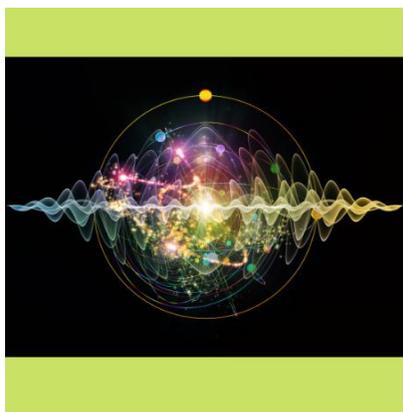




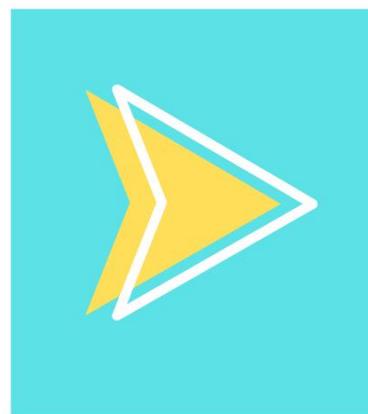
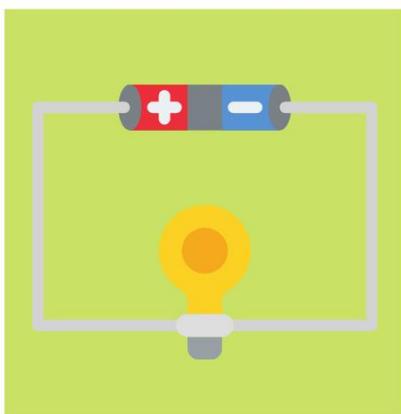
EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

**Dirección General de Educación Tecnológica
Agropecuaria y Ciencias del Mar**



TEMAS DE FÍSICA

CUADERNILLO
para el estudiante



ASESORÍA ACADÉMICA



**SEXTO
SEMESTRE**

Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar

Créditos

Desarrollo de contenido

Andrea Archundia Rodríguez

Aristeo Madera Rejón

Christian Arenas Sánchez

Daniel Igor Arteaga Pérez

Dulce María Marmolejo

Petrona de Jesús Medrano Sánchez

Revisión técnico - pedagógica

Andrea Archundia Rodríguez

Arit Furiati Orta

Itandehui García Flores

Judith Doris Bautista Velasco

Primera edición, 2022

DGETAyCM

México

Introducción

El cuadernillo de Asesorías Académicas de la asignatura de **Temas de Física**, forma parte de una colección de recursos de apoyo para jóvenes estudiantes de los Centros de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA), Centros de Bachillerato Tecnológico Forestal (CBTF), Centros de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales (CETAC), Centros de Estudios Tecnológicos del Mar (CETMAR), los cuales tienen el propósito de ofrecerte elementos para lograr los aprendizajes requeridos y favorecer tu desarrollo académico.

En la primera sección hay aspectos relacionados con la Asesoría Académica que te permitirán ubicarla como elemento de apoyo a tu trayectoria académica.

En la segunda sección te mostramos actividades que te ayudarán a identificar tus áreas de oportunidad, partiendo de la recuperación de tus aprendizajes; así mismo, podrás reforzar aspectos conceptuales que faciliten la comprensión de los contenidos del área físico matemática correspondiente al componente de formación disciplinar extendido.

Encontrarás actividades de reflexión, análisis, lecturas, ejercicios, planteamientos a resolver, entre otras, que podrás poner en práctica para comprender aspectos importantes relacionados con el movimiento ondulatorio, estática, electricidad, termodinámica, circuitos eléctricos, magnetismo, modelos atómicos y relatividad, entre otros.

Esperamos que este material constituya una herramienta valiosa para tu formación y sea útil para apoyar tu proceso de aprendizaje acerca de Temas de Física.

La Asesoría Académica

La asesoría académica es un servicio a través del cual encontrarás apoyo para favorecer el logro de tus aprendizajes. Se brinda mediante sesiones de estudio adicionales a la carga horaria reglamentaria y se te apoya para despejar dudas sobre temas específicos. También se te recomiendan materiales adicionales (bibliografía complementaria, ejercicios, resúmenes, tutoriales, páginas web, entre otros), de los que podrás apoyarte para el estudio independiente y evitar el rezago académico.

La asesoría académica puede ser:

a) Preventiva: acciones con los alumnos que tienen bajo aprovechamiento académico, han reprobado evaluaciones parciales o no lograron comprender algún contenido curricular, y que requieren apoyo para adquirir o reforzar aprendizajes específicos de alguna asignatura, módulo o submódulo. Consiste en lograr que el alumno mejore la calidad de sus aprendizajes, incremente su rendimiento académico y evite la reprobación.

b) Remedial: son acciones con los alumnos que al finalizar el semestre han reprobado alguna asignatura, módulo o submódulo y requieren apoyo académico para mejorar los aprendizajes frente a las evaluaciones extraordinarias y en general para alcanzar los aprendizajes establecidos en el programa de estudios correspondiente. Su propósito es que los alumnos regularicen su situación académica y eviten el abandono escolar.

Índice temático

	Pág.
Lección 1. Movimiento ondulatorio ¿Qué onda con las ondas?..... <i>(Petrona de Jesús Medrano Sánchez)</i>	7
Lección 2. Rapidez de propagación de onda..... <i>(Aristeo Madera Rejón)</i>	18
Lección 3. Efecto Doppler..... <i>(Dulce María Marmolejo y Andrea Archundia Rodríguez)</i>	25
Lección 4. Propiedades de los vectores..... <i>(Christian Arenas Sánchez)</i>	32
Lección 5. Descomposición y suma de vectores..... <i>(Petrona de Jesús Medrano Sánchez)</i>	39
Lección 6. Sumatoria de momentos..... <i>(Dulce María Marmolejo)</i>	52
Lección 7. Carga eléctrica y Ley de Coulomb..... <i>(Daniel Igor Arteaga Pérez)</i>	61
Lección 8. Corriente eléctrica y Ley de Ohm, Potencial eléctrico y el efecto Joule..... <i>(Christian Arenas Sánchez, Dulce María Marmolejo y Andrea Archundia Rodríguez)</i>	77
Lección 9. Circuitos eléctricos y Leyes de Kirchhoff..... <i>(Daniel Igor Arteaga Pérez)</i>	91
Lección 10. Termodinámica..... <i>(Christian Arenas Sánchez)</i>	115
Lección 11. La Mecánica Cuántica de Planck..... <i>(Aristeo Madera Rejón)</i>	127
Lección 12. Modelos Atómicos..... <i>(Aristeo Madera Rejón)</i>	133
Lección 13. Teoría de Relatividad..... <i>(Dulce María Marmolejo)</i>	141

Estructura didáctica

Cada lección se estructura por las siguientes secciones:



Explorando

Sección dirigida a reconocer tu nivel de conocimiento sobre la temática a abordar, puede contener preguntas abiertas, reactivos de opción múltiple ejercicios, actividades, entre otros. Apoya en la detección de las necesidades formativas de los estudiantes, lo que permitirá tomar decisiones sobre las actividades de asesoría que se pueden desarrollar.



Comprendiendo

Se trabaja con lecturas que brindan elementos para la comprensión de los contenidos (temáticas) que se abordan en la asesoría académica y promueve la comprensión lectora, constituye un elemento para el estudio independiente.



Practicando

Promueve la ejercitación e integración de contenidos que se abordan en la lección. Refiere el desarrollo de estrategias centradas en el aprendizaje (elementos didácticos para brindar orientaciones a partir de ejercicios como resolución de problemas, dilemas, casos prácticos, etc). Permite poner en práctica lo revisado en la sección de habilidad lectora y facilita el aprendizaje de los contenidos temáticos.



Autoevaluación

Aporta elementos para que te autoevalúes y tomen junto con tu asesor académico medidas oportunas para continuar con tu proceso de aprendizaje.



Investigando

Se te proporcionan recomendaciones sobre recursos de apoyo y material centrado en áreas específicas, para fortalecer la temática estudiada.

Lección 1. Movimiento Ondulatorio ¿Qué onda con las ondas?



