipa la resistencia se calcula con la relación

$$P_{15} = I^2R = (0{,}66\ A)^2 \cdot 15{,}0\ \Omega$$

$$P_{15} = 6{,}5\ \mathrm{W}$$

La potencia que se disipa en el circuito es igual a: $P = 13{,}2$ W y la potencia que disipa la resistencia de 15,0 Ω es: $P_{15} = 6{,}5$ W.

Ejemplo 3: La factura de energía eléctrica domiciliaria el cobro por consumo de energía eléctrica está medido en kWh. ¿Qué unidades se paga mensualmente por consumo de energía eléctrica?

Solución:

La potencia es la tasa a la que se transfiere o convierte energía a lo largo del tiempo.

$$P = \frac{E}{t}$$

Debido a que en el consumo, las unidades son potencia multiplicada por tiempo, al despejar la energía potencial se tiene:

$$E = Pt$$

Reemplazando las unidades dadas:

$$[E] = \mathrm{kWh}$$

La unidad que se cobra es la energía eléctrica consumida mensualmente.

Ejemplo 4: En una factura de energía eléctrica domiciliaria el monto a pagar es Bs $86{,}58$; si la energía consumida es $110\ \mathrm{kWh}$. ¿Cuánto cuesta $1\ \mathrm{kWh}$?


MES: JUNIO-2023 CATEGORÍA: D2-PD-BT
FECHA DE LECTURA: ANTERIOR: 19-MAY-23 ACTUAL: 19-JUN-23
LECTURA MEDIDOR: ANTERIOR: 7650 ACTUAL: 7760
TIPO LECTURA: Lectura normal
MULTIPLICADOR: 1
Energía consumida en (31) días 110 kWh
Total energía a facturar 110 kWh

DETALLE DE IMPORTES

Importe por energía	Bs	86.58
Importe por consumo	Bs	86.58
Importe total por consumo	Bs	86.58
Importe total por el suministro	Bs	86.58

Tasas para el Gobierno Municipal

Solución:

El factor de conversión es:

$$110\ \mathrm{kWh} = \text{Bs } 86{,}58$$

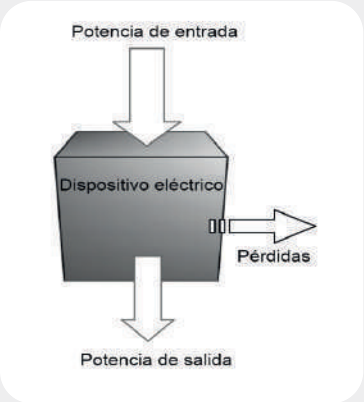
Para $1\ \mathrm{kWh}$, se tiene:

$$1\ \mathrm{kWh} \times \frac{\text{Bs } 86{,}58}{110\ \mathrm{kWh}} = \text{Bs } 0{,}79$$

El consumo de $1\ \mathrm{kWh}$ tiene un costo de Bs $0{,}79$.

Esquema para explicar el rendimiento de un dispositivo eléctrico

La potencia de entrada se reparte entre la potencia de salida que es utilizada por el dispositivo eléctrico y las pérdidas.



Fuente: Elaboración propia

Motor eléctrico

Fuente: https://acortar.link/vCnIcR

3. Rendimiento de la corriente eléctrica

El rendimiento de un dispositivo eléctrico se calcula comparando la potencia de salida con la potencia de entrada. La potencia de salida no coincide con la potencia de entrada debido a las pérdidas de energía que ocurren durante la conversión. Estas pérdidas pueden deberse a varios factores: a) resistencia, la energía se disipa como calor en los conductores y componentes eléctricos. b) Fricción, en motores y generadores, la fricción entre las partes móviles genera pérdidas de energía. c) Pérdidas magnéticas, en transformadores y motores, las pérdidas en el núcleo magnético (como la histéresis y las corrientes parásitas) reducen la eficiencia.

La fórmula general para calcular el rendimiento es:

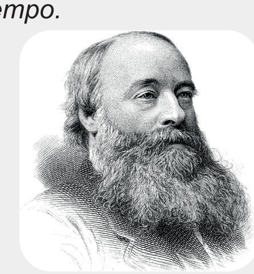
$$\eta = \frac{Potencia\ de\ salida}{Potencia\ de\ entrada}$$

Es una cantidad adimensional, no tiene unidades y es frecuente que se represente en porcentaje:

$$\eta = \frac{Potencia\ de\ salida}{Potencia\ de\ entrada} \times 100\%$$

La potencia eléctrica

La potencia eléctrica fue investigada por varios científicos a lo largo de la historia. Uno de los pioneros en este campo fue James Prescott Joule, quien en 1841 realizó experimentos para encontrar la relación entre la energía y la potencia eléctrica. Joule sumergió cables en agua y midió los incrementos de temperatura al hacer circular diferentes corrientes por los cables durante distintos periodos de tiempo.



Fuente: https://acortar.link/MLmUhD

Efecto Joule

El efecto Joule se aplica en la vida diaria en diversas formas, como:

- *Calefacción eléctrica, sistemas como radiadores y estufas generan calor al pasar corriente por un resistor.*
- *Electrodomésticos, aparatos como tostadoras y hervidores utilizan el efecto Joule para calentar.*
- *Protección de circuitos, fusibles se funden por el calor generado en sobrecargas, interrumpiendo el flujo eléctrico.*
- *Cocción eléctrica, cocinas y hornos calientan alimentos mediante resistencias eléctricas.*
- *Iluminación, focos incandescentes producen luz al calentar un filamento con corriente.*

Fuente: Microsoft Copilot AI, 2024

Ejemplo 5: Un motor eléctrico que consume $200{,}0\ \mathrm{W}$ de potencia eléctrica (potencia de entrada) y produce $180{,}0\ \mathrm{W}$ de potencia mecánica (potencia de salida). Encuentre el rendimiento de este motor.

Solución:

Reemplazando valores en la ecuación del rendimiento:

$$\eta = \frac{Potencia\ de\ salida}{Potencia\ de\ entrada} = \frac{180{,}0\ \mathrm{W}}{200{,}0\ \mathrm{W}} = 0{,}9$$

El rendimiento del motor eléctrico es de 0,9 o multiplicando por 100% es 90%.

4. Ley de Joule

La Ley de Joule o efecto Joule, explica cómo la energía eléctrica se convierte en calor cuando una corriente pasa por un conductor. Esta ley es esencial para entender el calentamiento de los materiales debido a la resistencia eléctrica. La fórmula de la Ley de Joule es:

$$Q = I^2Rt$$

donde:
Q es el calor generado (en julios).
I es la corriente eléctrica (en amperios).
R es la resistencia del conductor (en ohmios).
t es el tiempo durante el cual la corriente pasa a través del conductor (en segundos).

En términos simples, la Ley de Joule nos dice que el calor producido en un conductor es proporcional al cuadrado de la corriente que pasa por él, a la resistencia del conductor y al tiempo durante el cual la corriente fluye.
Esta ley tiene muchas aplicaciones prácticas, como en el diseño de fusibles, calentadores eléctricos y en la gestión del calor en dispositivos electrónicos.

Ejemplo 6: Un motor eléctrico con una resistencia de $10{,}0\ \Omega$ está conectado a una fuente de $120{,}0\ \mathrm{V}$. Si el motor opera durante $5{,}0$ minutos, ¿cuánta energía en forma de calor se produce?

Solución:

Los datos del problema son: R=$10{,}0\ \Omega$; V=$120{,}0\ \mathrm{V}$; t=$5{,}0\ \mathrm{min}$.
Convertimos el tiempo a segundos:

$$5{,}0\ \mathrm{min} \times \frac{60\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{min}} = 300\ \mathrm{s}$$

Calculamos la corriente usando la Ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120{,}0\ \mathrm{V}}{10{,}0\ \Omega} = 12\ \mathrm{A}$$

Aplicamos la Ley de Joule:

$$Q = I^2Rt = (12\ \mathrm{A})^2 \cdot 10{,}0\ \Omega \cdot 300\ \mathrm{s}$$

$$Q = 432\ 000\ J = 432\ \mathrm{kJ}$$

La cantidad de energía que se transforma en calor es: $Q = 432\ \mathrm{kJ}$.

Ejemplo 7: Un calentador eléctrico con una resistencia de $10{,}0\ \Omega$ está conectado a una fuente de $220{,}0\ \mathrm{V}$. Si se generan $8{,}90\ \mathrm{MJ}$ de calor, ¿cuánto tiempo ha estado funcionando el calentador.

Solución:
Calculamos la corriente usando la Ley de Ohm:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{220{,}0\ \mathrm{V}}{10{,}0\ \Omega}=22\ \mathrm{A}$$

Despejando el tiempo de la Ley de Joule y reemplazando valores:

$$t=\frac{Q}{I^2R}=\frac{8{,}90\times 10^6\,\mathrm{J}}{(22\ \mathrm{A})^2\cdot 10{,}0\ \Omega}=1838{,}8\ \mathrm{s}$$

Actividad

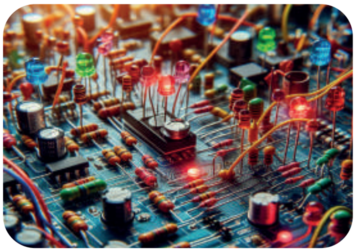
Resolvemos los siguientes problemas

1. Una lámpara eléctrica consume $60{,}0\ \mathrm{W}$ de potencia y está conectada a una fuente de $20{,}0\ \mathrm{V}$. ¿Cuánta corriente fluye a través de ella?
2. Un motor eléctrico tiene una eficiencia del 85% y una potencia de entrada de $1500\ \mathrm{W}$. ¿Cuál es la potencia de salida del motor?

VALORACIÓN

Reflexionamos sobre la importancia del efecto Joule en dispositivos eléctricos.

Importancia del efecto Joule



Fuente: Microsoft Copilot. (2024)

El efecto Joule explica cómo la energía eléctrica se convierte en calor al pasar una corriente por un conductor.
Es útil en calentadores y planchas pero un problema en cables de transmisión.

En diseño de circuitos, es crucial manejar la disipación de calor para evitar sobrecalentamientos y fallos, usando componentes como disipadores de calor y ventiladores en computadoras.

Respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Cómo afecta el efecto Joule la eficiencia de los sistemas eléctricos y electrónicos en nuestra vida cotidiana?
- ¿Qué estrategias se pueden implementar en el diseño de circuitos para mitigar los efectos negativos del efecto Joule?
- ¿De qué manera el efecto Joule influye en el desarrollo de nuevas tecnologías de calefacción y enfriamiento?

PRODUCCIÓN

Obtenemos datos específicos de temperatura en una resistencia.

Efecto Joule en una resistencia

Fuente: Microsoft Copilot. (2024)

Objetivo

Observar cómo la corriente eléctrica produce calor en una resistencia y medir el efecto Joule.

Materiales

6 baterías AA, portapilas para 6 baterías, resistencia de $18\ \Omega$ y $5\ \mathrm{W}$ (tipo alambre bobinado para generar calor), cables de conexión, multímetro, 1 termómetro cuyo rango sea de $0\,°\mathrm{C}$ a $100\,°\mathrm{C}$.

Procedimiento

Se conectan las baterías en serie en el portapilas para obtener $9\ \mathrm{V}$.

A continuación, se conecta la resistencia de $18\ \Omega$ al circuito y se mide la corriente con el multímetro para constatar que el valor sea aproximadamente $0{,}5\ \mathrm{A}$.

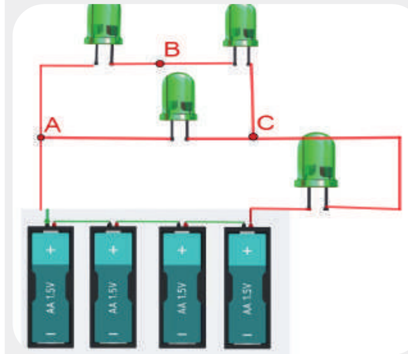
Medir la temperatura de la resistencia antes de conectar el circuito.

Se observa el calentamiento de la resistencia debido al efecto Joule midiendo la temperatura con el termómetro después de conectar el circuito.

CIRCUITOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA PARA EL AVANCE TECNOLÓGICO

PRÁCTICA

Introducción a las leyes de Kirchhoff con LEDs y baterías AA



Objetivo
Verificar la suma de corrientes en un nodo y la suma de diferencias de potencial en una malla utilizando un circuito de asociación de resistencias mixto.

Materiales
6 pilas AA ($1{,}5\ \mathrm{V}$ cada una), 4 LEDs, 4 resistencias de $350\ \Omega$, 1 Protoboard o placa de pruebas, cables de conexión, 1 multímetro.

Procedimiento
Armar el circuito que se encuentra en el recuadro, es un circuito mixto. Medir la corriente desde la fuente al punto A y desde el punto A hacia los LEDs. Medir las caídas de tensión entre los puntos AB, BC y CA.

Actividad

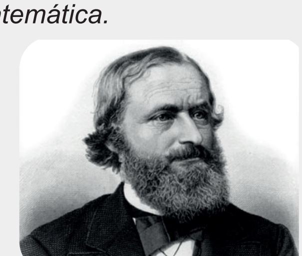
Respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Qué es un nodo?
- ¿Qué es una malla?
- ¿Qué pasa con las corrientes en un nodo?
- ¿Qué pasa con la suma de las diferencias de potencial en una malla?

TEORÍA

Gustav Robert Kirchhoff

Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) fue un físico alemán conocido por sus contribuciones a la física y la ingeniería eléctrica. Formuló las Leyes de Kirchhoff en 1845, fundamentales para el análisis de circuitos eléctricos. Trabajó en espectroscopia junto a Bunsen, descubriendo los elementos cesio y rubidio. También hizo importantes aportes a la teoría de la radiación térmica. Fue profesor en varias universidades, incluyendo Heidelberg y Berlín y publicó obras significativas en física matemática.



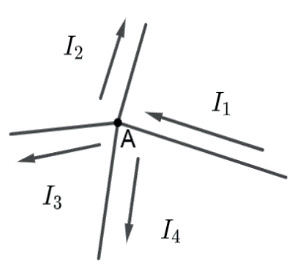
Fuente: biografíasyvidas

1. Introducción

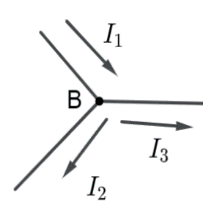
Cuando los circuitos son muy complejos y las resistencias no se pueden agrupar en serie o paralelo, una de las herramientas para resolver el circuito es utilizar las leyes de Kirchhoff. Para utilizarlas se debe comprender los conceptos de nodo y malla.

2. Nodo o unión

En un circuito dado el nodo o unión es un punto en donde la corriente se divide como se observa en la figuras a) y b) en los puntos A y B. Además, se observa que hay corrientes que entran al nodo y otras que salen.



a)

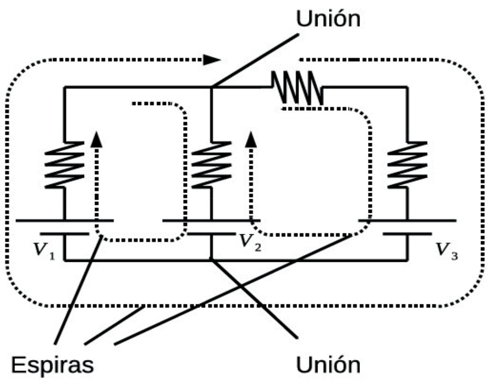


b)

3. Malla o espira

La malla o espira es un camino cerrado por donde va la corriente.