Explorando

Responde las siguientes preguntas

- Una onda es:
 - Una perturbación
 - Un movimiento
 - Una fuerza
- ¿Qué fenómeno físico se produce cuando lanzamos un objeto a una fuente o estanque con agua en reposo?
 - Onda electromagnética
 - Onda mecánica
 - Onda sonora
- De las siguientes aplicaciones tecnológicas, ¿cuál funciona debido a las ondas?
 - Sismógrafo
 - Ultrasonido
 - Radio y la televisión
 - Satélites
 - Todas las anteriores
- Todas las ondas, pueden percibirse.
 - Verdadero
 - Falso
- Piensa en un resorte de juguete, ¿cómo se propagan las ondas que produce?
 - En una sola dimensión
 - En dos dimensiones
 - En todas las direcciones
- De acuerdo con la siguiente imagen, ¿qué onda tiene mayor longitud de onda?
 - Negra
 - Azul





Movimiento Ondulatorio

Es el proceso mediante el cual se propaga energía de un lugar a otro sin que exista transferencia de materia, mediante ondas mecánicas o electromagnéticas, es decir, las ondas transportan energía y cantidad de movimiento a través del espacio, sin transportar materia. Hay que destacar que en cualquier punto de la trayectoria de propagación se produce un desplazamiento periódico, o una oscilación.



Por ejemplo, una oscilación de moléculas de aire se presenta cuando el sonido viaja a nuestros oídos por la atmósfera. La luz que llega a nuestros ojos llega a través de una onda electromagnética, así como las ondas que llegan a nuestros televisores. Una oscilación de moléculas de agua se percibe en las olas que se forman en la superficie del mar. Además, las ondas se pueden producir al comprimir o mover un objeto, tal es el

caso de un resorte o una cuerda.

En todos estos casos, las partículas ondean o se mecen en torno a su posición de equilibrio y sólo la energía avanza de forma continua. Estas ondas se denominan **mecánicas** porque la energía se transmite a través de un medio material, sin ningún movimiento del propio medio.

Las únicas ondas que no necesitan un medio material para su propagación son las **ondas electromagnéticas**, en este caso las oscilaciones corresponden a variaciones en la intensidad de campos magnéticos y eléctricos.



Onda de sonido

Ondas

Vaivén que ocurre tanto en el espacio como en el tiempo, se extiende de un lugar a otro.

¿Cuál es la diferencia entre onda mecánica y onda electromagnética?

Ondas mecánicas

Son las ondas que se crean, por ejemplo, cuando dejamos caer un objeto sólido en un estanque de agua, se origina un movimiento que se difunde en círculos concéntricos, que al cabo de un tiempo se extienden a todas las partes del estanque; esto es, que se desplaza a través de un medio deformable, el agua en este caso, a diferencia de aquellos que no requieren de un medio para su propagación, es decir, lo que se mueve es la perturbación y no el agua, ya que ésta permanece en el mismo lugar.



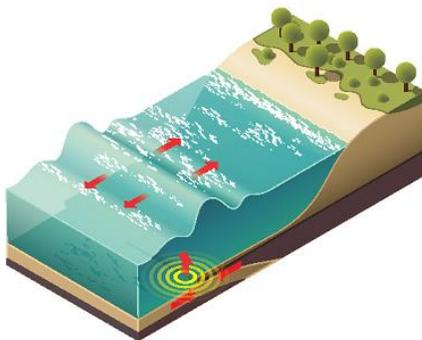
Por lo tanto, podemos decir que las ondas mecánicas viajan de un lugar a otro a través de un medio material, originando una perturbación temporal, sin que implique un desplazamiento en la materia. Son ejemplos de ondas mecánicas, el sonido que viaja a través del aire (ondas sonoras), las ondas del agua, las ondas sísmicas y las ondas que viajan a través de un resorte.

Ondas mecánicas

Son las ocasionadas por una perturbación y que requieren de un medio material para su propagación.



Onda sonora



Onda Sísmica

Cuando juegas con un resorte se producen ondas de expansión y compresión haciendo que el movimiento ondulatorio se propague en una sola dirección



Ondas electromagnéticas

Es importante distinguir los tipos de perturbaciones o movimientos ondulatorios, ya que no todas las perturbaciones son precisamente mecánicas. En el caso de las ondas de luz, las ondas de radio y la radiación térmica, propagan su energía por medio de perturbaciones eléctricas y magnéticas, no hace falta ningún medio físico para su transmisión, a este tipo de ondas se les conoce como electromagnéticas.



La radiación electromagnética se produce por la vibración de electrones o de otras partículas con carga eléctrica. La energía que se genera por esta vibración viaja en forma de ondas electromagnéticas; tales ondas se caracterizan por su **longitud de onda (λ)**.

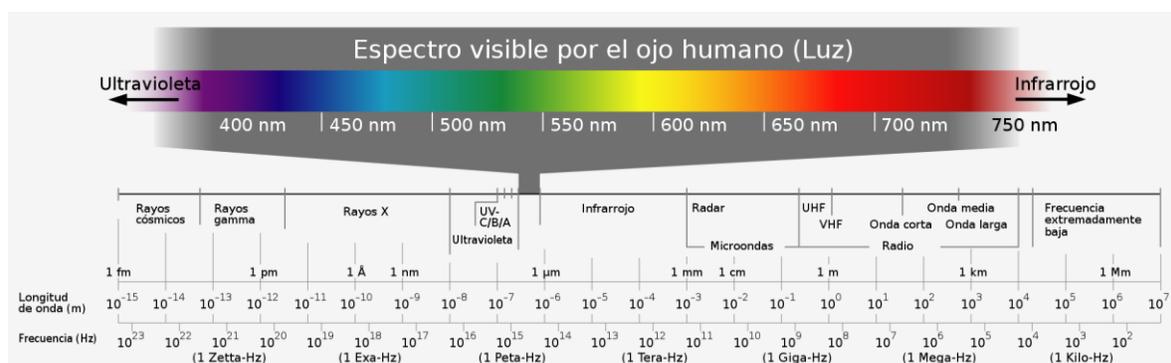
La luz

Es una onda electromagnética que se propaga en el vacío.

Ondas electromagnéticas

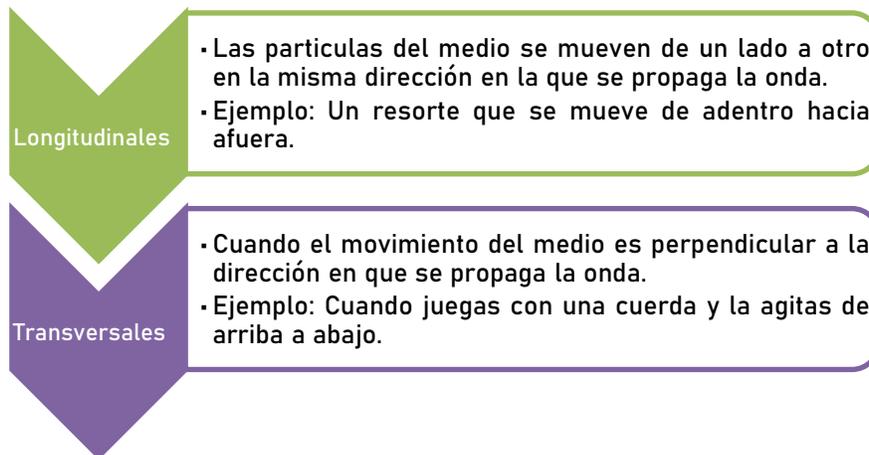
Son aquellas que no necesitan de un medio material para su propagación, ya que se difunden aún en el vacío, como es el caso de las luminosas, caloríficas y de radio.

Por ejemplo, la luz visible forma parte de una familia de ondas electromagnéticas como lo son: las ondas de radio, microondas, infrarrojo y rayos X, que incluyen los rayos ultravioleta y gamma. Todas estas ondas que conforman la luz tienen diferentes frecuencias y longitudes de onda, pero tienen la misma rapidez. La siguiente imagen muestra el comportamiento de las ondas que conforman el espectro electromagnético.



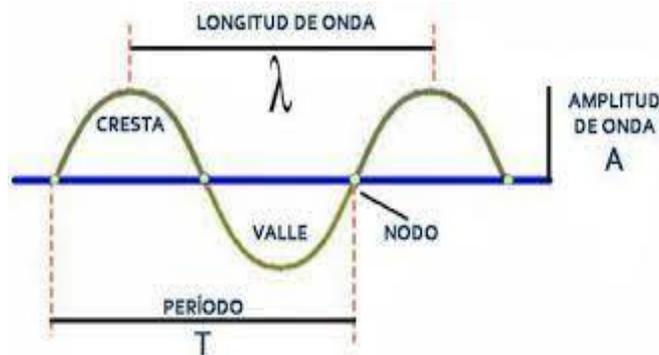
Clasificación de las ondas

Las ondas se clasifican de acuerdo con los movimientos ondulatorios (dirección de las partículas del medio) en:



Características de las ondas

Cada onda está compuesta por los siguientes elementos: cresta, valle, nodo, amplitud, longitud, frecuencia y período de onda. En la siguiente figura se puede apreciar una curva senoidal característica de las ondas, además de otros elementos que la integran.