En la figura se observa un circuito con los nodos y las espiras que nos servirán para describir las leyes de Kirchhoff.



4. Leyes de Kirchhoff

4.1 Primera ley de Kirchhoff

Esta ley afirma que, en cualquier punto de unión o nodo, la suma algebraica de las corrientes que entran al nodo debe ser cero o también la suma de las corrientes que entran al nodo debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen del nodo. Esto es, cualquier carga que entre debe salir.

$$\sum I_i = 0$$

$$\sum I_{entran} = \sum I_{salen}$$

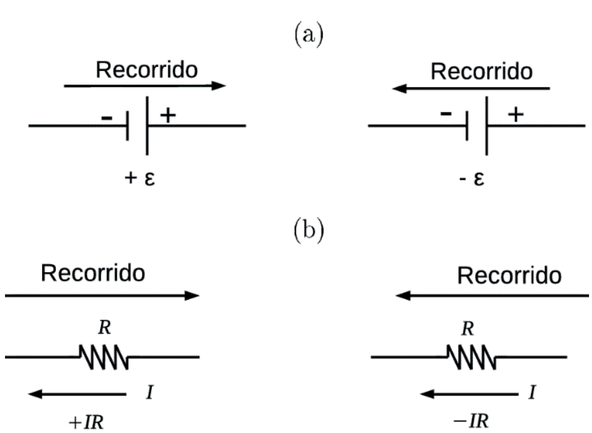
4.2 Segunda ley de Kirchhoff

La segunda ley de Kirchhoff o regla de las espiras se basa en la conservación de la energía y establece que la suma de las diferencias en el potencial alrededor de cualquier trayectoria cerrada de un circuito debe ser cero.

$$\sum V = 0$$

Para aplicar esta segunda ley de Kirchhoff se tiene que establecer la convención de signos para las diferencias de potencial de las fem y para las resistencias de la siguiente manera.

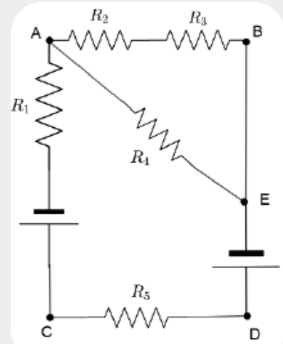
- Se debe designar un recorrido y de acuerdo a él se obtiene que el valor de la fem es positivo si el recorrido va de menos a más y la fem es negativa si va de más a menos. Como se observa en la figura inciso a).
- Si el sentido del recorrido y el de la corriente son contrarios, el producto IR es positivo. Si el sentido del recorrido y el de la corriente son iguales el producto IR es negativo. Ver inciso b).



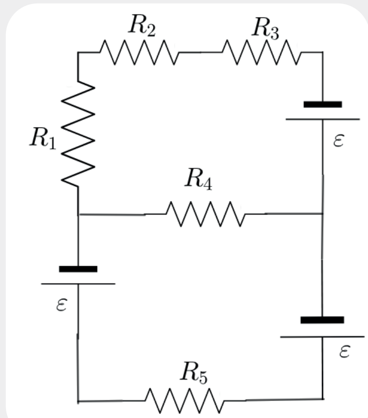
Fuente: M. Orellana

Resolvemos los siguientes circuitos

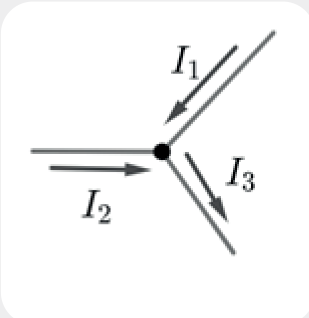
Encontramos los nodos en el siguiente circuito.



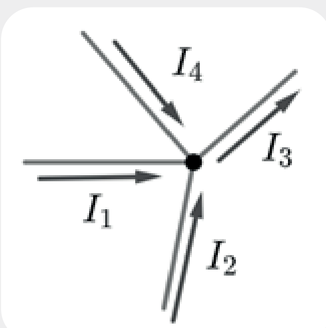
Definimos el recorrido en las mallas del siguiente circuito.



Ejemplo 1



Ejemplo 2



Recomendaciones

Para resolver circuitos usando las leyes de Kirchhoff se tiene que tomar en cuenta los siguiente:
El recorrido puede tener cualquier sentido, pero en todas las mallas tiene que ser el mismo.
Si los valores obtenidos salen negativos, eso indica que las polaridades son contrarias en el caso de las fuentes y en el caso de las corrientes tenían sentido contrario pero el valor numérico es correcto.

Ejemplo 1: A partir del gráfico en el recuadro, encontrar la corriente de salida si las corrientes de entrada son iguales a II_1= 2,0 A; I_2 = 3,0 A.

Solución:

Por la primera ley de Kirchhoff, la suma de corrientes de entrada es igual a la suma de corrientes de salida.

$$\sum I_e = \sum I_s$$

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$2{,}0\ \mathrm{A} + 3{,}0\ \mathrm{A} = I_3$$

$$I_3 = 5\ \mathrm{A}$$

La corriente de salida es igual a: I_3 = 5 A .

Ejemplo 2: A partir del gráfico del recuadro, encontrar el valor de la corriente I_4. Si I_1 = 5,0 A; I_2=4,0 A; I_3=2,0 A.

Solución:

Las corrientes de entrada son I_1, I_2, I_4 y la corriente que sale es la I_3.

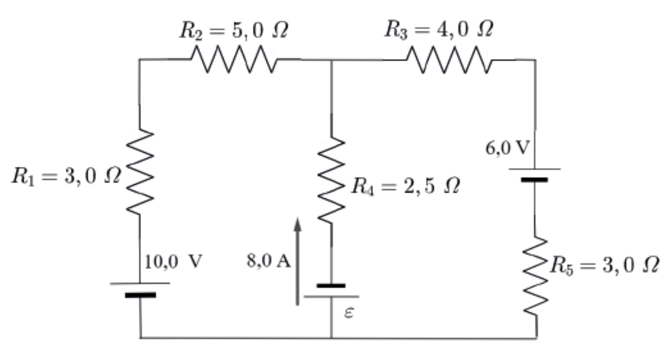
$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3$$

$$I_4 = I_3 - I_1 - I_2$$

$$I_4 = 2{,}0\ \mathrm{A} - 5{,}0\ \mathrm{A} - 4{,}0 = -7\ \mathrm{A}$$

La corriente de salida es igual a: I_3 = 5 A .

Ejemplo 3: Encuentre el valor de la fem ε y las corrientes que pasan por cada resistencia del siguiente circuito:



Solución:

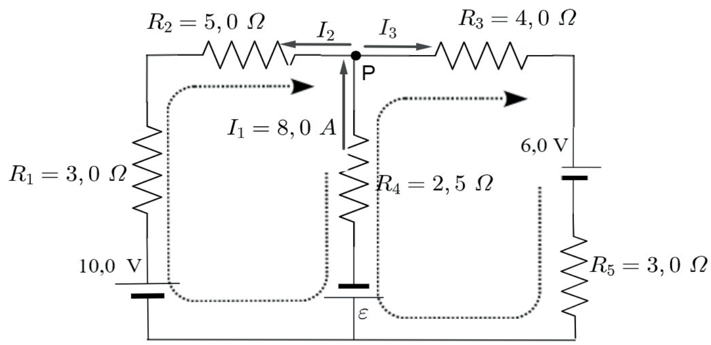
Para utilizar las leyes de Kirchhoff, se tienen que establecer las direcciones de las corrientes en los nodos y el recorrido como se observa en la figura. Por la primera ley de Kirchhoff en el nodo P:

$$8{,}0\ A = I_2 + I_3$$

Observando la siguiente figura, aplicamos la segunda ley a la espira de la izquierda:

$$8{,}0\ \mathrm{A} \cdot 2{,}5\ \Omega + \varepsilon + 10{,}0\ \mathrm{V} + I_2 \cdot 3\ \Omega + I_2 \cdot 5\ \Omega = 0$$

$$-6{,}0\ \mathrm{V} - I_3 \cdot 3{,}0\ \Omega - \varepsilon - 8{,}0\ \mathrm{A} \cdot 2{,}5\ \Omega - I_3 \cdot 4{,}0\ \Omega = 0$$



El sistema de ecuaciones con tres incógnitas queda así:

$$I_2 + I_3 = 8{,}0\ \mathrm{A} \qquad (1)$$

$$\varepsilon + (8\ \Omega)I_2 = -30\ \mathrm{V} \quad (2)$$

$$-\varepsilon - (7\ \Omega)I_3 = 26\ \mathrm{V} \quad (3)$$

Sumando (2) y (3) y despejando I_2 de (1): $I_2 = 8{,}0\ \mathrm{A} - I_3$

$$(8\ \Omega)I_2 - (7\ \Omega)I_3 = -4\ \mathrm{V}$$

$$I_2 - (7\ \Omega)I_3 - 8{,}0\ \Omega\ (8{,}0\ \mathrm{A} - 1) = -4\ \mathrm{V}$$

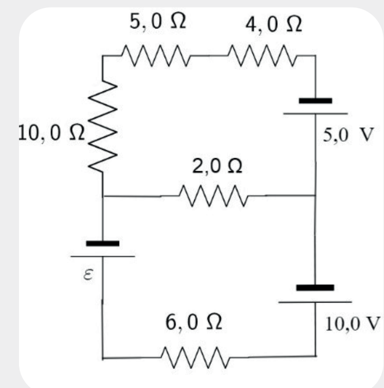
$$I_3 = 4{,}53\ \mathrm{A}$$

Reemplazando valores en las otras ecuaciones se encuentra que:

$$\varepsilon = -57{,}71\ \mathrm{V};\ I_2 = 3{,}47\ \mathrm{A}$$

Resolvemos el siguiente circuito

Calculemos el valor de la fem y las corrientes que pasan por cada resistencia



VALORACIÓN

Reflexionamos sobre la importancia de las leyes de Kirchhoff en aplicaciones cotidianas.

Aplicación de las Leyes de Kirchhoff en un edificio

Las leyes de Kirchhoff se usan para garantizar la eficiencia y seguridad en la distribución de energía. La Ley de Corrientes de Kirchhoff (KCL) asegura que la suma de las corrientes que entran y salen del panel de distribución es igual, evitando pérdidas o acumulación de corriente. La Ley de Voltajes de Kirchhoff (KVL) garantiza que cada circuito cerrado en el edificio tenga una suma de voltajes igual a cero, asegurando que todos los dispositivos reciban el voltaje adecuado y evitando caídas de voltaje inesperadas. Estas aplicaciones aseguran una distribución equilibrada de energía y estabilidad de voltaje, cruciales para el diseño seguro y eficiente de sistemas eléctricos.

Respondemos las siguientes preguntas:

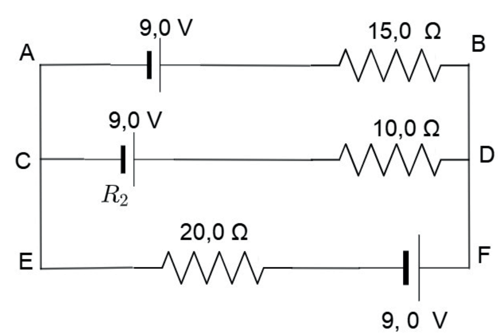
- ¿Cómo contribuyen las leyes de Kirchhoff a la eficiencia energética en la distribución de energía dentro de un edificio?
- ¿Por qué es fundamental que la suma de las corrientes que entran y salen del panel de distribución sea igual, según la Ley de Corrientes de Kirchhoff (KCL)?
- ¿Qué consecuencias podrían surgir si no se aplica correctamente la Ley de Voltajes de Kirchhoff (KVL) en los circuitos cerrados de un edificio?

PRODUCCIÓN

Armamos un circuito aplicando las leyes de Kirchhoff.

Circuito aplicando las leyes de Kirchhoff

Armamos el circuito que está en el recuadro y usando el amperímetro y voltímetro medimos las corrientes en cada rama y las diferencias de potencial en los puntos AB, AC. Conectamos en serie una resistencia de $20\ \Omega$ y una batería de $9\ \mathrm{V}$ y adicionamos al primer circuito.



FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE CAMPO MAGNÉTICO Y ELECTROMAGNETISMO EN LA NATURALEZA

PRÁCTICA

Exploración del Campo Magnético de un Imán

Objetivo
Observar y dibujar las líneas de campo magnético de un imán y verificar los polos con una brújula.

Materiales
Imán de barra, 1 hoja de papel, 1 lápiz o marcador, limaduras de hierro, 1 brújula.

Procedimiento
Coloca el imán en el centro de la hoja de papel. Dibuja las líneas de campo. Usa limaduras de hierro o una brújula para trazar las líneas de campo magnético. Las líneas deben salir del polo norte y curvarse hacia el polo sur del imán.
Verifica con la brújula, coloca la brújula cerca del imán para identificar los polos. Marca los polos norte y sur en el papel.

La aguja de la brújula se mueve en dirección del campo magnético del imán.

Fuente: https://acortar.link/AbTFSh

Actividad

Una vez realizada la experiencia, respondemos las siguientes preguntas:

- Describe cómo se formaron las líneas de campo magnético alrededor del imán. ¿Observaste alguna diferencia en la densidad de las líneas cerca de los polos?
- ¿Qué sucedió cuando colocaste la brújula cerca del imán? ¿Cómo se alineó la aguja de la brújula con respecto a los polos del imán?
- ¿Cómo pudiste identificar los polos norte y sur del imán utilizando la brújula?
- Dibuja las líneas de campo magnético que observaste. ¿Cómo es la forma general de estas líneas y qué dirección siguen?
- ¿Qué aprendiste sobre la naturaleza del campo magnético y la orientación de los polos magnéticos a partir de esta actividad?

TEORÍA

¿Desde cuando se conoce el magnetismo?

El magnetismo se conoce desde la antigüedad. Filósofos griegos descubrieron que minerales como la magnetita podían atraer hierro. La brújula, desarrollada en China en el siglo II a.C., es el uso más famoso de los imanes en tiempos antiguos.

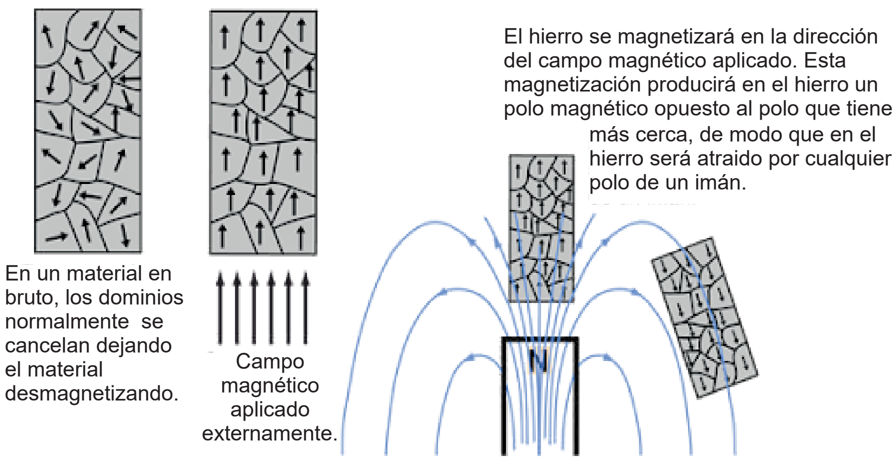
Fuente: https://acortar.link/96Y5VF

1. Campos magnéticos producidos por materiales ferromagnéticos

Dentro de los materiales, se presentan pequeños vectores denominados momentos magnéticos que tienen una dirección definida y apuntan del sur al norte. Estos momentos magnéticos son responsables del comportamiento magnético del material y pueden alinearse en presencia de un campo magnético externo, produciendo un campo magnético que se puede apreciar.

Los dominios magnéticos son pequeñas regiones dentro de un material magnético en las que los momentos magnéticos de los átomos están alineados en la misma dirección. En cada dominio, las fuerzas magnéticas de los átomos individuales se suman, formando una región con un campo magnético fuerte y coherente.

Aún materiales como el vidrio, el plástico y los ladrillos tienen estos momentos magnéticos, pero no están alineados y se cancelan produciendo un efecto nulo en presencia de un campo magnético.
Los materiales que producen campos magnéticos pueden clasificarse en varios tipos según su capacidad para magnetizarse y su comportamiento en presencia de un campo magnético.



La susceptibilidad magnética, es una medida de cuánto se magnetiza un material en respuesta a un campo magnético externo. Indica la facilidad con la que los momentos magnéticos dentro del material se alinean con el campo aplicado.

- **Materiales ferromagnéticos**

Estos materiales pueden magnetizarse fuertemente debido a la alineación de sus dominios magnéticos. Ejemplos incluyen hierro, níquel y cobalto. Tienen una alta susceptibilidad magnética y pueden retener magnetización.

- **Materiales paramagnéticos**

Se magnetizan débilmente en la dirección del campo magnético aplicado y no retienen magnetización una vez que el campo se retira. Ejemplos incluyen aluminio y platino. Tienen una susceptibilidad magnética positiva pequeña.

- **Materiales diamagnéticos**

Generan un campo magnético en oposición al campo aplicado, causando una débil repulsión. Ejemplos son el cobre y el oro. Tienen una susceptibilidad magnética negativa y no se magnetizan permanentemente.

- **Materiales antiferromagnéticos**

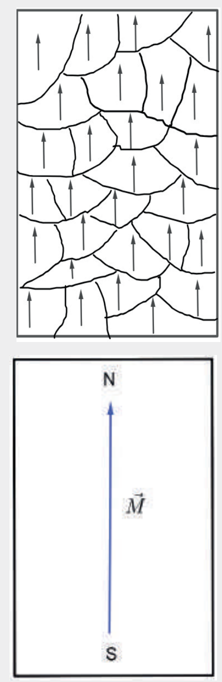
Tienen momentos magnéticos opuestos que se alinean de manera que se cancelan mutuamente. Ejemplos incluyen óxido de hierro y óxido de níquel. No producen magnetización neta.

- **Materiales ferrimagnéticos**

Sus momentos magnéticos opuestos no son iguales, resultando en una magnetización neta. Ejemplos son la magnetita y las ferritas. Tienen una magnetización neta significativa y se usan en varias aplicaciones tecnológicas.
Cada tipo de material magnético tiene aplicaciones específicas, desde imanes permanentes en ferromagnéticos hasta dispositivos de almacenamiento de datos en ferrimagnéticos. Estos materiales son fundamentales en muchas tecnologías y procesos industriales.

El momento magnético también se denomina momento dipolar magnético es un vector que mide la capacidad de un imán de generar un campo magnético alrededor de él. Para visualizar se considera como un vector resultante de todos los dominios que conforman un imán.

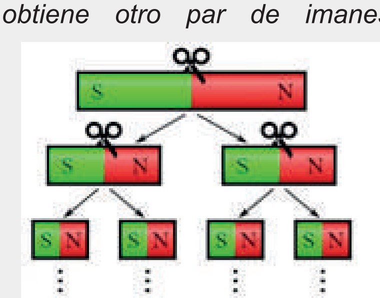
Las unidades del momento magnético son $\mathrm{J/T}$ *o también* $\mathrm{A \cdot m}$.



Fuente: elaboración propia

Los polos magnéticos no se pueden aislar

Debido a la presencia de los momentos magnéticos no se pueden aislar los polos de un imán porque cada vez que se parte en dos un imán se obtiene otro par de imanes.



Fuente: https://acortar.link/uElimN

2. Imanes naturales y artificiales

Un imán es un objeto capaz de crear un campo magnético, que atrae o repele materiales magnéticos como el hierro. Existen imanes naturales y artificiales como los electroimanes e imanes permanentes hechos de materiales como el acero y aleaciones de níquel y cobalto. Los imanes presentan dos polos un norte y el otro sur.

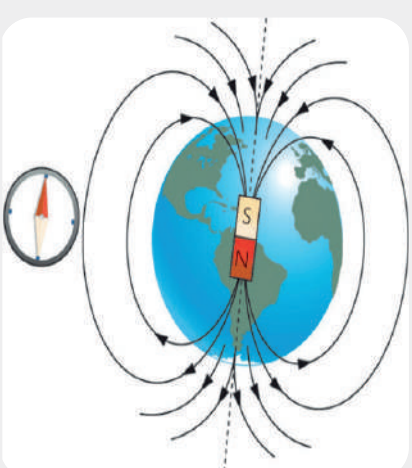
El campo magnético de la Tierra

El campo magnético terrestre es un fenómeno fascinante que protege nuestro planeta y facilita la navegación. Es generado por los movimientos de hierro fundido o el núcleo externo de la Tierra actuando como un enorme imán con polos magnéticos cerca de los polos geográficos

El campo magnético terrestre posee dos polos magnéticos, norte y sur, que no coinciden exactamente con los polos geográficos y se desplazan con el tiempo.

Las funciones del campo magnético terrestre son:

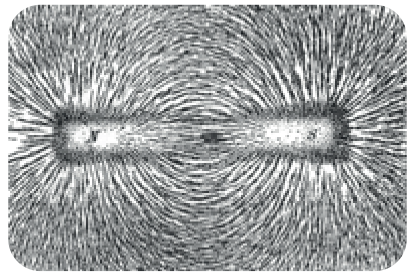
- *Protección contra el Viento Solar, actúa como un escudo, desviando partículas cargadas del viento solar.*
- *Las auroras boreales y australes son generadas por el campo magnético.*
- *Navegación, desde tiempos antiguos, el campo magnético ha sido esencial para la navegación, facilitada por la invención de la brújula.*
- *Importancia en nuestra vida*
- *Protección, sin el campo magnético, la Tierra sería mucho más vulnerable a la radiación cósmica y al viento solar.*
- *Tecnología, el estudio del campo magnético terrestre es crucial, como los sistemas de navegación y los satélites*



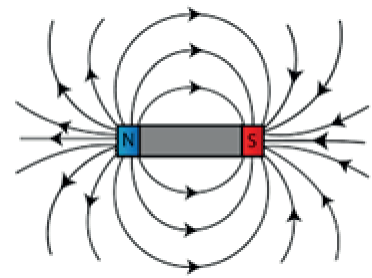
Fuente: https://acortar.link/96Y5VF

3. Campo y fuerzas magnéticas

Las líneas de campo de un imán es posible visualizarlas si se le acercan limaduras de hierro, estas se alinean en dirección del campo magnético.



Fuente: https://acortar.link/6HOkwC



Fuente: https://www.buscador.com/campo-magnetico

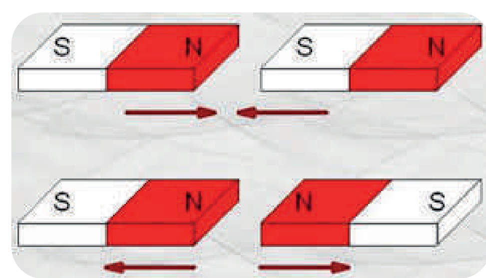
Por convención, las líneas de campo salen del polo norte e ingresan al polo sur.

Las leyes que rigen el comportamiento de los imanes fueron formuladas a partir de la observación de cómo interactúan los imanes entre sí y con otros materiales magnéticos.

3.1 Fuerza entre dos imanes

Es frecuente considerar a los momentos magnéticos como masas magnéticas para describir las interacciones entre imanes. Al ser un vector el momento magnético, para las interacciones entre imanes se utilizan los módulos de los momentos magnéticos.

La fuerza entre dos imanes se describe por medio de las leyes de los polos y el cálculo numérico con una ley similar a la ley de Coulomb. Estas leyes son:



Fuente: https://www.bing.com/images/blob?bcid=TpKE-ck9i1uYHHp8PFJ48J9h0RgqE.....wM

- Ley de los polos, polos opuestos se atraen y polos iguales se repelen.
- Ley de Coulomb para el magnetismo. Esta ley establece que la fuerza entre dos polos magnéticos es directamente proporcional al producto de las magnitudes de los polos y inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos.

$$\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M_1 M_2}{r^2}\hat{e}_r$$

En módulo:

$$\vec{F} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

Donde, M_1 y M_2 son las masas magnéticas de cada imán cuyas unidades en el Sistema Internacional de unidades son: $(\mathrm{A} \cdot \mathrm{m})$. μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío, r es la distancia de separación entre los imanes.

La permeabilidad magnética del vacío es igual a:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\frac{\mathrm{T}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{A}} = 4\pi \times 10^{-7}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}^2}$$

Ejemplo 1: Dos imanes se encuentran separados $10{,}0\ \mathrm{cm}$, si las masas magnéticas de los imanes son iguales a: $1200\ \mathrm{A\cdot m}$ y $1500\ \mathrm{A\cdot m}$ ¿Cuál es la fuerza entre estos imanes? a) Si los polos son iguales y b) si los polos son opuestos.

Solución:

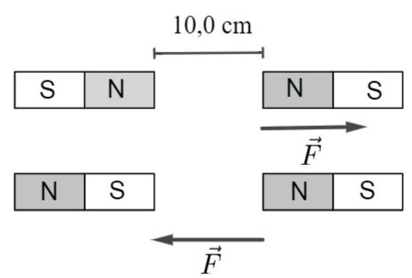
Los datos del problema son: $r = 10{,}0\ \mathrm{cm} = 0{,}10\ \mathrm{m};\ M_1 = 1200\ \mathrm{A\cdot m};$ $M_2 = 1500\ \mathrm{A\cdot m};\ \vec{F} = ?$

El módulo de la fuerza entre los dos imanes se encuentra reemplazando valores:

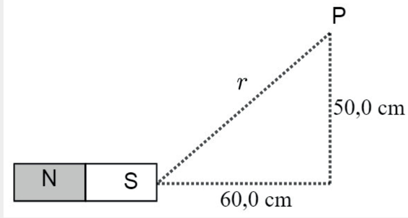
$$F = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M_1 M_2}{r^2} F = \frac{4\pi\times 10^{-7}}{4\pi}\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}^2}\cdot\frac{1200\ \mathrm{A\cdot m}\cdot 1500\ \mathrm{A\cdot m}}{(0{,}10\ \mathrm{m})^2} = 18\ \mathrm{N}$$

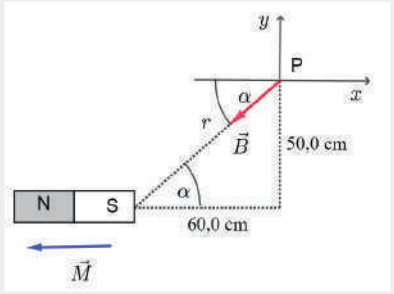
Para la dirección y el sentido supondremos que la fuerza se ejerce sobre el imán de la derecha como se observa en la figura.Entonces, para el inciso a) a fuerza entre los imanes es igual a $18\ \mathrm{N}$, a la derecha y para el inciso b) la fuerza entre los imanes es igual a $18\ \mathrm{N}$ a izquierda.

Ejemplo 1



Ejemplo 2





Fuente: eelaboración propia

3.2 Campo magnético producido por un imán

El campo magnético debido a un imán está dado por:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M}{r^2}\hat{e}_r$$

El módulo del campo magnético es:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M}{r^2}$$

Donde, M es la masa magnética del vacío, μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío y r es la distancia donde se desea calcular el valor del campo magnético producido por el imán. La unidad del campo magnético en el Sistema Internacional de unidades es el tesla (T) que es igual a:

$$1\ \mathrm{T} = \frac{\mathrm{N}}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\cdot\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m\cdot A}}$$

Ejemplo 2: Un imán se encuentra en la posición de la figura y tiene una masa magnética de 1400 A·m . Encuentre el campo magnético en módulo, dirección y sentido en el punto P.

Solución:

Los datos del problema son:

$$M = 1400\ \mathrm{A\cdot m};\ \vec{B} = ?$$

Para calcular el módulo del campo magnético generado por el imán, antes encontramos la distancia desde el imán hasta el punto P

$$r = \sqrt{(0{,}50\ \mathrm{m})^2 + (0{,}60\ \mathrm{m})^2} = 0{,}78\ \mathrm{m}$$

El módulo del campo magnético es:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{M}{r^2}$$

$$B = \frac{4\pi\times 10^{-7}}{4\pi}\frac{\mathrm{T\cdot m}}{\mathrm{A}}\cdot\frac{1400\ \mathrm{A\cdot m}}{(0{,}78\ \mathrm{m})^2} = 2{,}3\times 10^{-4}\mathrm{T}$$

La dirección se encuentra sobre la recta que une el punto P y el imán, además el sentido se obtiene siguiendo el del momento dipolar magnético que es de sur a norte en el imán, como se observa en el gráfico.
La dirección se encuentra calculando el ángulo α respecto al eje horizontal tomando en cuenta las distancias en el triángulo rectángulo.

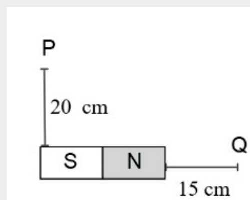
$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{50{,}0\ \text{cm}}{60{,}0\ \text{cm}}\right) = 39{,}8°$$

El campo magnético es igual a: $2{,}3 \times 10^{-4}$ T y una dirección respecto de la horizontal de: $\alpha = 39{,}8°$.