Elementos de las ondas	
Cresta	Punto más alto de una onda.
Valle	Punto más bajo de una onda.
Amplitud de onda	Es la distancia del punto medio a la cresta (o valle) de la onda.
Longitud de onda	Es la distancia desde la cima de una cresta hasta la cima de la cresta siguiente. La longitud de onda se simboliza con la letra del alfabeto griego lambda (λ) y se mide en metros (m).
Nodo	Es el punto donde la onda cruza la línea de equilibrio
Periodo (T)	tiempo que tarda en completar una vibración o ciclo de la onda. Se mide en s .
Rapidez de onda o	Es la velocidad con que se desplazan las crestas (o valles) de una

velocidad de propagación (v)	onda en la dirección de una línea llamada rayo o vector de propagación. La velocidad de una onda se mide en m/s y está en función de su longitud de onda y su período.
Frecuencia (f)	Es el número de ondas, oscilaciones o vibraciones que se efectúan en un determinado tiempo. Se mide en ciclos/s, esto es, en Hertz (Hz) . $f = \frac{1}{T}$ Donde: T = periodo en s/ciclo f = frecuencia en ciclo/s

Hertz (Hz)

La unidad de frecuencia es llamada **Hertz (Hz)**, en honor a **Heinrich Hertz**, quien demostró la existencia de las ondas de radio en un ciclo por segundo.

Las frecuencias altas se miden en **KiloHertz (kHz)**, las frecuencias aún más elevadas en **MegaHertz (MHz)** o en **GigaHertz (GHz)**. A continuación, se muestran las equivalencias.

Equivalencias

1 kiloHertz = 1000 Hertz

1 MegaHertz = 1000000 Hertz

1 GigaHertz = 1000 000000 Hertz

¿Sabías qué?

Para que el ser humano pueda oír un determinado sonido su frecuencia debe estar comprendida entre los 20 y los 20,00 Hz que se considera el rango audible.



Ejemplos

1. Sobre el agua de una pileta caen gotas de agua provenientes de un tubo colocado arriba de ella. Las gotas caen espaciadas. Se observa que entre gota y gota pasan 4 segundos, y las ondas producidas tienen una longitud de onda de 2 m ¿Cuál es el periodo y la frecuencia de esta perturbación ondulatoria en el agua de la pileta?

Solución

Datos	Fórmula (s)	Sustitución
Periodo T = 4 s Frecuencia f = ?	$f = \frac{1}{T}$	f = 1/4 s f = 0.25 /s El periodo T = 4s La frecuencia f = 0.25 Hz

2. Un resorte realiza 25 oscilaciones en 20 segundos, calcular: el período y la frecuencia.

Datos	Fórmula (s)	Sustitución
Si realiza 25 oscilaciones en 20 s, entonces en un segundo realiza 1.25 oscilaciones o ciclos: <i>25 osc. o ciclos en 20 s</i> <i>1 osc. o ciclo en X s</i> <i>X = 0.8 s.</i> <i>Tarda en dar una vuelta, oscilación o ciclo.</i> Es decir T= 0.8 s Período T =? Frecuencia f = ?	Período T = Tiempo que tarda el resorte en realizar una oscilación completa T=0.8 s $f = \frac{1}{T}$	T = 0.8 s f = 1/T f = 1/0.8 s f = 1.25 Hz . Expresa que la onda realiza 1.25 oscilación en un segundo



Practicando

Responde las siguientes preguntas.

1. ¿Cuáles son los tipos de ondas que se desplazan de manera perpendicular?

2. Con base en el espectro electromagnético ¿qué onda presenta mayor longitud de onda y cuál menor longitud?

Resuelve los siguientes ejercicios

Calcula la frecuencia de una onda cuyo período es de 0.025 s.

Datos	Fórmula (s)	Sustitución
Resultado:		

¿Cuántas oscilaciones (ciclos o vueltas) por segundo genera una onda con una frecuencia de 10 Hz?

Datos	Fórmula (s)	Sustitución
Resultado:		

Calcula el período de una onda cuya frecuencia es 20 Hz.

Datos	Fórmula (s)	Sustitución
Resultado:		



Auto evaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Comprendo la definición de movimiento ondulatorio.		
Identifico algunos fenómenos ondulatorios que se presentan espontáneamente en la naturaleza.		
Soy capaz de diferenciar entre onda mecánica y onda electromagnética.		
Reconozco los elementos o partes que conforman a las ondas e identifico cada uno de ellos.		
Soy capaz de calcular el periodo y la frecuencia de una onda, utilizando los datos proporcionados.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Universidad Veracruzana (2014). Movimiento ondulatorio. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2014/05/D1.-Movimiento-ondulatorio.pdf>
- Ciencias Física. (2020). Ondas mecánicas y ondas electromagnéticas. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=7HTDKFBRj7k>
- PROFE KWA. (2019). MOVIMIENTO ONDULATORIO Ejercicios Resueltos. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=jc58riXnrxM>

Referencias

- Paul E, Tippens. (2011). Física Conceptos y aplicaciones. México, D.F: Editorial McGraw Hill.
- Núñez, M. (2014). Física 2 Cuaderno de trabajo. Limusa-Noriega. México, D.F.
- Universidad Veracruzana (2014). Movimiento ondulatorio.
<https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2014/05/D1.-Movimiento-ondulatorio.pdf>

Imágenes tomadas de:

- <https://www.canva.com/>
- <https://pixabay.com/es/>
- https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Espectro_Electromagn%C3%A9tico.JPG

Lección 2. Rapidez de propagación de onda



Explorando

Relaciona cada magnitud física con su correspondiente unidad de medida

Concepto	Unidad de Medida
1. Frecuencia	() metro/segundo [m/s]
2. Velocidad	() metro [m]
3. Periodo	() Hertz [Hz]
4. Longitud de Onda	() segundo [s]
5. Fuerza	() Newton [N]

Responde las siguientes preguntas

1. ¿Con qué variables consideras se relaciona la rapidez de una onda?

2. La longitud de onda de un sonido, aumenta o disminuye conforme se incrementa su frecuencia



Rapidez de propagación

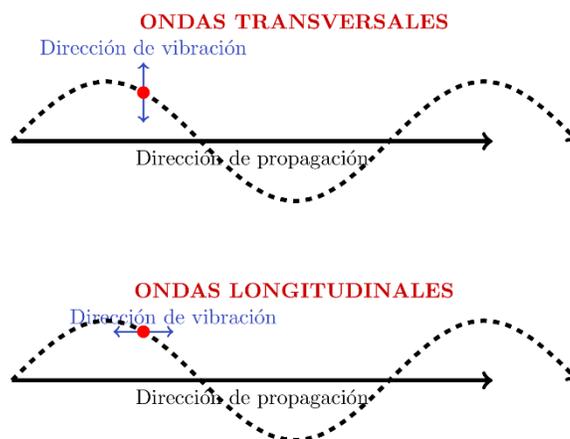
La rapidez de propagación se refiere a la velocidad con la cual el movimiento ondulatorio se propaga a través del medio en el cual se mueve. Por ejemplo, si observamos la cresta de una ola de mar detenidamente, podemos ver que dicha cresta va recorriendo una distancia a medida que transcurre el tiempo.



Otro ejemplo donde puedes observar el efecto de la rapidez de onda es cuando las ondas sonoras se desplazan con una rapidez de 330 m/s a 350 m/s en el aire, mientras que en el agua es 4 veces más rápida.

Se puede decir que cualquiera que sea el medio existe una relación entre la longitud de onda, la rapidez y la frecuencia de esta. Por lo que, la rapidez de propagación se calcula como el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo que transcurre para recorrer dicha distancia, siendo su unidad de medida es **m/s**.