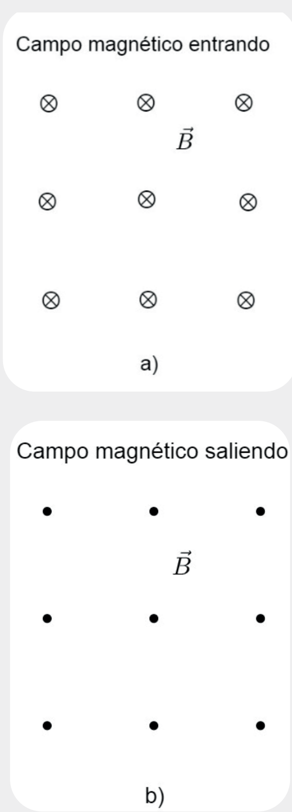
Actividad

Resolvemos las siguientes problemas:

1. Dos imanes están frente a frente y con polos opuestos separados una distancia de 25,0 cm . ¿Cuál es la fuerza de atracción entre ellos? $M_1 = 1500\ \text{A} \cdot \text{m}$, $M_2 = 1200\ \text{A} \cdot \text{m}$.
2. Dos imanes de masas magnéticas $M_1 = 800\ \text{A} \cdot \text{m}$, $M_2 = 1000\ \text{A} \cdot \text{m}$ con polos iguales sienten una fuerza de repulsión igual a 6,0 N. ¿Cuál es la distancia de separación entre los imanes?
3. Un imán con masa magnética de M=1000 A·m se encuentra en la posición de la figura, ¿Cuál será el campo magnético en los puntos P y Q?



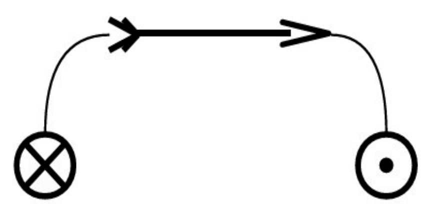
Representación del vector de campo magnético



Fuente: elaboración propia

4. Convención para representar el vector del campo magnético

Debido a que las fuerzas magnéticas y el campo magnético se representan con vectores tridimensionales, se utiliza la siguiente convención para representar estos vectores.



5. Fuerza de un campo magnético sobre una carga

Una carga puntual q se mueve con una velocidad $\vec{v}$ dentro de un campo magnético $\vec{B}$, la fuerza que el campo magnético ejerce sobre la carga está dada por:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Cuyo módulo está dado por:

$$F = |qvB\ \text{sen}\,\phi|$$

Donde ϕ es el ángulo que forman la velocidad de la carga y el campo magnético.

Si la velocidad y el campo magnético son perpendiculares, entonces el ángulo $\phi = 90°$, el módulo de la fuerza es igual a:

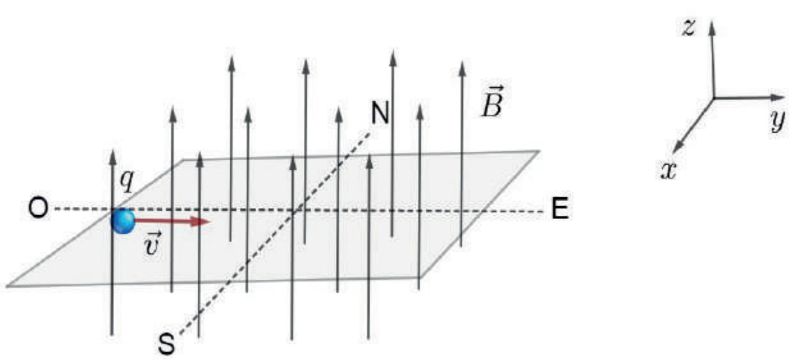
$$F = qvB$$

Que es el valor máximo que tendrá la fuerza que ejerce el campo magnético sobre la carga.

Debemos observar también que si la velocidad de la carga y el campo magnético tienen la misma dirección, es decir: $\phi = 0$, la fuerza sobre la carga es cero.

Dado que es un producto vectorial, se puede usar la regla de la mano derecha, una herramienta que ayuda a determinar la dirección del producto vectorial, como se muestra en el recuadro.

Ejemplo 3. Una carga positiva de $2{,}0\ \mathrm{mC}$ se mueve hacia el este con una velocidad de $3{,}0\ \mathrm{m/s}$, dentro de un campo magnético vertical de $0{,}5\ \mathrm{T}$ que apunta hacia arriba. ¿Cuál es la fuerza que ejerce el campo magnético sobre la carga? Observa la imagen para visualizar el problema.



Solución

Según la imagen el ángulo que forman el campo magnético y la velocidad es 90°, usando el sistema tridimensional del gráfico, los datos son:

$$q = 2{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{C};\ \vec{v} = 3{,}0\hat{\jmath}\ \mathrm{m/s};\ \vec{B} = 0{,}5\hat{k}\ \mathrm{T};\ \vec{F} = ?$$

$$\vec{F} = 2{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{C} \begin{vmatrix} \hat{\imath} & \hat{\jmath} & \hat{k} \\ 0 & 3{,}0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}5 \end{vmatrix}\ \mathrm{T \cdot m/s}$$

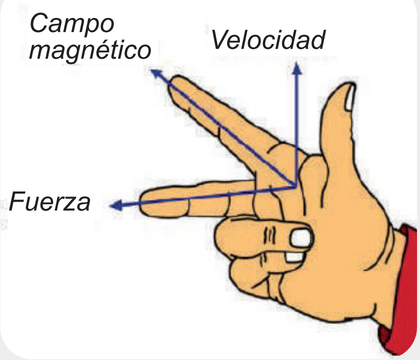
$$\vec{F} = 2{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{C}\left[\hat{\imath}(1{,}5 - 0) - \hat{\jmath}\cdot 0 + \hat{k}\cdot 0\right]\ \mathrm{T \cdot m/s} = 3 \times 10^{-3}\,\hat{\imath}\,\mathrm{N}$$

La fuerza es igual a $F = 3{\times}10^{-3}\ \mathrm{N}$ saliendo de la página, o en dirección x positiva según el sistema tridimensional de referencia.

Regla de la mano derecha

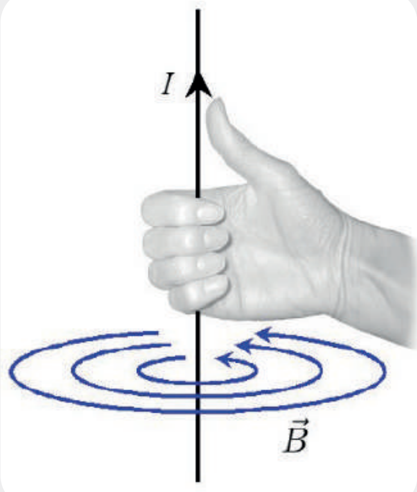
Para hallar la fuerza

La regla de la mano derecha es una herramienta que ayuda a determinar la dirección de ciertos vectores en física, especialmente en electromagnetismo.
Aplicando esta regla se tiene que colocar el dedo pulgar en la dirección de la velocidad, el dedo índice en la dirección del campo magnético y el dedo medio da la dirección de la fuerza.



Para hallar la dirección del campo magnético

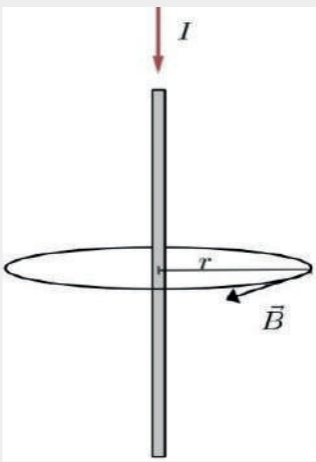
El dedo pulgar se coloca en dirección de la corriente y los dedos se cierran en la dirección del campo magnético.



Fuente: https://acortar.link/96Y5VF

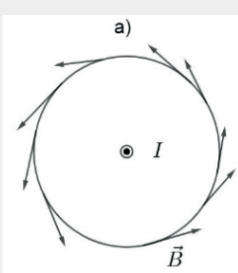
Ley de Ampere

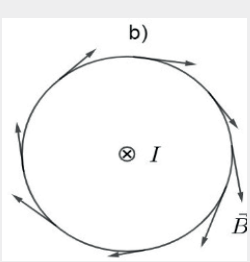
El campo magnético generado por la corriente en un alambre largo a una distancia r está dado por la fórmula:
$B=(\mu_0 I)/2\pi r$
Las líneas del campo magnético forman circunferencias alrededor del cable. La dirección de estas líneas se determina usando la regla de la mano derecha: al apuntar el pulgar en la dirección de la corriente, el campo magnético sigue la dirección de los dedos.



Fuente: elaboración propia

Esquema para representar las líneas de campo magnético. a) la corriente sale fuera de la página, b) la corriente entra a la página. En ambos casos el módulo del campo magnético es constante y es tangente a la circunferencia que rodea la corriente.

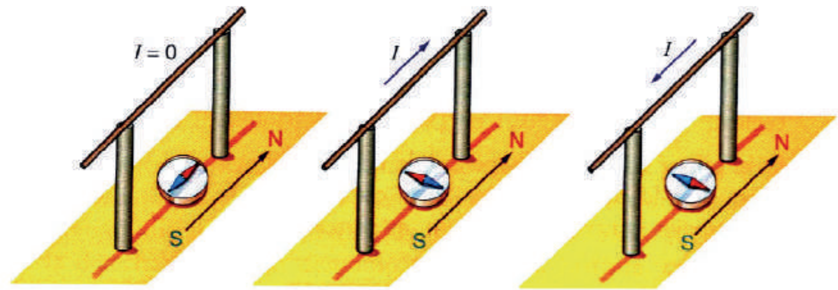




Fuente: elaboración propia

6. Efecto Oersted

Fue el científico danés Oersted quien en 1820 observó que la corriente eléctrica produce un campo magnético. Denominándose efecto Oersted al hecho de que un alambre que conduce corriente al acercar una brújula modifica la dirección de la aguja alienándose en la dirección del campo magnético.
Las fuentes de campo magnético además de los imanes son también las corrientes eléctricas.



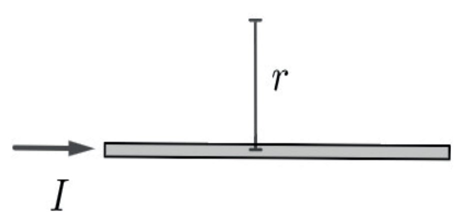
Fuente: https://acortar.link/X4cZRb

7. Ley de Ampère

La Ley de Ampère establece que el campo magnético que rodea a un alambre por el que fluye una corriente depende tanto de la cantidad de corriente como de la forma del alambre. En otras palabras, cuando una corriente pasa por un cable recto, puedes imaginar un campo magnético circular alrededor del cable. A mayor intensidad de la corriente, más fuerte será el campo magnético. Es como si el campo magnético "rodeará" el cable y este "abrazo" se hace más intenso a medida que aumenta la corriente.
El campo magnético producido por un cable largo que conduce una corriente I a una distancia r del cable es igual a:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Ejemplo 4: Calcule el campo magnético producido por una corriente de $5{,}0\ \mathrm{A}$ a una distancia perpendicular al cable de $10{,}0\ \mathrm{cm}$. Según la figura, indique el sentido del campo magnético.



Los datos del problema son: $I = 5{,}0\ \mathrm{A}$; $r = 10{,}0\ \mathrm{cm}$; $B = ?$

Solución:

Reemplazando valores para calcular el módulo del campo magnético:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 5{,}0\ \mathrm{A}}{2\pi \cdot 0{,}10\ \mathrm{m}} = 1 \times 10^{-5}\mathrm{T}$$

Según el dibujo, las líneas de campo magnético giran en sentido antihorario.
Y el módulo es igual a: $B = 1\times10^{-5}\mathrm{T}$.

8. Fuerzas magnéticas producidas por corrientes

Cuando se trata de conductores paralelos que conducen corriente estos ejercen fuerzas entre sí. El módulo de la fuerza por unidad de longitud entre dos conductores largos y rectos está dado por:

$$\frac{F_{12}}{L}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

Donde, I_1; I_2 son las corrientes que pasan a través de los conductores, L es la longitud común a los alambres, r es la distancia de separación entre los dos cables.

El sentido de la fuerza entre los cables se obtiene por la siguiente regla: si las corrientes tienen el mismo sentido se atraen y si las corrientes tienen sentidos contrarios se repelen.
Por el principio de superposición la fuerza total por unidad de longitud de varios conductores sobre uno de ellos es igual a:

$$\frac{\vec{F}}{L}=\frac{\vec{F}_1}{L}+\frac{\vec{F}_2}{L}+\cdots$$

Ejemplo 5: Hallar la fuerza por unidad de longitud sobre el cable 2.

Solución:

Los módulos de las fuerzas por unidad de longitud son:

$$\frac{F_{12}}{L}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}=\frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}^2}\cdot 10{,}0\ \mathrm{A}\cdot 15{,}0\ \mathrm{A}}{2\pi\cdot 0{,}10\ \mathrm{m}}=3\times 10^{-4}\,\mathrm{N/m}$$

$$\frac{F_{32}}{L}=\frac{\mu_0 I_3 I_2}{2\pi r}=\frac{4\pi\times 10^{-7}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}^2}\cdot 5{,}0\ \mathrm{A}\cdot 15{,}0\ \mathrm{A}}{2\pi\cdot 0{,}20\ \mathrm{m}}=7{,}5\times 10^{-5}\,\mathrm{N/m}$$

Para el sentido, por la regla, las corrientes tienen sentidos diferentes y las fuerzas por unidad de longitud se observan en el gráfico:
La fuerza resultante es:

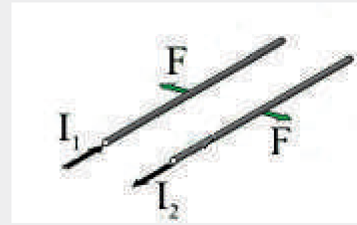
$$\frac{F}{L}=\frac{F_{32}}{L}-\frac{F_{12}}{L}=7{,}5\times 10^{-5}\ \mathrm{N/m}-3\times 10^{-4}\ \mathrm{N/m}=-2{,}3\times 10^{-4}\,\mathrm{N/m}$$

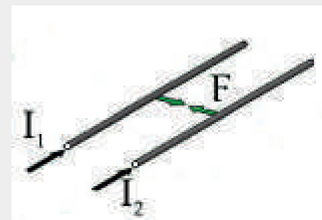
La fuerza por unidad de longitud sobre el conductor 2 es igual a:

$$\frac{F}{L}=-2{,}3\times 10^{-4}\,\mathrm{N/m}$$

Regla para cables con corriente

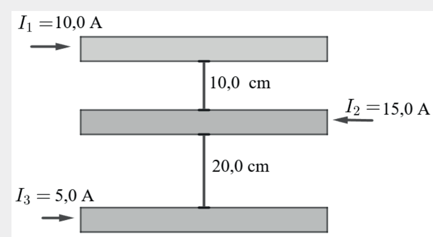
Corrientes de sentidos contrarios se rechazan y corrientes de sentidos iguales se atraen.