Recordemos que las ondas mecánicas requieren un medio de propagación. La naturaleza y características del medio en el cual la onda mecánica se desplaza influyen en la velocidad de propagación de dicha onda. Es importante tener en claro que, la rapidez de propagación es un concepto diferente a la rapidez de vibración en el movimiento ondulatorio. En un movimiento ondulatorio transversal, la dirección de propagación es perpendicular a la dirección en que las moléculas vibran. Por el contrario, en el movimiento ondulatorio longitudinal, la dirección de vibración de las moléculas y la de propagación coinciden. Esto se puede entender mejor con el siguiente diagrama.



Módulo de Young y densidad

Como se mencionó anteriormente, la velocidad con la que una onda se propaga en un medio material depende de las características de esta. En particular depende de dos parámetros, que están presentes en la siguiente expresión:

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

En la expresión anterior, donde (Y) es el módulo de Young y (ρ) es la densidad del medio. El primero es una medida de la elasticidad del material a través del cual se propaga la onda, es decir, a la facilidad que el material tiene de regresar a una posición de equilibrio cuando se somete a una deformación.

El módulo de Young se obtiene experimentalmente para los diferentes materiales. Su unidad de medida es el **N/m²**.

Por su parte, la densidad del medio se define como la división de la masa que ocupa el material por unidad de volumen. Su unidad de medida es el **kg/m³**.

A continuación, se presenta una tabla con los valores experimentales del módulo de Young y la densidad de diversos materiales.

Material	Módulo de Young (x 10 ¹⁰ N/m ²)	Densidad (kg/m ³)
Cobre	17.5	8900
Aluminio	7.17	2800
Hierro	21	7800
Vidrio	7	2500
Caucho	0.001	950

En el caso de las ondas electromagnéticas:

- Su velocidad de propagación en el vacío es de 3×10^8 m/s
- En el aire, se considera que la velocidad de una onda electromagnética toma el mismo valor.
- En medios materiales, la propagación de las ondas electromagnéticas es menor.
- A mayor densidad del medio, la velocidad de propagación disminuye.

Ejemplo: en algunas películas se puede observar que los indios acercan su oído a los rieles del tren para saber si algún enemigo se aproxima. Esto tiene su fundamento en que la velocidad del sonido en el hierro es mayor que en el aire. Calcula la velocidad del sonido que se propaga en los rieles de hierro.

Datos	Fórmula	Sustitución y resultado
$Y = 21 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$	$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$	$v = \sqrt{\frac{21 \times 10^{10}}{7800}}$ $v = \sqrt{26923076.92}$ $v = 5188.74 \text{ m/s}$

Otra manera de calcular la velocidad de propagación de una onda es con la longitud de onda (λ) en metros y la frecuencia (f) en Hertz. Las tres variables están relacionadas por la expresión:

$$v = f\lambda$$

Donde:

v = rapidez de la onda

f = frecuencia

λ = Longitud de onda

Realizando los despejes correspondientes, podemos encontrar las expresiones para calcular la longitud de onda o la frecuencia:

$$f = \frac{v}{\lambda} \text{ o } \lambda = \frac{v}{f}$$

Ejemplo: el oído humano puede escuchar frecuencias que van desde los 20 Hz (sonidos graves) hasta los 20 KHz (sonidos agudos). ¿Cuáles son las longitudes de onda correspondientes a dichas frecuencias? Nota: El sonido viaja a una velocidad aproximada de 343 m/s en el aire.

Datos	Fórmula	Sustitución y resultado
$v = 343 \text{ m/s}$ $f_1 = 20 \text{ Hz}$ $f_2 = 20000 \text{ Hz}$	$\lambda = \frac{v}{f}$	$\lambda_1 = 343 \text{ m/s} / 20\text{Hz}$ $\lambda_1 = 17.5 \text{ m.}$ $\lambda_2 = 343 \text{ m/s} / 20,000\text{Hz}$ $\lambda_2 = .0171 \text{ m.}$



Practicando

Resuelve los siguientes problemas

Calcula la velocidad de una onda de sonido que se propaga en el agua, si se sabe que tiene una frecuencia de 5 kHz y su longitud de onda vale 29 cm.

Datos	Fórmula	Sustitución y resultado

Calcula la velocidad a la cual se propaga una onda en una varilla de acero.

Datos	Fórmula	Sustitución y resultado



Auto evaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Comprendo el concepto de rapidez de propagación de onda.		
Entiendo la relación que existe entre la velocidad, la frecuencia y la longitud de onda.		
Entiendo que las ondas se propagan a diferentes velocidades en diferentes medios.		
Soy capaz de manejar las tablas de densidades y módulos de elasticidad para calcular la rapidez de propagación en diferentes materiales.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Ya casi en la Uni (2019). Ejercicios de rapidez de la velocidad de propagación de ondas. Disponible en: <https://youtu.be/fYo-YLZyf88>
- Khan Academy Español (2016). Rapidez relativa del sonido en sólidos, líquidos y gases. Disponible en: <https://youtu.be/UKjArU7sWgA>
- Protecto ExperTIC (2020). Programas de excelencia académica. Velocidad de propagación de una onda. Disponible en: <https://youtu.be/YMB75ynVuCg>

Referencias

- McGraw Hill (s.f). Física y Química. Recuperado de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448191544.pdf> (Consultado el 7 de diciembre de 2021)
- Medina Guzman, H (s.f). Movimiento ondulatorio y ondas. Recuperado de <https://www.kimerius.com/app/download/5783805772/Movimiento+ondulatorio+y+ondas.pdf> (consultado el 9 de diciembre de 2021)
- Resnick, R. y Halliday, D. (2001) Física, Volumen 1. Compañía Editorial Continental.
- M. Alonso y E. Finn. (1995). Física, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana.

Imágenes tomadas de:

- <https://www.canva.com/>

Lección 3. Efecto Doppler



Explorando

Contesta las siguientes preguntas

1. ¿Qué es una onda?

2. Menciona cinco diferentes casos en donde se presentan las ondas

3. Cuando una fuente de ondas se aproxima a ti:

- a) Observas un aumento en la rapidez de las ondas
- b) Observas una disminución en la rapidez de las ondas
- c) No cambia

4. Cuando una ambulancia se aleja de ti, el tono de la sirena se hace más:

- a) Grave
- b) Agudo
- c) Diatónico

5. Si te acercas a la ambulancia, la frecuencia percibida es:

- a) Menor
- b) Mayor
- c) Igual





Ondas sonoras

El sonido es el fenómeno que se produce cuando un cuerpo vibra, y como ya se observó en lecciones pasadas se propaga por medio de ondas mecánicas, transmitiéndose en todas las dimensiones. El aire es el medio por el que se transmite generalmente el sonido, pero también se puede transmitir por líquidos o sólidos, como es en los terremotos.

Se puede decir que la rapidez del sonido va a cambiar en los diferentes medios, el sonido se transmite:



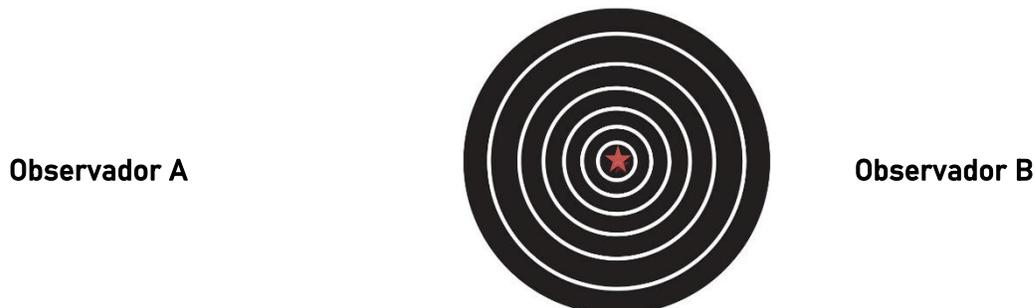
Efecto Doppler

El efecto Doppler consiste en un cambio aparente en la frecuencia de un sonido, durante el movimiento relativo entre el observador o receptor y la fuente sonora. Se llama así en honor al científico austriaco Christian Doppler.