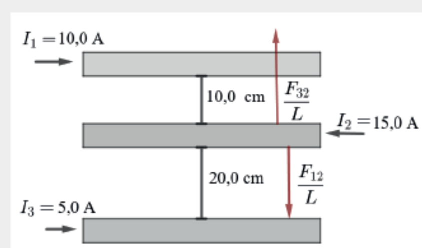




Fuente: https://acortar.link/uTm8LS

Ejemplo 5



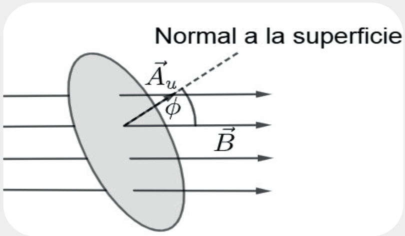


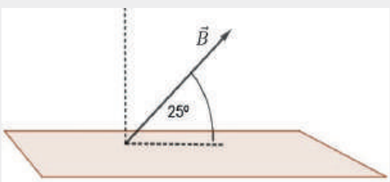
Actividad

Resolvemos los siguientes problemas:

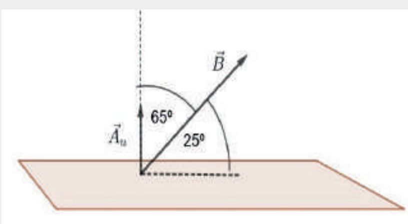
1. Imagina una partícula con carga de $2{,}0\ \mu\mathrm{C}$ que se mueve con una velocidad de $10\ \mathrm{m/s}$ perpendicular al campo magnético de $0{,}1$ T. ¿Cuál será la fuerza que ejerce el campo magnético sobre la partícula?
2. Un cable recto largo lleva una corriente de 10 A. Determina el campo magnético a una distancia de 5 cm del cable.
3. Si el el campo magnético alrededor de un cable y a una distancia de $2{,}0$ cm es igual a $0{,}05$ T. ¿Cuál es la corriente que pasa por el cable?
4. Dos cables largos y paralelos están separados por una distancia de 3 cm. Cada cable lleva una corriente de 20 A en la misma dirección. Calcula la fuerza por unidad de longitud entre los dos cables.
5. Dos cables paralelos separados por 1 m llevan corrientes de 15 A y 10 A en direcciones opuestas. Encuentra la fuerza por unidad de longitud que cada cable.

Flujo magnético



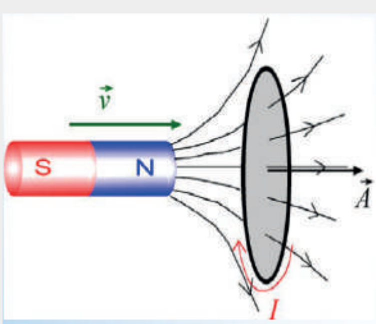


Ejemplo 6



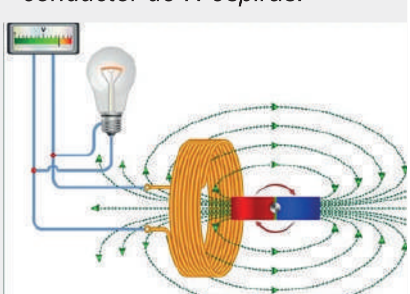
Ley de Faraday

Ejemplo 7



Fuente: https://acortar.link/734RfO

Cuando el flujo cambia produce una diferencia de potencial en los extremos del conductor de N espiras.



Fuente: https://acortar.link/DyjsHa

9. Flujo magnético

Es una cantidad escalar y es una medida de cuántas líneas del campo magnético atraviesan una superficie determinada y se calcula de la siguiente manera:

$$\Phi = BA\cos\phi$$

Donde, Φ es el flujo magnético, B es el campo magnético, A es el área y ϕ es el ángulo entre campo magnético y un vector unitario perpendicular al área como se observa en la figura.
La unidad de flujo magnético es el Weber (Wb).

$$1\ \mathrm{Wb} = 1\ \mathrm{T{\cdot}m^2}$$

Ejemplo 6: Un campo magnético de $4{,}5 \times 10^{-4}$ T forma un ángulo de 25° con el plano de la superficie de un cuadrado de lado 10,0 cm como se observa en la figura. ¿Cuál es el flujo?

Solución:

Los datos del problema son: $B = 4{,}5 \times 10$ T, $\alpha = 25°$; $l = 10{,}0$ cm ; $\Phi = ?$
El área del cuadrado es:

$$A = (0{,}10\ \mathrm{m''})^2 = 0{,}01\ \mathrm{m}^2$$

El ángulo de 25° es complementario con el ángulo que forma la normal con el campo magnético:

$$\phi = 90° - 25° = 65°$$

Reemplazando valores, el flujo magnético es:

$$\Phi = BA\cos\phi = 4{,}5\ \times 10^{-4}\ \mathrm{T} \cdot 0{,}01\ \mathrm{m}^2 \cos 65° = 1{,}9 \times 10^{-6}\ \mathrm{Wb}$$

El flujo magnético es igual a: $\Phi = 1{,}9 \times 10^{-6}\mathrm{Wb}$.

10. Ley de Faraday de la inducción electromagnética

Es un principio fundamental del electromagnetismo que describe cómo se genera un voltaje (o fuerza electromotriz, fem) en un circuito cuando hay un cambio en el flujo de un campo magnético a través de él esto ocurre cuando el flujo magnético que atraviesa un circuito cambia con el tiempo, se produce un voltaje inducido en dicho circuito.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Donde, ε es la fuerza electromotriz producida por la variación de flujo magnético.
$\Delta\Phi$ es la variación del flujo magnético y es igual a: $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_0$.
$\Delta t = t - t_0$ es el intervalo de tiempo.

Ejemplo 7: A través de una espira un campo magnético variable se produce una variación de flujo magnético igual a $4{,}0 \times 10^{-4}$ Wb. ¿Cuál será la fem que producida por este campo mangético variable en un intervalo de tiempo de 3 milisegundos?

Solución:

Los datos del problema son: $\Phi = 4{,}0 \times 10^{-4}\,\mathrm{Wb}$; $\Delta t = 3 \times 10^{-3}\mathrm{s}$; $\varepsilon = ?$

Reemplazando valores:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{4{,}0 \times 10^{-4}\mathrm{Wb}}{3{,}0\ \times 10^{-3}\ \mathrm{s}} = -0{,}1\ \mathrm{V}$$

Como se observa, la diferencia de potencial que se consigue es muy pequeño, para incrementarlo, se utiliza un alambre que tiene N vueltas por las que pasa la misma corriente, este dispositivo se denomina bobina. La ley de Faraday es entonces:

$$\varepsilon = -\mathrm{N}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Ejemplo 8: La variación de flujo magnético es igual 4,0×10 Wb en un intervalo de tiempo de 3,0 ms si el dispositivo es una bobina de 1000 vueltas calcule la fem inducida.

$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 1000 \cdot \frac{4{,}0\times10^{-4}\mathrm{Wb}}{3{,}0\ \times 10^{-3}\ \mathrm{s}} = -100\ \mathrm{V}$$

11. Motores eléctricos y transformadores

Los motores eléctricos son fundamentales para el funcionamiento de electrodomésticos, vehículos eléctricos, ventiladores y muchos otros equipos. Operan a partir de la interacción entre corrientes eléctricas y campos magnéticos. Cuando la corriente eléctrica atraviesa un conductor dentro de un campo magnético, se produce una fuerza que genera movimiento, transformando la energía eléctrica en mecánica.

Aplicando la Ley de Faraday a un motor, la expresión es la siguiente:

$$\varepsilon = -NBAw\ \mathrm{sen}(wt)$$

Donde, N es el número de vueltas de la bobina, B es el campo magnético o del imán, A es el área transversal de la bobina, w es la velocidad angular con la que gira la bobina. La función seno aparece por que el campo magnético varia de forma cosenoidal.

Ejemplo 9: Un motor eléctrico tiene una bobina con 100 vueltas que gira dentro de un campo magnético gual a $0{,}01$ T, la velocidad angular de la bobina 50 rad/s, el área de la bobina igual a $0{,}05\ \mathrm{m}^2$. ¿Cuál es la fem inducida máxima en la bobina?

Solución:

Para que sea máxima la fem inducida el ángulo en la función seno tiene que ser 90° y así obtener 1, reemplazando en la ley de Faraday aplicada a los motores la ecuación queda así:

$$\varepsilon = -NBA\omega = -100 \cdot 0{,}01\ \mathrm{T} \cdot 0{,}05\mathrm{m}^2 \cdot 50\ \mathrm{rad/s}$$

$$\varepsilon = -2{,}5\ V$$

La “fem” inducida es igual a: $\varepsilon = -2{,}5\ V$.

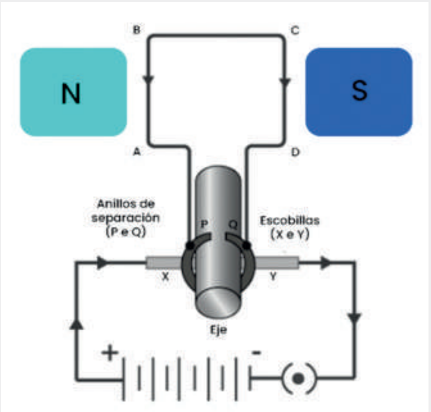
El principio del transformador es el siguiente: se utiliza un núcleo de material ferromagnético alrededor del cual se envuelven dos bobinas. Una de estas bobinas, denominada primario, está conectada a una fuente de corriente alterna, la cual crea un campo magnético alterno en el núcleo.

Este campo magnético alterno induce una diferencia de potencial (voltaje) en la otra bobina, denominada secundario. La relación entre la diferencia de potencial y el número de vueltas es:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

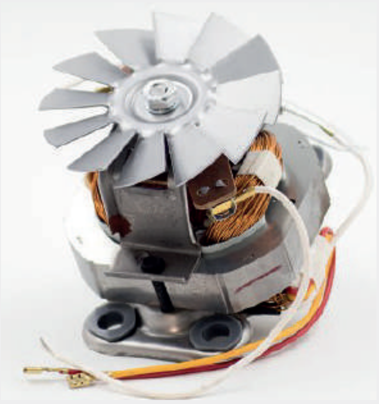
Motores y transformadores

Esquema de un motor



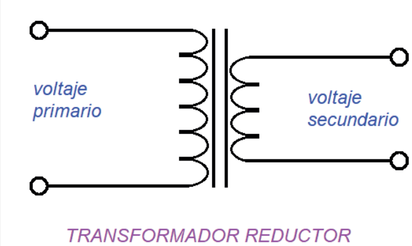
Fuente: https://lc.cx/SFtPLy

Motor de una licuadora



Fuente: https://lc.cx/zrSqK_

Esquema de un transformador



Fuente:https://lc.cx/0HM5pL

Transformador reductor de potencia

Fuente:https://lc.cx/7PMod5

Dato curioso

En la década de 1880, George Westinghouse y Nikola Tesla realizaron avances cruciales en la electricidad moderna mediante la adopción de la corriente alterna (AC). Westinghouse compró las patentes de Tesla y juntos demostraron la eficacia de esta tecnología en eventos destacados como la Exposición Mundial de Chicago en 1893 y la planta hidroeléctrica de Niagara Falls en 1896.

Fuente: https://acortar.link/hP89ja

Donde, V_S y N_S son el voltaje del primario y el número de vueltas del secundario, respectivamente; V_P y N_P son el voltaje del primario y el número de vueltas del primario, respectivamente. Si el objetivo es reducir la diferencia de potencial, el número de vueltas del secundario debe ser menor. Por el contrario, si se pretende aumentar la diferencia de potencial, el número de vueltas en el secundario debe ser mayor.

Ejemplo 10: Supongamos que hay un transformador reductor de voltaje y se desea reducir un voltaje de $240\ \mathrm{V}$ a $120\ \mathrm{V}$. Si la bobina primaria tiene 1000 vueltas, encontrar cuántas vueltas debe tener la bobina secundaria para obtener el voltaje deseado.

Solución:

Despejando el número de vueltas de la bobina secundaria, se tiene:

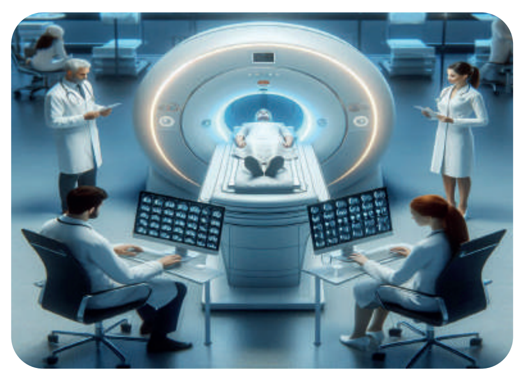
$$N_S = N_P \frac{V_S}{V_P} = 1000 \cdot \frac{120\ \mathrm{V}}{240\ \mathrm{V}} = 500$$

El número de vueltas que tiene que tener la bobina secundaria es 500.

Desentrañando el misterio interno: "la revolución del diagnóstico médico con resonancia magnética"

La Resonancia Magnética (RM) es una técnica de imagen médica avanzada que utiliza campos magnéticos y ondas de radio para crear imágenes detalladas del interior del cuerpo humano.

El paciente se coloca dentro de una máquina de RM que genera un campo magnético potente. Este campo alinea los protones (átomos de hidrógeno) en el cuerpo del paciente. Se aplican pulsos de radiofrecuencia que excitan los protones, provocando que se desalineen temporalmente. Cuando los protones regresan a su alineación original, emiten señales de radio que son detectadas por sensores en la máquina de RM. Una computadora procesa estas señales para generar imágenes detalladas de los órganos y tejidos del cuerpo. Diagnóstico de Enfermedades: Detectar y evaluar tumores, lesiones cerebrales, problemas articulares, enfermedades cardíacas y más. Ayuda en la investigación de enfermedades y el desarrollo de nuevos tratamientos. leer y escribir información digital.



Fuente: Microsoft Coílot (2024)

Actividad

Resolvemos las siguientes problemas:

1. Una partícula con carga de $2{,}0\ \mu\mathrm{C}$ que se mueve con una velocidad de $10\ \mathrm{m/s}$ perpendicular al campo magnético de $0{,}1\ \mathrm{T}$. ¿Cuál será la fuerza que ejerce el campo magnético sobre la partícula?
2. Un cable recto largo lleva una corriente de 10 A. Determinamos el campo magnético a una distancia de 5 cm del cable.
3. Si el campo magnético alrededor de un cable y a una distancia de $2{,}0\ \mathrm{cm}$ es igual a $0{,}05\ \mathrm{T}$. ¿Cuál es la corriente que pasa por el cable?
4. Dos cables largos y paralelos están separados por una distancia de 3 cm. Cada cable lleva una corriente de $20\ \mathrm{A}$ en la misma dirección. Calculamos la fuerza por unidad de longitud entre los dos cables.
5. Dos cables paralelos separados por $1\ \mathrm{m}$ llevan corrientes de $15\ \mathrm{A}$ y $10\ \mathrm{A}$ en direcciones opuestas. Calculemos la fuerza por unidad de longitud que cada cable.

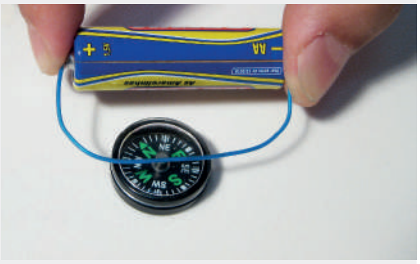
VALORACIÓN

Reflexionamos sobre las fuentes magnéticas.

Comparando campos magnéticos con una brújula

Campos magnéticos creados de diferente manera, por un imán y por corriente eléctrica.

Fuente: https://acortar.link/0etbtc



Fuente: https://acortar.link/EhVjWC

Realizamos las siguientes experiencias:

Experiencia 1: Campo magnético de un imán

Objetivo

Observamos el campo magnético producido por un imán.

Materiales

Una brújula, un imán, una hoja de papel, un lápiz.

Procedimiento

Colocamos el imán sobre una hoja de papel. Colocamos la brújula cerca del imán y observamos cómo la aguja de la brújula se desvía.

Movemos la brújula alrededor del imán y cada vez dibujamos flechas según la dirección de la aguja de la brújula. Observamos cómo la brújula siempre apunta hacia los polos del imán. Estamos dibujando el campo magnético producido por el imán.

Experiencia 2: Campo magnético de un cable con corriente

Objetivo

Observamos el campo magnético producido por la corriente eléctrica.

Materiales

Una brújula, un cable conductor, una resistencia $(1{,}5\Omega$ a $3\Omega)$, una batería AA, cables (pinzas de cocodrilo).

Procedimiento

Conectamos el cable a la batería a través de la resistencia para limitar la corriente.

Colocamos la brújula cerca del cable mientras la corriente está fluyendo.

Observamos cómo la aguja de la brújula se desvía cuando la corriente fluye a través del cable y cada vez dibujamos flechas según la dirección de la aguja de la brújula.

Una vez realizadas las experiencias, respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se compara la forma del campo magnético alrededor del imán con el campo magnético alrededor del cable con corriente?
- ¿Cuál de las dos fuentes (imán o cable con corriente) generó una mayor desviación en la aguja de la brújula y por qué crees que fue así?
- ¿Qué diferencias observaste en la forma en que la distancia afectó la desviación de la brújula en cada experimento?
- ¿Cómo afectan las diferencias en la naturaleza de los campos magnéticos (campos polares en el imán versus campos circulares en el cable con corriente) a la utilidad de estas fuentes en aplicaciones prácticas?
- ¿Quién descubrió que las corrientes eléctricas son fuentes de campos magnéticos?

PRODUCCIÓN

Realizamos un esquema sobre el campo magnético.

Esquema del campo magnético, origen, representación e interacción

Para realizar el esquema del campo magnético respondemos antes las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las fuentes del campo magnético?
- ¿Cómo se representa el campo magnético?
- ¿Cómo interactúan las fuentes del campo magnético?
- ¿Qué es el flujo magnético y cómo se calcula?
  ¿Cómo afecta el área de una superficie al flujo magnético a través de esa superficie?
- ¿Cómo se relaciona la variación del flujo magnético con la generación de una fuerza electromotriz (fem) según la ley de Faraday?

INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA MODERNA

PRÁCTICA

Hitos sobre el nacimiento de la física moderna

Esta rama de la física nace al investigar fenómenos a nivel microscópico y descubrir que no se comportan según las leyes de la física clásica. Esto llevó al desarrollo de nuevas teorías y conceptos revolucionarios. Aquí algunos hitos que marcaron el inicio de la física moderna:

Desde la cuantización de la energía hasta la ecuación de Dirac

Fuente: Imagen generada por Microsoft Copilot 2024

1900 - Cuantización de la energía (Max Planck), introducción del concepto de cuantos de energía para explicar la radiación del cuerpo negro, estableciendo las bases de la mecánica cuántica.

1905 - Efecto fotoeléctrico (Albert Einstein), explicación del efecto fotoeléctrico mediante la teoría cuántica de la luz, lo que posteriormente le valió el Premio Nobel.

1924 - Dualidad onda-partícula (Louis de Broglie), proposición de que las partículas tienen propiedades ondulatorias, un concepto fundamental de la mecánica cuántica.

1927 - Principio de incertidumbre (Werner Heisenberg), establecimiento del principio de incertidumbre, que limita la precisión con la que se pueden conocer simultáneamente ciertas propiedades de una partícula.

1928 - Ecuación de Dirac, desarrollo de la ecuación que describe el comportamiento relativista de los electrones y predice la existencia de partículas de antimateria.

Estos hitos representan una transformación radical en nuestra comprensión del mundo, sentando las bases de la física moderna y abriendo camino a una nueva era de descubrimientos. Fascinante cómo la exploración a nivel microscópico ha revolucionado nuestro conocimiento del universo.

Actividad

Después de leer los hitos de la física moderna, respondemos las preguntas:

- ¿Cómo contribuyó Max Planck al desarrollo de la física moderna con su teoría sobre la cuantización de la energía en 1900?
- ¿Qué descubrimiento realizó Albert Einstein en 1905 sobre el efecto fotoeléctrico y cómo cambió nuestra comprensión de la luz?
- ¿Qué significa la dualidad onda-partícula propuesta por Louis de Broglie en 1924 y por qué es fundamental para la mecánica cuántica?
- ¿Cuál es el principio de incertidumbre formulado por Werner Heisenberg en 1927 y qué implicaciones tiene para la precisión en la medición de propiedades subatómicas?
- ¿Qué importancia tiene la ecuación de Dirac desarrollada en 1928 para la física de partículas y la predicción de la antimateria?

TEORÍA

1. Introducción

La física moderna abre la puerta a un universo lleno de fenómenos y conceptos que desafían nuestra percepción clásica. Desde la intrigante dualidad onda-partícula hasta la curvatura del espacio-tiempo según Einstein, este campo nos invita a explorar lo invisible y lo inimaginable. A través de la física moderna, descubrimos que la realidad es mucho más compleja y extraña de lo que jamás habríamos imaginado, permitiendo innovaciones tecnológicas y una comprensión más profunda del cosmos.

Antes de entrar a la relatividad de Einstein, repasemos los conceptos de la relatividad de Galileo.

2. Relatividad de Galileo

2.1 Transformación de coordenadas

Si un objeto se mueve con velocidad v respecto a un sistema de referencia S y x es la posición del objeto ese sistema y x' es la posición en otro sistema de referencia S' la transformación de coordenadas es:

$$x' = x - vt$$

2.2 Transformación de velocidades

La transformación de velocidades se expresa de la siguiente manera, la velocidad u' de un objeto en el sistema de referencia S, moviéndose con velocidad v respecto a S, si su velocidad en S es u, tomando en cuenta la dirección del movimiento.
Si ambos sistemas se mueven en la misma dirección

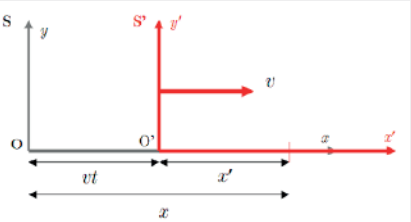
$$u' = u + v$$

Si el movimiento es en dirección contraria:

$$u' = u - v$$

Relatividad galileana

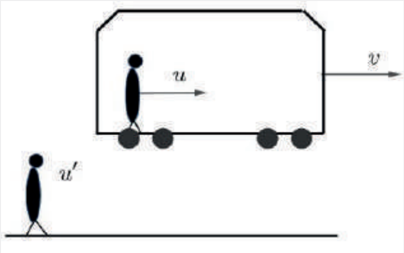
El sistema S' se mueve con una velocidad v, respecto del sistema fijo S



Fuente: https://acortar.link/eo80V7

Esquema del problema 1

El tren se mueve con una velocidad v, el pasajero dentro del tren se mueve con una velocidad u y la velocidad que observa la persona en la plataforma es u'.



Fuente: elaboración propia

2.3 Tiempo absoluto

Tiempo absoluto, en la relatividad galileana, el tiempo es absoluto, por lo que el tiempo t en S y S' es el mismo:

$$t' = t$$

Estas ecuaciones reflejan los conceptos de velocidad relativa y tiempo absoluto en la relatividad galileana. Estas sencillas transformaciones ayudaron a sentar las bases para la comprensión del movimiento en sistemas de referencia inerciales antes de que Einstein revolucionara nuestra percepción con la relatividad especial.

Ejemplo 1: Un tren se mueve a $50\ \mathrm{km/h}$ hacia el este, un pasajero en el tren camina a $5\ \mathrm{km/h}$ hacia el este dentro del tren. Un observador en la plataforma ve al tren y al pasajero. ¿Cuál es la velocidad del pasajero que ve el observador de la plataforma?

Solución:

Tomando en cuenta la siguiente notación: velocidad del pasajero respecto al tren es u; velocidad del tren respecto a la plataforma es v.

$$u' = u + v$$

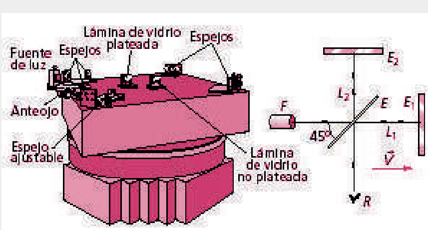
Reemplazando valores y tomando en cuenta que los movimientos son en la misma dirección:

$$u' = 5\ \mathrm{km/h} + 50\ \mathrm{km/h} = 55\ \mathrm{km/h}$$

El observador en la plataforma observa que el pasajero se mueve a $v = 55\ \mathrm{km/h}$.

Experimento de Michelson Morley

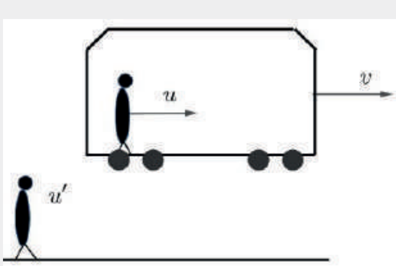
En el siglo XIX, se creía que la luz viajaba a través de un "éter luminoso", un medio invisible y omnipresente. Albert A. Michelson y Edward W. Morley diseñaron un experimento para detectar el movimiento de la Tierra a través de este éter, esperando observar variaciones en la velocidad de la luz.
Usaron un interferómetro para dividir un haz de luz en dos partes perpendiculares. Cada haz se reflejaba en espejos y se recombinaba, creando un patrón de interferencia.
Si la Tierra se movía a través del éter, los dos haces de luz viajarían a diferentes velocidades, alterando el patrón de interferencia.
El experimento no detectó variaciones en la velocidad de la luz. Independientemente de la orientación del interferómetro o la velocidad de la Tierra, la velocidad de la luz se mantuvo constante.
Michelson y Morley concluyeron que no había evidencia del éter, lo que respaldó la idea de que la velocidad de la luz es constante en todas las direcciones y no depende del movimiento de la fuente o el observador.



Fuente: https://acortar.link/sREru0

Ejemplo 2

El tren y el pasajero se mueven con velocidades cercanas a la de la luz.



3. Relatividad

La teoría de la relatividad, una de las piedras angulares de la física moderna, fue formulada por Albert Einstein en el siglo XX y revolucionó nuestra comprensión del espacio, el tiempo y la gravedad. Hay dos teorías principales: la relatividad especial y la relatividad general.

3.1 Relatividad especial

La relatividad especial, introducida por Albert Einstein en 1905, revolucionó nuestra comprensión del espacio, el tiempo y la energía. Aquí tienes una introducción con algunas ecuaciones clave.
Los principios fundamentales de la relatividad especial son los siguientes:

a) Constancia de la velocidad de la luz

La velocidad de la luz en el vacío es constante e independiente del movimiento de la fuente o el observador.
El experimento de Michelson-Morley demostró la constancia de la velocidad de la luz. Utilizaron un interferómetro para medir cambios en la velocidad de la luz esperando detectar la presencia del éter, pero encontraron que la velocidad de la luz era constante en todas las direcciones, independientemente del movimiento de la Tierra. Este resultado respaldó la idea de que la velocidad de la luz es la misma para todos los observadores, una conclusión fundamental para la teoría de la relatividad especial de Einstein.

b) Relatividad de la simultaneidad

Dos eventos simultáneos en un sistema de referencia pueden no serlo en otro en movimiento relativo. Esto se representa con las transformaciones de Lorentz:
Transformación de coordenadas espaciales

$$x' = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,(x-vt)$$

Transformación de coordenadas temporales

$$t' = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\left(t-\frac{vx}{c^2}\right)$$

Transformación de velocidades

$$u' = \frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}}$$

Ejemplo 2: Un tren se mueve a una velocidad de $0{,}8c$ (donde c es la velocidad de la luz) hacia el este y un pasajero camina a $0{,}3c$ hacia el este dentro del tren. ¿Cuál es la velocidad del pasajero para un observador que se encuentra en la plataforma? Para comparar la diferencia entre las transformaciones de Galileo y de Einstein, resolvamos el problema con ambas transformaciones.

Solución:
Tomando en cuenta la siguiente notación: velocidad del pasajero respecto al tren es u; velocidad del tren respecto a la plataforma es v.
Los datos del problema son: $u=0{,}2c$; $v=0{,}8c$; $u'=?$

Relatividad de Galileo:
Reemplazando valores: $u'=u+v=0{,}3c+0{,}8c=1{,}1c$
La velocidad en la plataforma es:

$$u'=1{,}1c.$$

Relatividad de Einstein:

Reemplazando valores:

$$u' = \frac{u+v}{1+\frac{uv}{c}} = \frac{0{,}3c+0{,}8c}{1+\frac{0{,}3c\cdot 0{,}8c}{c^2}} = 0{,}86c$$

La velocidad para un observador en la plataforma es: $u' = 0{,}86c$
Comparando resultados, usando la relatividad galileana la velocidad del observador de la plataforma excede a la velocidad de la luz. En cambio, con la relatividad de Einstein este valor no sobrepasa la velocidad de la luz. la relatividad especial de Einstein corrige las expectativas erróneas de la física clásica cuando se trata de velocidades cercanas a la luz. La constancia de la velocidad de la luz es una característica fundamental de la teoría relativista.

c) Dilatación del tiempo

Describe cómo el tiempo pasa más lentamente para un observador en movimiento respecto a uno en reposo.

$$t' = \mathrm{t}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Donde, t' es el tiempo en el sistema en movimiento, t es el tiempo propio en reposo; v es la velocidad relativa y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Ejemplo 3: Reloj en movimiento. Imaginemos que hay dos amigos, Carla y Juan. Carla se queda en la estación de tren, mientras Juan está en un tren que se mueve a una velocidad muy alta, cercana a la velocidad de la luz. Carla permanece en la estación de tren y Juan viaja en un tren a 0,8c (80% de la velocidad de la luz).
Juan lleva un reloj en el tren y Carla lleva un reloj idéntico en la estación. Ambos relojes están sincronizados al comienzo del viaje. Para Carla, que está en reposo en la estación, el viaje de Juan dura 10 años (según su reloj). ¿Cuánto es el tiempo para Juan?