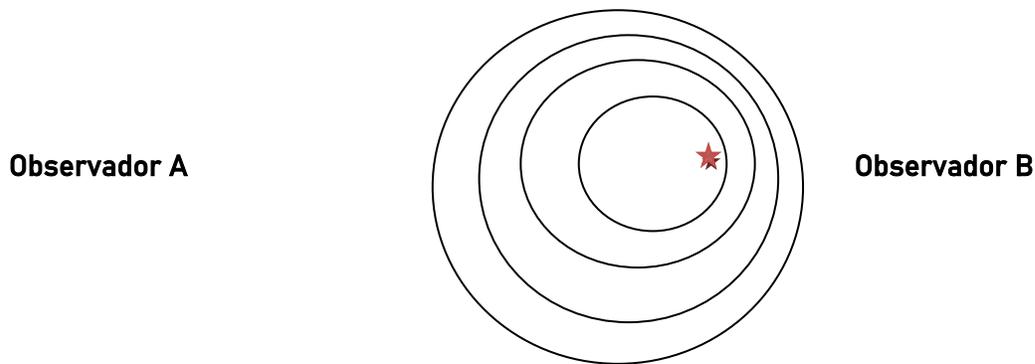
Quando mayor es la rapidez de la fuente, más grande es el efecto Doppler

Comportamiento de las ondas en el efecto Doppler

En la siguiente imagen se puede observar cómo se propaga una onda de una fuente de audio fija que produce sonido a una frecuencia constante, en la cual todos los observadores escucharán a la misma frecuencia.



En la siguiente imagen, se puede observar el patrón de ondas producido si la fuente de sonido se mueve, las ondas se deforman y ya no se forman círculos concéntricos. Las crestas circulares se van a desplazar en la misma dirección de la fuente de sonido. El observador B, detecta una frecuencia mayor.



Aplicaciones del Efecto Doppler

Por ejemplo, al escuchar una ambulancia, notamos que el tono de la sirena se hace agudo a medida que se aproxima y después se hace grave al alejarse. También lo puedes notar cuando un auto está cerca de ti y suena su claxon, el tono es más alto de lo normal. En ambos casos, es porque las crestas de las ondas sonoras llegan a ti con mayor frecuencia, una vez que el auto se aleja de ti las ondas sonoras llegan con menor frecuencia.



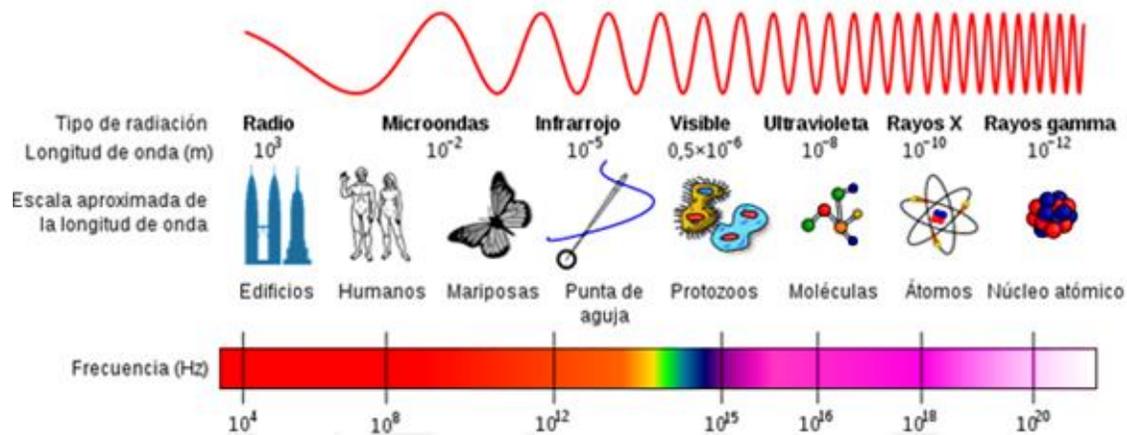
Otra aplicación es cuando vas manejando en carretera y están los federales midiendo con un radar la rapidez de los autos. Este dispositivo funciona a través de ondas electromagnéticas de menor frecuencia que la luz y mayor frecuencia que las ondas de radio. El sistema de radar lo que realiza es rebotar las ondas sobre el auto en movimiento y calcula la rapidez del auto respecto a la unidad del radar comparando la frecuencia de las ondas emitidas por la antena con la frecuencia de las ondas que se reflejan.



El efecto Doppler tiene gran aplicación médica debido a que se utiliza en los ultrasonidos o ecografías para mostrar imágenes de estructuras al interior de una persona empleando el sonido de alta frecuencia, por ejemplo, se puede ver el latido del corazón de un bebé.

Además, la luz también está sujeta a este efecto, es decir, si una fuente de luz se aproxima aumenta la frecuencia medida y la luz presenta una longitud de onda más corta, cuando la fuente se aleja disminuye su frecuencia, y se desplaza en longitudes de onda más largas. Teniendo su base en el espectro electromagnético, si el aumento de frecuencia va hacia el extremo de altas frecuencias o azul, se le conoce como desplazamiento hacia el azul, mientras tanto, una disminución de la frecuencia se describe como desplazamiento hacia el rojo, debido a que va hacia el extremo de bajas frecuencias, o rojo.

En la siguiente imagen se puede observar información del espectro electromagnético. En ella se muestra los tipos de onda, la longitud de onda, la frecuencia de estas.



Los astrónomos utilizan la medición de este desplazamiento en las estrellas y galaxias para calcular su rapidez. Si se alejan de nosotros su desplazamiento es hacia el rojo, si se acercan a nosotros su desplazamiento es hacia el azul.

Para calcular la frecuencia aparente de un sonido que escucha un observador, tenemos las siguientes situaciones:

- Cuando la fuente sonora está en movimiento y el observador se encuentra en reposo, se usa la expresión:

$$F' = FV / V \pm U$$

Donde:

F' = Frecuencia aparente escuchada por el observador en ciclo/s

F = Frecuencia real del sonido emitido por la fuente sonora en ciclo/s

V = Valor de la velocidad a la que se propaga el sonido en el aire en m/s

U = Valor de la velocidad a la que se mueve la fuente sonora en m/s

Debes tomar en cuenta que:

El signo menos de la expresión se utiliza si la fuente sonora se acerca al observador y el signo más cuando se aleja de él.

- Si la fuente sonora permanece en reposo y el observador es quien se acerca o aleja de ella, se usa la expresión:

$$F' = F(V \pm U) / V$$

Donde:

F' = Frecuencia aparente escuchada por el observador en ciclo / s

F = Frecuencia real del sonido emitido por la fuente sonora en ciclo / s

V = Valor de la velocidad a la que se propaga el sonido en el aire en m/s

U = Valor de la velocidad a la que se mueve la fuente sonora en m/s

Debes tomar en cuenta que:

El signo más de la expresión se utiliza si el observador se acerca a la fuente sonora y el signo menos cuando se aleja.

Ejemplo

Una ambulancia lleva una velocidad cuyo valor es de 70 km/h y su sirena suena con una frecuencia de 830 Hz que frecuencia aparente escucha un observador que está parado, cuando:

- a. La ambulancia se acerca a él.
- b. La ambulancia se aleja de él. Considere la velocidad del sonido en el aire con un valor de 340 m/s.

Datos	Fórmula	Sustitución y resultado
V= 70 km/h F= 830 Hz F'=? V = 340 m/s	$F' = FV / V \pm U$	Utilizando la regla de la cadena para conversiones: $70 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1000\text{m}}{1\text{km}} * \frac{1 \text{ h}}{3600\text{s}} = 19.44 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ a) $F' = \frac{830 \text{ Ciclos/s} * 340 \text{ m/s}}{340\text{m/s}-19.44\text{ms}}$ = 880.33 Hz b) $F' = \frac{830 \text{ Ciclos/s} * 340 \text{ m/s}}{340\text{m/s}+19.44\text{ms}}$ = 785.11 Hz



Practicando

Resuelve los siguientes ejercicios

Se percibe el resplandor de un rayo y 5 segundos después se escucha el ruido del trueno, calcular a qué distancia del observador cayó el rayo. La velocidad del sonido en el aire tiene un valor de 340 m/s.

Datos	Fórmula	Sustitución y resultado

Un automovilista que viaja a una velocidad de 80 km/h escucha el silbato de una fábrica cuya frecuencia es de 1100 Hz. Considera la velocidad del sonido en el aire de 340 m/s. Calcular la frecuencia aparente escuchada por el automovilista cuando:

- a) Se acerca a la fuente
- b) Se aleja de la fuente

Datos	Fórmula	Sustitución y resultado



Autoevaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Logro explicar el concepto de onda.		
Reconozco algunas aplicaciones del Efecto Doppler en mi entorno.		
Puedo distinguir la diferencia entre frecuencia y rapidez.		
Entiendo el comportamiento de las frecuencias respecto al movimiento relativo de la fuente.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- University of Colorado Boulder. Simulador de ondas. PhET Interactive Simulations. Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/fourier-making-waves>
- Sea. Astronomía Efecto Doppler. Disponible en: <https://www.sea-astronomia.es/glosario/efecto-doppler>
- Efecto Doppler-Doppler Effect. Profesor Sergio Llanos. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=pBHIKYQ1228>
- Efecto Doppler. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=UEBNJqUW50k>

Referencias

- Pérez Montiel, H. (2000). *Física General*. Segunda Edición. Publicaciones Cultural. México.