Solución:

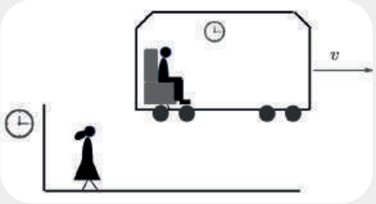
Los datos del ejemplo son: $t = 10$ años es el tiempo para Carla, la velocidad de Juan es $v = 0{,}8\,c$; t' es el tiempo para Juan.

$$t' = \mathrm{t}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 10 \text{ años}\sqrt{1-\frac{(0{,}8c)^2}{c^2}} = 6 \text{ años}$$

El tiempo transcurrido para Juan es $t' = 6$ años.

Ejemplo 3

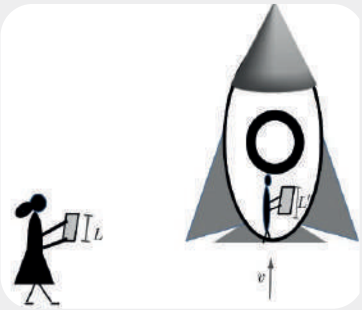
Dos amigos, Juan y Carla miden el tiempo de manera diferente, porque Juan se mueve con una velocidad cercana a la de la luz y Carla se queda en reposo.
Para Carla el tiempo es mayor que para Juan.



Fuente: elaboración propia

Ejemplo 4

Ana mide un objeto en tierra y Juan mide el mismo objeto, pero en una nave que se mueve a una velocidad cercana a la velocidad de la luz. Las longitudes son diferentes.



Fuente: elaboración propia

d) Contracción de la longitud

Describe cómo los objetos en movimiento se acortan en la dirección del movimiento.

$$L' = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Donde, L' es la longitud en el sistema en movimiento; L es la longitud en reposo; *v* es la velocidad relativa y *c* es la velocidad de la luz.

Ejemplo 4: Imaginemos que hay dos amigos, Ana y Luis. Ana se queda en la Tierra, mientras Luis está en una nave espacial que se mueve a una velocidad muy alta, cercana a la velocidad de la luz, digamos $0{,}8$c. Tienen un cuaderno que mide 30 cm de largo en reposo (medido por Ana). Luis se encuentra en una nave que se mueve a $0{,}8$c y mide el mismo cuaderno. ¿Cuál es la longitud del cuaderno medido por Luis?

Solución:

La longitud que mide Ana es L; la velocidad de Luis que se mueve en la nave es v; la longitud que mide Luis es L'.
Los datos del problema son: $L = 30$ cm; $v = 0{,}8c$; $L' = ?$
Reemplazando valores:

$$L' = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 30\ \text{cm}\sqrt{1-\frac{(0{,}8c)^2}{c^2}} = 18\ \text{cm}$$

La longitud que mide Juan es: $L' = 18\ \text{cm}$.

e) Masa relativista

La masa relativista es un término de la relatividad especial que explica cómo la masa de un objeto se incrementa conforme aumenta su velocidad relativa. Dicho de otro modo, a mayor velocidad de un objeto, su masa aparente o efectiva crece. Este aumento de masa es una consecuencia directa de la conexión entre energía y masa en la teoría de la relatividad especial de Einstein.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Donde, m es la masa del cuerpo en movimiento; m_0 es la masa en reposo.

Ejemplo 5: Una partícula con una masa en reposo m_0 de $2\ \text{kg}$ si esta partícula se mueve a una velocidad de $0{,}8c$, ¿Cuál es la masa relativista de esta partícula?

Solución:

Reemplazando valores:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2\ \text{kg}}{\sqrt{1-\frac{(0{,}8c)^2}{c^2}}} = 3{,}33\ \text{kg}$$

La masa relativista de la partícula es: $m = 3{,}33\ \text{kg}$.

f) Equivalencia masa-energía

Einstein propuso que masa y energía son proporcionales:

$$E = mc^2$$

Donde, E es la energía; m es la masa del cuerpo y c es la velocidad de la luz.

Estos conceptos y ecuaciones forman el núcleo de la relatividad especial, transformando nuestra visión del tiempo, espacio y energía.

Ejemplo 6: Supongamos que una cantidad muy pequeña de masa, digamos 1 gramo de uranio-235, se somete a fisión. ¿Cuál será la energía liberada en el proceso?

Solución:

Reemplazando valores en la ecuación de masa-energía:

$$E = 1 \times 10^{-3}\text{kg} \times (3 \times 10^8\,\text{m/s})^2 = 9 \times 10^{13}\ \text{J}$$

Las unidades de energía en estos casos se expresan en eV con el factor de conversión:

$$1\ \text{eV} = 1{,}6 \times 10^{-19} J$$

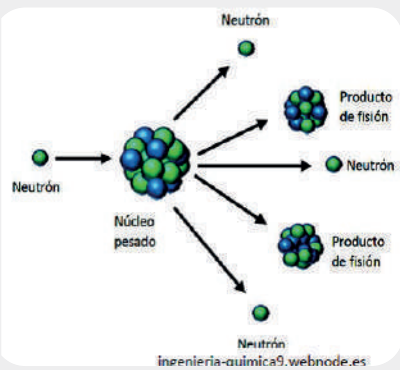
Realizando la conversión:

$$E = 9 \times 10^{13}\ \text{J} \times \frac{1\ \text{eV}}{1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{J}} = 5{,}65 \times 10^{32}\ \text{eV}$$

Ejemplos donde la equivalencia masa-energía ayuda a explicar la energía liberada

Fisión

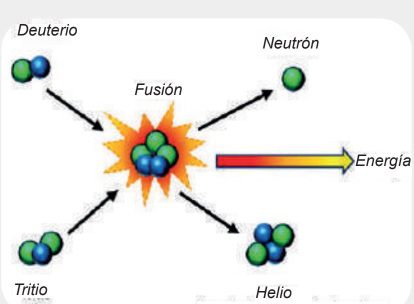
La fisión ocurre cuando un núcleo pesado (como el uranio-235 o el plutonio-239) absorbe un neutrón y se vuelve inestable, dividiéndose en dos núcleos más ligeros. La masa total de los productos de la fisión es menor que la masa original del núcleo pesado. Esta diferencia de masa se convierte en energía de acuerdo con la ecuación de Einstein.



Fuente: https://acortar.link/A4t7n3

Fusión

La energía de la fusión es la energía liberada cuando dos núcleos atómicos ligeros se combinan para formar un núcleo más pesado.
Cuando dos núcleos ligeros, como los isótopos de hidrógeno (deuterio y tritio), se fusionan, la masa del núcleo resultante es menor que la suma de las masas de los núcleos originales. Esta diferencia de masa se convierte en energía según la ecuación de Einstein.



Fuente: https://acortar.link/zlA2wh

Actividad

Resolvemos las siguientes problemas:

1. Un coche se mueve a $60\ \mathrm{km/h}$ y una persona dentro camina a $5\ \mathrm{km/h}$ en la misma dirección. ¿Cuál es la velocidad de la persona observada desde fuera del coche?
2. Un tren se mueve a $0{,}6c$ y un pasajero dentro camina a $0{,}2c$. ¿Cuál es la velocidad del pasajero desde un observador en reposo?
3. Una nave espacial viaja a $0{,}7c$ y dispara un proyectil a $0{,}3c$. ¿Cuál es la velocidad del proyectil desde la perspectiva de la Tierra?
4. Una nave espacial viaja a $0{,}85c$ y un reloj en la nave mide 5 años. ¿Cuánto tiempo ha pasado en la Tierra?
5. Una cantidad de 5 gramos de materia se aniquila completamente. ¿Cuál es la energía resultante?
6. Un electrón tiene una masa en reposo de $9{,}11\times10^{-31}\ \mathrm{kg}$. Este electrón se mueve a una velocidad de $0{,}95c$. Pregunta: ¿Cuál es la masa relativista del electrón?

3.2 Relatividad general

Desarrollada en 1915, la relatividad general amplía los principios de la relatividad especial para incluir la gravedad. Einstein describió la gravedad no como una fuerza, sino como una curvatura del espacio-tiempo causada por la masa y la energía. Esto explica fenómenos como las órbitas planetarias, la formación de agujeros negros y la expansión del universo.

a) Curvatura del espacio-tiempo

Los objetos masivos como planetas y estrellas deforman el espacio-tiempo, afectando el movimiento de otros objetos.

b) Trayectorias geodésicas

Los objetos en movimiento siguen trayectorias curvas en un espacio-tiempo deformado, lo que explica fenómenos como las órbitas planetarias.

c) Agujeros negros

La teoría predice la existencia de regiones del espacio-tiempo con una gravedad tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar.

4. Panorama básico de la física cuántica

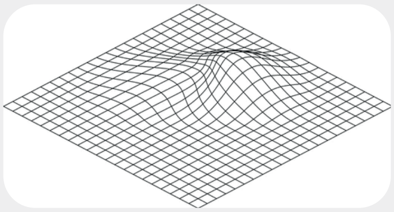
La mecánica cuántica es una rama de la física dedicada al estudio del comportamiento de partículas extremadamente pequeñas, como los electrones y protones.

A diferencia de la física clásica, que describe las leyes de movimiento para objetos grandes como planetas y automóviles, la mecánica cuántica se centra en escalas diminutas, donde las reglas tradicionales de la física ya no aplican de la misma manera. Esta teoría ha cambiado nuestra comprensión de la naturaleza y es crucial para tecnologías modernas como la computación cuántica y la electrónica.

A comienzos del siglo XX, los científicos notaron que ciertos fenómenos no se podían explicar usando las leyes de la física clásica. Dos problemas importantes fueron el “problema del cuerpo negro”, que llevó a Max Planck a proponer el concepto de “cuanto” o unidad mínima de energía y el “efecto fotoeléctrico”, que Albert Einstein explicó considerando que la luz se comporta también como una partícula. Estos descubrimientos dieron inicio a una nueva teoría capaz de describir comportamientos a nivel atómico.

Curvatura espacio-tiempo

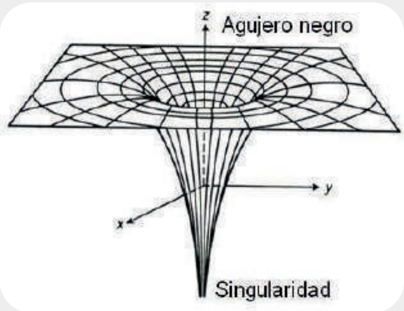
La curvatura del espacio-tiempo describe cómo la presencia de masa y energía deforma el tejido del espacio y el tiempo. Esta curvatura afecta la trayectoria de los objetos, creando lo que percibimos como gravedad. Se puede visualizar como una tela elástica deformada por una masa, donde los objetos siguen trayectorias curvas debido a esta deformación.



Fuente: https://acortar.link/IzbKO7

Agujero negro

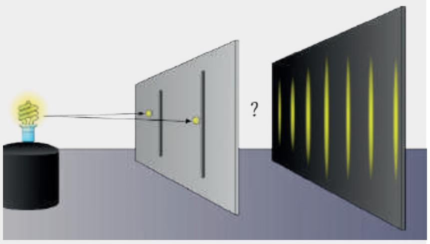
Un agujero negro se crea cuando una estrella masiva colapsa bajo su propia gravedad tras agotar su combustible nuclear, resultando en una región del espacio con una gravedad tan intensa que ni la luz puede escapar.



Fuente: https://acortar.link/Yhkrwa

Experimento de la doble rendija

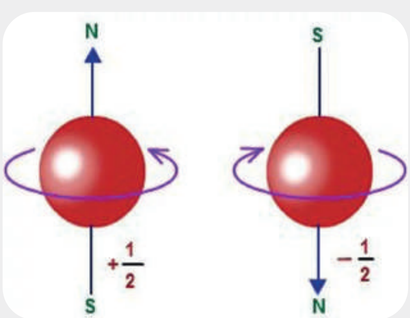
La luz al atravesar las dos rendijas muestra un patrón en pantalla semejante al comportamiento de una onda.



Fuente: https://acortar.link/ioGJLu

El espín del electrón

El espín del electrón tiene dos estados posibles que se conocen como espín hacia arriba (+1/2) y espín hacia abajo (−1/2). Estas direcciones no se refieren a un giro físico real sino a una propiedad cuántica intrínseca del electrón.



Fuente: https://acortar.link/3P9WVA

El principio de incertidumbe de Heinsenberg

En una cámara de nieblas las trazas del movimiento de las partículas parecen muy precisas, sin embargo, comparando con el tamaño de cada partícula no se sabe con precisión la posición.

Fuente: https://acortar.link/4rXsAs

4.1 Conceptos fundamentales

a) Dualidad onda-partícula

Esta teoría sugiere que las partículas, como los electrones, pueden mostrar propiedades tanto de partículas como de ondas, dependiendo de la forma en que se observan. Este fenómeno fue demostrado con el experimento de la doble rendija, que evidenció que los electrones pueden interferir consigo mismos, como lo haría una onda.
La ecuación que relaciona la energía de un fotón con la frecuencia de su onda asociada es:

$$E=hf$$

Donde, E es la energía, h la constante de Planck con un valor igual a: $h = 6{,}626\times10^{-34}\ \mathrm{J\cdot s}$ y f es la frecuencia de la luz. Esta ecuación es fundamental en la dualidad onda-partícula. Fue formulada por Planck en 1900 y posteriormente Einstein la amplió y aplicó a otras formas de radiación electromagnética.

Ejemplo 7: Imaginemos que tenemos una fuente de luz que emite fotones con una frecuencia de $5{,}0^{14}\times10\ \mathrm{Hz}$,¿Cuál será la energía de estos fotones?

Solución:
Reemplazando valores en la ecuación de Planck:

$$E = hf = 6{,}626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}\cdot 5{,}0 \times 10^{14}\,\mathrm{Hz} = 3{,}313 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$$

La energía de los fotones es igual a: $E = 3{,}313 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$.

Experimento de la doble rendija

Como ejemplo de la dualidad onda-partícula describamos el experimento tienen un objeto con dos rendijas (pequeñas aperturas) y, detrás de ella, una pantalla que detecta las partículas que pasan por las rendijas individuales: Cuando lanzas fotones uno por uno hacia las rendijas, cabría esperar que actúen como pequeñas bolitas, pasando por una de las dos rendijas y formando dos franjas detrás de las aperturas en la pantalla de detección, como lo harían los proyectiles. Sin embargo, en lugar de ver dos franjas, aparece un patrón de interferencia en la pantalla de detección, característico de las ondas. Este patrón muestra varias franjas alternas de luz y oscuridad, como si los fotones estuvieran interfiriendo consigo mismos al pasar por ambas rendijas al mismo tiempo, similar a como lo haría una onda de agua.

Efecto fotoeléctrico

Otro ejemplo sobre la dualidad onda-partícula es el efecto fotoeléctrico El efecto fotoeléctrico se refiere a la emisión de electrones desde un material cuando es iluminado con luz. Albert Einstein explicó este fenómeno en 1905 al proponer que la luz está compuesta por fotones, cada uno con una energía proporcional a su frecuencia:

$$E = hf - \phi$$

Donde, ϕ es la función de trabajo que depende del material sobre la que inciden los fotones.
Este descubrimiento mostró que la energía de la luz no depende de su intensidad, sino de su frecuencia y apoyó la idea de que la luz tiene propiedades tanto de ondas como de partículas. Este trabajo fue crucial para el desarrollo de la física cuántica y le valió a Einstein el Premio Nobel en 1921.