Imágenes tomadas de:

- <https://www.canva.com/>
- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/EM_Spectrum_Properties_es.svg

Lección 4. Propiedades de los vectores



Explorando

Relaciona las palabras con el ejemplo que le corresponda, puedes usar diferentes colores

Palabras	Ejemplos
Cantidad vectorial	Rosa de los Vientos
Cantidad escalar	$\theta = 90^\circ$
Vector	$B = -2, -3$
Norte, Sur, Este, Oeste	2 metros
Ángulo	$A = 4, 8$
Coordenada Negativa	10 km/h hacia el norte
Coordenada Positiva	

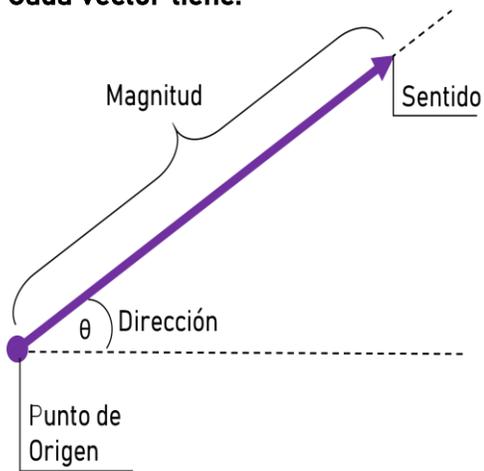


Comprendiendo

Características de un vector

Recordemos que un vector (\vec{v}) se representa por medio de una flecha para identificar una magnitud vectorial, por ejemplo: desplazamiento, fuerza, velocidad, aceleración, gravedad, peso, campo magnético, campo eléctrico, etc.

Cada vector tiene:



Punto de origen, es la partida exacta en el que actúa el vector.

Magnitud, es la longitud del vector.

Dirección, es el ángulo que forma el vector con respecto a la línea sobre la cual actúa.

Sentido, está señalado por la punta de la flecha. En un plano cartesiano se puede identificar por signos convencionales (+) o (-), También por puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste, etc.)

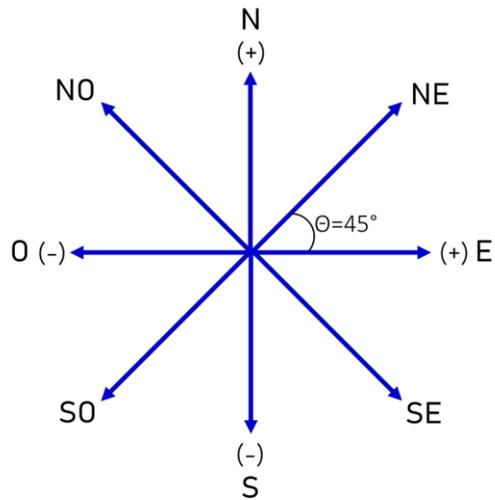
Ejemplos: Dirección y Sentido.



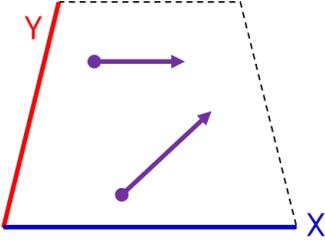
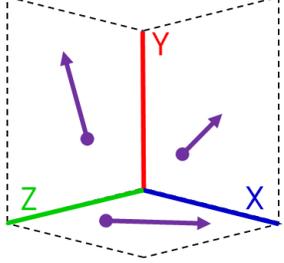
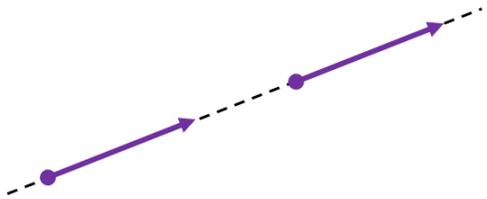
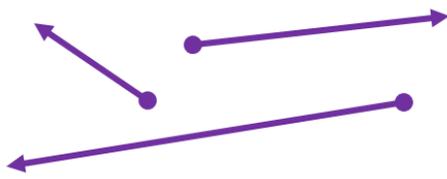
En este ejemplo vemos dos vectores con la misma magnitud y dirección, pero su sentido es diferente.

Recordemos que el sentido de los vectores se identifica por medio de signos convencionales o puntos cardinales.

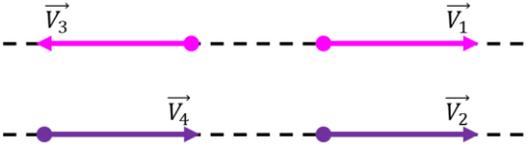
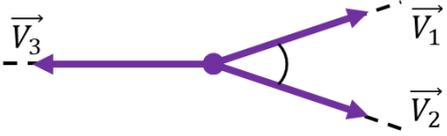
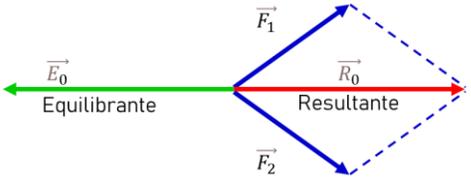
La dirección del vector es el ángulo de inclinación.



Tipos de vectores

<p>Coplanares. Se encuentran en un mismo plano, de lo contrario son No Coplanares.</p>	
 <p>Coplanares</p>	 <p>No coplanares</p>
<p>Deslizantes</p> <p>Se pueden desplazar a lo largo de su línea de acción manteniendo su ángulo.</p> 	<p>Libres</p> <p>No tienen un punto de acción en particular, se pueden mover manteniendo su ángulo.</p> 

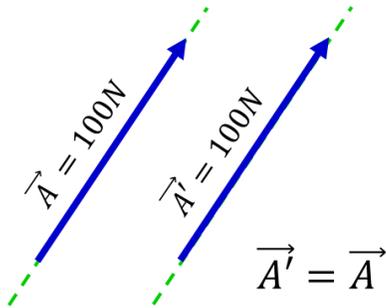
Sistemas de vectores

<p>Colineales</p> <p>Lo conforman dos o más vectores que se encuentran en la misma dirección y línea de acción.</p> 	<p>Concurrentes o angulares</p> <p>Lo conforman vectores que forman un ángulo, es decir, la dirección o línea de acción se cruzan en un punto de aplicación</p> 
<p>Resultante. Es el vector capaz de sustituir un sistema de vectores.</p> <p>Equilibrante. Es el vector capaz de cancelar el vector resultante, teniendo la misma magnitud y dirección que la resultante, pero con sentido contrario.</p>	

Propiedades de los vectores

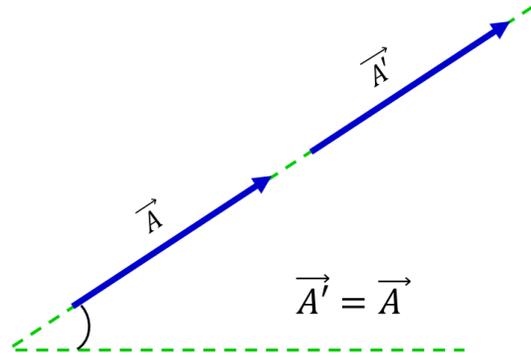
Igualdad de vectores

Dos vectores son iguales cuando su magnitud, dirección y sentido también son iguales, esto nos permite mover de forma paralela dichos vectores.



Transferencia del punto de aplicación

El efecto externo de un vector deslizante no cambia si se traslada en su misma dirección.

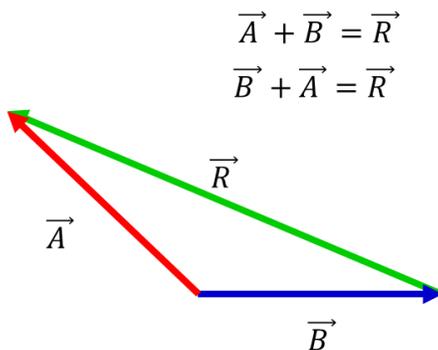


Suma de vectores

Se pueden sumar dos o más vectores, si tienen la misma unidad de medida.

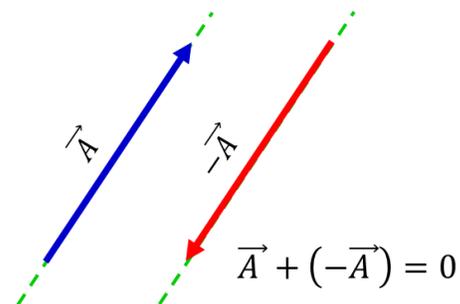
Ley conmutativa de la suma de vectores.

Sin importar el orden en que se suman dos o más vectores, el resultado es el mismo.



Negativo de un vector.

El vector \vec{A} que sumado al vector $-\vec{A}$ da un resultado igual a cero $\vec{A} + (-\vec{A}) = 0$

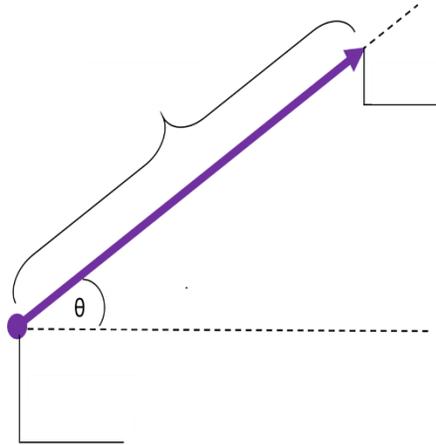




Practicando

Escribe las características del vector en la siguiente imagen

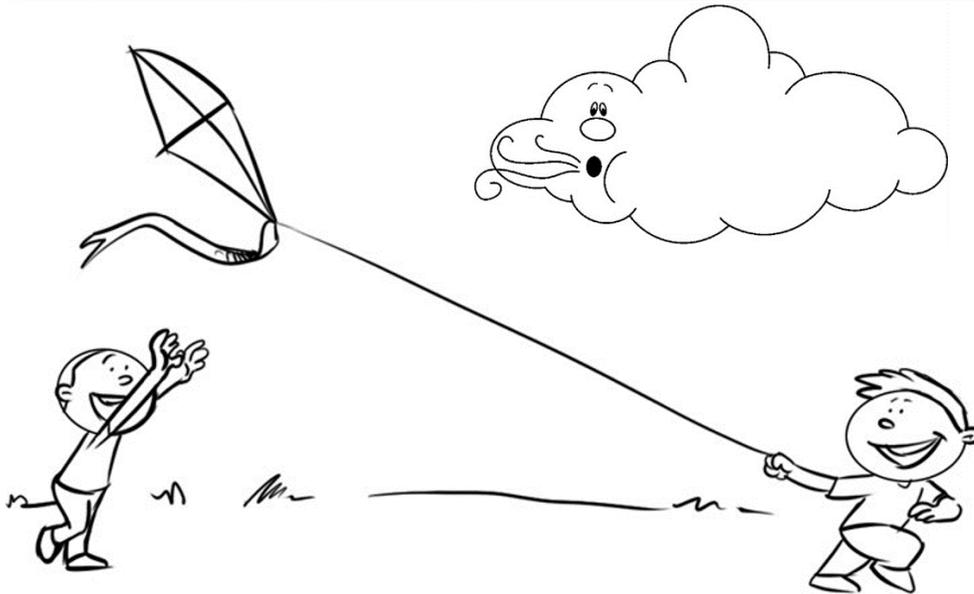
Sentido – Dirección – Punto de Origen – Magnitud.



Recorta y pega imágenes de ejemplos de actividades cotidianas en las cuales podemos identificar los sistemas de vectores. Explica cada una de ellas.

Colineales	Concurrente o angulares

Observa la imagen y dibuja las flechas para identificar las propiedades de los vectores. (Utiliza un color para cada propiedad)



Adaptado de: <https://www.conmishijos.com/ocio-en-casa/dibujos-para-colorear/dibujos-n/ninos-volando-una-cometa.html>

De acuerdo con la imagen anterior explica en qué momento identificas cada una de las propiedades de los vectores.

Igualdad de vectores:

Transferencia del punto de aplicación:

Suma de vectores:

Vector con un sentido (negativo):



Auto evaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Soy capaz de identificar las características de un vector		
Comprendo los sistemas de vectores.		
Logro ilustrar como están conformados los sistemas de vectores.		
Soy capaz de describir las propiedades de los vectores en diferentes situaciones.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Simulador de suma de vectores (s/f). Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/vector-addition>
- Matemáticas profe Alex. (2019). *Vectores*. Disponible en: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLeySRPnY35dEaZT3iJUNdKkgLEZE5x-Jd>
- Física Today. (2016). *Propiedades de vectores*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=V3aqol2KoT8&t=3s>

Referencias

- Héctor Pérez Montiel. (2015) 5ta Edición. *Física General*. Editorial Patria.
- Murray R. Spiegel. (2011). *Análisis Vectorial*. Editorial Mcgraw-Hill
- Benítez López, Rene. (2015) 3ra Edición. *Geometría Vectorial*. Editorial Trillas

Imágenes tomadas de:

- <https://www.canva.com/>
- <https://www.conmishijos.com/ocio-en-casa/dibujos-para-colorear/dibujos-n/ninos-volando-una-cometa.html>

Lección 5. Descomposición y suma de vectores



Explorando

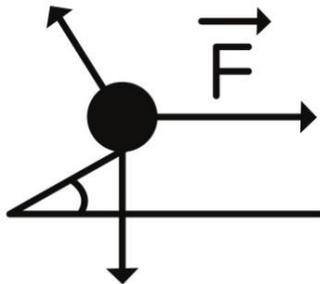
Subraya la respuesta correcta

1. El sentido de un vector está indicado por:
 - a) Su ángulo
 - b) La flecha
 - c) Su magnitud
2. En los vectores se llama dirección a:
 - a) La flecha de este
 - b) La inclinación de aplicación de este
 - c) La longitud del segmento expresado por un valor numérico y una unidad
3. La medida del vector se llama:
 - a) Sentido
 - b) Dirección
 - c) Magnitud
4. Un ejemplo de magnitud vectorial es:
 - a) La densidad
 - b) La fuerza
 - c) La temperatura
5. El módulo del vector cuyas componentes rectangulares son 2 y -5 es:
 - a) cantidad imaginaria
 - b) 5.38
 - c) 4.58
 - d) 6.2
6. Si sumamos dos vectores, uno de módulo 5 y otro de módulo 4 el resultado es:
 - a) Un vector de módulo 9
 - b) Un escalar de módulo 9
 - c) Un vector, pero es necesario conocer sus direcciones para poder sumarlos
7. Un vector tiene una magnitud igual a 5 m y dirección igual a 25° en el Noreste. ¿Cómo se calcula el valor de la componente horizontal (F_x)?
 - a) $F_x = -5 \cos 25^\circ$
 - b) $F_x = -5 \sin 25^\circ$
 - c) $F_x = 5 \cos 25^\circ$



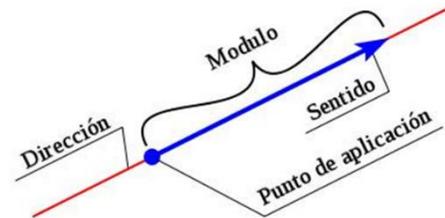
Tipos de Magnitudes

Entre las propiedades que se pueden medir se establece una clasificación fundamental. Varias de ellas quedan perfectamente definidas cuando se expresa su cantidad mediante un número seguido de la unidad correspondiente. Este tipo de magnitudes se llaman **magnitudes escalares**. La longitud, la masa, la temperatura, el volumen, la energía representan sólo algunos ejemplos de magnitudes escalares.



No obstante, existen otras magnitudes que precisan para su total conocimiento que se especifique, además de los elementos anteriores, una dirección y un sentido, éstas son las llamadas **magnitudes vectoriales**. La fuerza es un ejemplo muy claro de magnitud vectorial, ya que sus efectos al actuar sobre un cuerpo van a depender no sólo de su cantidad, sino también de la línea a lo largo de la cual se ejerza su acción. Otras magnitudes vectoriales son el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, el campo eléctrico.