Ejemplo 8: En una superficie horizontal de sodio, los fotones inciden con una frecuencia de $6{,}0\times10^{14}$ Hz, ¿cuál es la energía liberada del fotón?

Solución:

Los datos del problema son: $f = 6{,}0 \times 10^{14}\,\mathrm{Hz}$ y $h = 6{,}626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$.
Según la tabla adjunta para el sodio la función de trabajo es igual a: $2{,}28\ \mathrm{eV}$
Reemplazando valores para la energía del fotón y convirtiendo a eV:

$$E = hf = 6{,}626 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s} \cdot 6{,}0 \times 10^{14}\,\mathrm{Hz}$$

$$E = 3{,}976 \times 10^{-19}\,\mathrm{J} \times \frac{6{,}242 \times 10^{18}\,\mathrm{eV}}{1\ \mathrm{J}} = 2{,}48\ \mathrm{eV}$$

Calculando la energía liberada del fotón:

$$E = hf - \phi = 2{,}48\ \mathrm{eV} - 2{,}28\ \mathrm{eV} = 0{,}2\ \mathrm{eV}$$

La energía liberada del fotón es: $E = 0{,}2\ \mathrm{eV}$.

b) Superposición

Es uno de los conceptos más intrigantes y fundamentales de la física cuántica. Se refiere a la capacidad de una partícula cuántica, como un electrón o un fotón, de existir en múltiples estados simultáneamente hasta que se realiza una medición.

En lugar de estar en un estado específico, una partícula cuántica puede existir en una combinación de varios estados. Por ejemplo, un electrón en un átomo no tiene una posición definida, sino que existe en una nube de probabilidades.

Función de onda (ψ), la superposición se describe matemáticamente mediante una función de onda, que es una combinación de todas las posibles configuraciones del sistema. Esta función de onda contiene toda la información sobre el estado cuántico del sistema.

Colapso de la función de onda, cuando se mide la propiedad de una partícula (como su posición o momento), la función de onda "colapsa" a uno de los posibles estados. Antes de la medición, la partícula está en una superposición de todos estos estados.

Interferencia cuántica, la superposición permite que las partículas exhiban patrones de interferencia, como se ve en el experimento de la doble rendija, donde las partículas pasan por dos rendijas simultáneamente y crean un patrón de interferencia.

c) Principio de incertidumbre de Heisenberg

El principio de incertidumbre de Heisenberg es una piedra angular de la mecánica cuántica. Formulado por Werner Heisenberg en 1927, este principio establece un límite fundamental a la precisión con la que se pueden conocer simultáneamente ciertas propiedades de una partícula cuántica.

Según este principio, es imposible determinar con precisión absoluta la posición (Δx) y el momento (Δp) de una partícula al mismo tiempo.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Δx es la incertidumbre en la posición, Δp es la incertidumbre de la cantidad de movimiento, h es la constante de Planck ($h = 6{,}626 \times 10^{-34}\mathrm{J \cdot s}$).

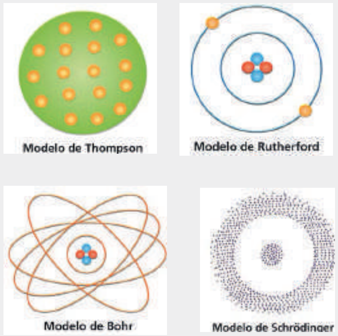
Funciones de trabajo del efecto fotoeléctrico de algunos materiales

Elemento	Función de trabajo (eV)
Aluminio	4,08
Berilio	5,0
Cadmio	4,07
Calcio	2,9
Carbono	4,81
Cesio	2,1
Cobalto	5,0
Cobre	4,7
Oro	5,1
Hierro	4,5
Plomo	4,14
Magnesio	3,68
Mercurio	4,5
Niquel	5,01
Niobio	4,3
Potacio	2,3
Platino	6,35
Selenio	5,11
Plata	4,73
Sodio	2,28
Uranio	3,6
Zinc	4,3

Fuente: https://acortar.link/yDMCKW

Modelos atómicos

Modelo de Dalton (1803)
Modelo de Thomson (1897), átomo como "pudín de pasas"
Modelo de Rutherford (1911), átomo con un núcleo pequeño con electrones orbitando alrededor.
Modelo de Bohr (1913), electrones en órbitas con niveles de energía cuantizados.
Modelo Cuántico (1926), electrones descritos por funciones de onda y probabilidades, formando "nubes" alrededor del núcleo.



Fuente: https://acortar.link/Yhkrwa

El gato de Schrödinger

El experimento mental del Gato de Schrödinger se utiliza para ilustrar la superposición cuántica y la problemática de la medición. En la física cuántica, una partícula puede existir en múltiples estados simultáneamente hasta que se mide. Schrödinger propuso un escenario en el que un gato dentro de una caja podría estar vivo y muerto al mismo tiempo hasta que se observe. Este experimento destaca la paradoja de la mecánica cuántica, cuestionando cuándo y cómo un estado cuántico se convierte en un resultado concreto tras ser medido.

Relación con la física cuántica, superposición cuántica, el gato está simultáneamente en los estados de vivo y muerto hasta que se mide.

Problema de la medición, destaca la paradoja de cómo un estado cuántico se convierte en un resultado definido al ser medido.

Interpretación de Copenhague: Sostiene que un sistema cuántico permanece en superposición hasta que se observa, momento en el cual "colapsa" a uno de los estados posibles. Este experimento mental no es solo una reflexión filosófica, sino una herramienta continua para debatir la interpretación de la mecánica cuántica y la naturaleza de la realidad.

Fuente: Composición creada con imágenes de: https://acortar.link/IAi6vX, https://acortar.link/haQ3dO y una imagen propia

Este principio refleja la naturaleza intrínsecamente probabilística de la mecánica cuántica. En lugar de tener valores definidos, las propiedades cuánticas se describen en términos de probabilidades.

A nivel macroscópico, estos efectos son insignificantes, pero a nivel subatómico, tienen consecuencias fundamentales.
Ejemplos a destacar:

- Electrones en Átomos, la posición de un electrón en un átomo no es fija, sino que se describe como una nube de probabilidad alrededor del núcleo.
- Fotones, al intentar medir simultáneamente la posición y el momento de un fotón, la incertidumbre en una de estas mediciones aumenta a medida que se mejora la precisión de la otra.

Ejemplo 9: La incertidumbre de la posición de un electrón en un átomo tiene precisión de $\Delta x = 1\times10^{-10}\ \mathrm{m}$ (aproximadamente el radio de un átomo). ¿Cuál es la incertidumbre de la cantidad de movimiento?

Solución:

Despejando la incertidumbre de la cantidad de movimiento del principio de Heinsenberg:

$$\Delta p \geq \frac{h}{4\pi \cdot \Delta z}$$

$$\Delta p \approx \frac{6{,}626 \times 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}}{4\pi \cdot 1 \times 10^{-10}\ \mathrm{m}} \approx 5{,}27 \times 10^{-25}\,\mathrm{kg \cdot m/s}$$

La incertidumbre del momento lineal es: $\Delta p \approx 5{,}27 \times 10^{-25}\,\mathrm{kg \cdot m/s}$. El símbolo ($\approx$) indica que se trata de un valor aproximado.

d) La ecuación de Schrödinger

Creada por Erwin Schrödinger en 1925, es una fórmula matemática que describe cómo cambia la "función de onda" de un sistema cuántico a lo largo del tiempo. Esta función de onda contiene información sobre la probabilidad de encontrar partículas en distintos lugares y estados. Aunque la ecuación es compleja, es esencial para entender el comportamiento de las partículas en el mundo cuántico.

El modelo atómico ha evolucionado significativamente desde las primeras teorías hasta nuestro entendimiento moderno basado en la mecánica cuántica:

- Modelo de Thomson (Modelo del Pudín de Pasas), los electrones están incrustados en una esfera cargada positivamente, como pasas en un pudín. No explica los resultados del experimento de Rutherford.
- Modelo de Rutherford, un núcleo central pequeño y denso cargado positivamente con electrones orbitando alrededor. No explica la estabilidad del átomo ni los espectros atómicos. No explica la estabilidad del átomo ni los espectros atómicos.
- Modelo de Bohr, los electrones orbitan el núcleo en niveles de energía discretos. Explica los espectros de emisión del hidrógeno, pero no puede generalizarse a átomos más complejos.
- Modelo Cuántico (Mecánica Cuántica), basado en la ecuación de Schrödinger. Los electrones no siguen órbitas definidas, sino que se describen en términos de probabilidades y distribuciones de densidad electrónica (orbitales). Explica la estructura y comportamiento de átomos y moléculas de manera precisa.

Actividad

Resolvemos las siguientes problemas:

1. Una fuente de luz emite fotones con una frecuencia de $4{,}0\times10^{14}$ Hz ¿Cuál es la energía de un fotón emitido por esta fuente?
2. La luz verde tiene una frecuencia de $6{,}0\times10^{14}$ Hz ¿Cuál es la energía de un fotón de luz verde?
3. En una superficie de cesio, los fotones inciden con una frecuencia de $7{,}0\times10^{14}$ Hz La función de trabajo del cesio es $2{,}1$ eV. ¿Cuál es la energía cinética de los electrones emitidos?
4. Imagina que medimos la incertidumbre de la cantidad de movimiento y el resultado es $5{,}32\times10^{-25}\ \mathrm{kg\cdot m/s}$. ¿Cuál es la incertidumbre la posición?
5. ¿Cuál es la incertidumbre en el momento de un protón que se encuentra confinado dentro de un núcleo atómico cuyo tamaño aproximado de 1×10^{-15} m (esto es un orden de magnitud típico para un núcleo)?

VALORACIÓN

Reflexionemos sobre el impacto del transistor:

La electrónica de las telecomunicaciones, el internet y los teléfonos celulares dependen en gran medida del funcionamiento de los transistores. Los transistores son componentes clave en los circuitos electrónicos que permiten la amplificación y conmutación de señales

El transistor, desarrollado en 1947 ha revolucionado la forma en que se utiliza la electricidad y la información, ya que su funcionamiento se fundamenta en la mecánica cuántica. Esto incluye fenómenos como la creación de huecos y la teoría de bandas de energía, que explica cómo los electrones pueden saltar entre diferentes niveles energéticos. Además, las configuraciones electromagnéticas, que también se basan en principios cuánticos, permiten manipular las corrientes eléctricas en materiales semiconductores, que son los componentes esenciales de los transistores.

Fuente: https://acortar.link/J8Tjud

Después de leer la lectura respondemos las siguientes preguntas:

- ¿Imaginábamos que el transistor, ese pequeño dispositivo, es la pieza clave del desarrollo tecnológico actual?
- ¿Imaginamos un mundo sin electricidad, sin internet y sin teléfonos celulares?
- ¿Cómo sería nuestra vida diaria, nuestras relaciones y nuestra organización social en un entorno así?
- Averigüemos qué otras innovaciones se basan en la física moderna y cómo han transformado nuestras vidas.

PRODUCCIÓN

Realizamos una línea de tiempo sobre el desarrollo de la física moderna

Utilizando materiales llamativos, como cartulinas, papel bond tamaño resma, papel periódico u otros materiales que se puedan exponer fácilmente. El objetivo es crear una representación visual y atractiva de los principales descubrimientos y teorías que han marcado el progreso de la física moderna.

Detalles de la Actividad

Materiales

Utilizaremos una variedad de materiales llamativos para hacer la línea de tiempo visualmente atractiva. Esto incluye: Cartulinas, papel bond tamaño resma, papel periódico: Para añadir textura, otros materiales, cualquier material adicional que los estudiantes consideren útil para decorar y realzar la línea de tiempo.

Fuente: https://acortar.link/LQIUP3

Fechas y acontecimientos

Cada grupo de estudiantes seleccionará una serie de fechas clave que representan los principales descubrimientos y teorías en la física moderna. Cada fecha en la línea de tiempo deberá ir acompañada de un dibujo o gráfico que destaque la importancia del evento. Esto puede incluir imágenes de los científicos involucrados, representaciones de los experimentos, o diagramas que expliquen las teorías.

Además de listar los eventos cronológicamente, los estudiantes deben identificar y resaltar las relaciones entre los diferentes experimentos y hechos. Se animará a los estudiantes a encontrar conexiones y demostrar cómo los descubrimientos se interrelacionan, mostrando cómo un experimento llevó a otro y cómo todos contribuyen a la teoría general de la física moderna.

BIBLIOGRAFÍA

ÁREA: FÍSICA

Beltrán V. y Braun E. (1972), *Principios de Física Problemas resueltos (Vol. 2)*. Ed. Trillas.

Blatt F. (1991), *Física*, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

Giancoli, D. C. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna (Vol. 2, 4.ª ed.)*. Pearson Educación.

Hewitt P., (2009). *Física Conceptual (10.ª ed.).* Pearson Educación.

Ministerio de Educación (2024). *Texto de aprendizaje: Educación Secundaria Comunitaria Productiva.* Subsistema de Educación Regular, 6to. Año. La Paz, Bolivia.

Orear J. (1974), *Manual programado de Física Fundamental*. Ed.Limusa

Orellana, M. V. (2017). *Física Aplicada Electricidad y Magnetismo (2.ª ed.).* Imprenta Stigma.

Physical Science Study Committee. (1962). *Física.* Editorial Reverté.

Physical Science Study Committee. (1975). *Física.* Editorial Reverté.

Sears, F. W., & Zemansky, M. W. (2009). *Física universitaria (12.ª ed.).* Pearson Educación.

Sears, F. W., & Zemansky, M. W. (1973). *Física.* Ed. Aguilar.

Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería (Vol. 2, 7.ª ed.).* Cengage Learning.

Van der Merwe, P. (1999). *Física General* Series Schaum. Ed. McGraw Hill.

Wilson J.(2005). *Física (Vol. 2).* Cengage Learning.

Equipo de redactores del texto de aprendizaje del **6 TO AÑO DE ESCOLARIDAD** de Educación Secundaria Comunitaria Productiva.

PRIMER TRIMESTRE

Lengua Castellana
Juan Carlos Huanca Fernández

Matemática
Wilson Quiroga Escobar

Química
Jonathan Vino Varias

Ciencias Sociales
Ildefonso Fernandez Huanca

Biología - Geografía
Jose Luis Chambi Barrientos

SEGUNDO TRIMESTRE

Lengua Castellana
Luz Marina Mollo Yupanqui

Matemática
Wilson Quiroga Escobar

Química
Paola Carmiña Siles Llanos

Ciencias Sociales
Ildefonso Fernandez Huanca

TERCER TRIMESTRE

Lengua Castellana
Beatriz Astoraique Coro

Matemática
Wilson Quiroga Escobar

Química
Paola Carmiña Siles Llanos

Ciencias Sociales
Ildefonso Fernandez Huanca

Biología - Geografía
David Sinko Yapu

BICENTENARIO DE
BOLIVIA

minedu.gob.bo

@minedubol

minedu_bol