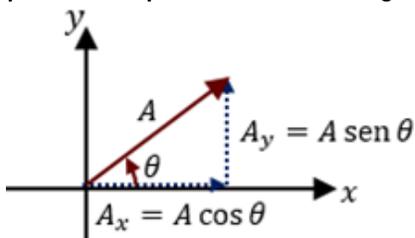
De la misma manera en que los números reales son utilizados para representar cantidades escalares, las cantidades vectoriales requieren de la utilización de otros elementos matemáticos, con mayor capacidad de descripción. Estos elementos matemáticos que pueden representar intensidad, dirección y sentido se les denomina **vectores**.



Los vectores son una forma gráfica de las magnitudes que requieren de un **punto de aplicación** (origen), **magnitud** (longitud, intensidad o módulo), **dirección** y **sentido**.

Componentes rectangulares de un vector

Los vectores se pueden representar en un sistema de ejes coordenados, ubicando el punto de aplicación en el origen del sistema de coordenadas. Las proyecciones o efectos sobre los ejes se denominan **componentes rectangulares**. Todos los vectores en un plano tienen dos componentes rectangulares, es decir, que entre ellos forman un ángulo de 90° . Dependiendo del cuadrante donde se encuentre el vector, será el sentido de la componente (norte, sur, este y oeste).

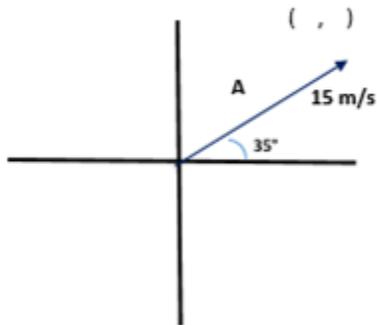


A continuación, se muestran los diferentes sentidos que puede tener un vector representado en un sistema de coordenadas. En ella el módulo se refiere a la longitud del vector, la dirección es la recta sobre la que descansa (ángulo) y el sentido refiere hacia donde va dirigido en esa recta (hacia donde apunta la flecha).

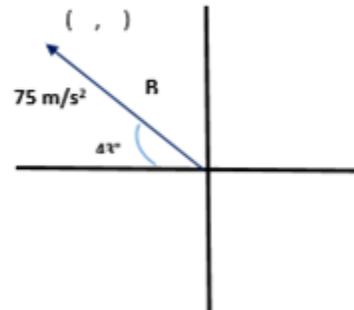
$$A_x = A (\cos \alpha)$$

$$A_y = A (\sen \alpha)$$

Primer Cuadrante



Segundo Cuadrante



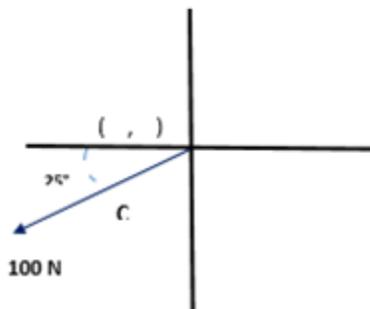
90° +

180° -

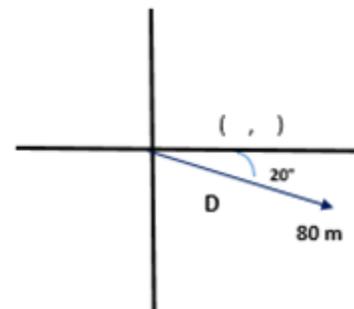
0° +

270° -

Tercer Cuadrante



Cuarto Cuadrante



Suma de Vectores

Para sumar dos o más cantidades escalares de la misma especie, se hace aritméticamente. Por ejemplo, $20 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$; otro caso $130 \text{ g} + 100 \text{ g} = 230 \text{ g}$. Sin embargo, para sumar magnitudes vectoriales se utiliza un método distinto, debido a que además de módulo, tienen dirección y sentido.

Para realizar la **suma de vectores**, por lo regular se usa el **método gráfico**, que consiste en trazar a escala los vectores con instrumentos y técnicas de dibujo; utilizando el **método del paralelogramo** y el **método del polígono**. Actualmente por ser más preciso, se emplea el **método analítico** o **método de las componentes**, que se apoya en las **funciones trigonométricas** seno, coseno y tangente, y en el **teorema de Pitágoras**. Cuando se suman vectores lo que se obtiene es un **vector resultante**.

Para desarrollar la suma de vectores suelen usarse:

Método del paralelogramo

• Es un método gráfico que se usa para sumar dos vectores concurrentes.

Método del polígono

• Es un método gráfico que se usa para sumar más de dos vectores.

Método de las componentes

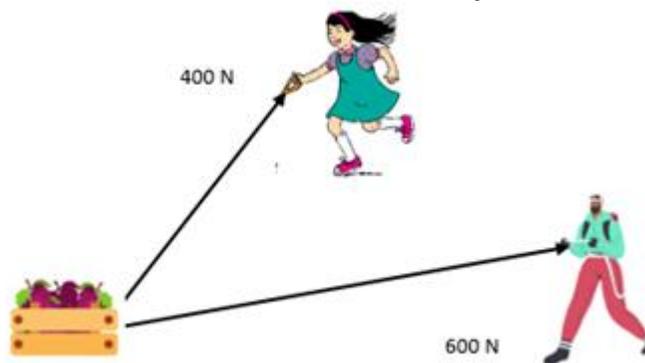
• Es el método analítico y sirve para sumar cualquier cantidad de vectores al descomponer cada vector en sus componentes.

Método del paralelogramo

Este método gráfico es conveniente para sumar únicamente dos vectores a la vez. La magnitud de cada vector se señala o escribe a escala mediante la longitud de un segmento de recta. La dirección se marca colocando una punta de flecha en el extremo del segmento de dicha fuerza.

Este método sirve para hallar la resultante de los dos vectores. No se limita sólo a la medición de desplazamientos, pues es particularmente útil, para encontrar la resultante de las dos magnitudes. El vector se especifica también por medio de un número, unidades correspondientes y ángulo.

En el siguiente ejemplo, se determina la fuerza resultante sobre una caja de frutas que es jalada en dos direcciones diferentes por dos niños, como se puede observar en la figura. Aplicando el *método del paralelogramo*, cada vector se dibuja a escala y sus colas tienen el mismo origen. Los dos forman entonces dos lados adyacentes de un paralelogramo. Los otros dos lados se construyen, trazando líneas paralelas de igual longitud. La resultante se representa mediante la diagonal del paralelogramo, a partir del origen de las dos flechas vectores.



Ejemplo. Encuentra la fuerza resultante sobre la caja de frutas de la figura anterior, si el ángulo entre las dos cuerdas es de 50° . En un extremo se jala con una fuerza de 600 N y, en el otro, con una fuerza de 400 N.

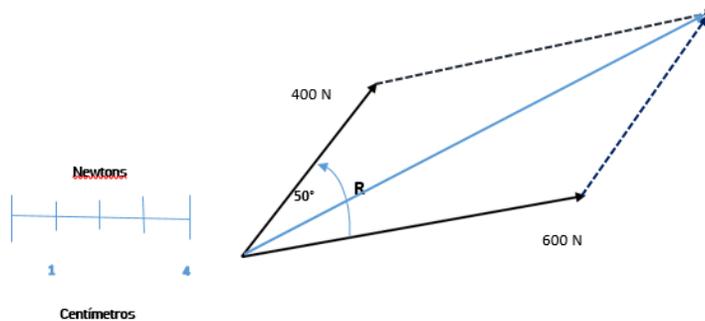
Procedimiento. Construye un paralelogramo formando dos de los lados con vectores dibujados que sean proporcionales a las magnitudes de las fuerzas. Por tanto, la fuerza resultante puede encontrarse al medir la diagonal del paralelogramo.

Solución

Utilizando una escala de $1\text{ cm} = 100\text{ N}$, se tiene

$$600\text{ N} \times \frac{1\text{ cm}}{100\text{ N}} = 6\text{ cm}$$

$$400\text{ N} \times \frac{1\text{ cm}}{100\text{ N}} = 4\text{ cm}$$



Método del paralelogramo para sumar vectores

Se construyó un paralelogramo, dibujando a escala las dos fuerzas a partir de un origen común. Utiliza un transportador para asegurarse de que el ángulo entre ellas sea de 50° . Al completar el paralelogramo se puede dibujar la resultante como una diagonal desde el origen. Al medir R y θ (ángulo) con una regla y un transportador respectivamente, se obtienen 900 N para la magnitud y 40° para la dirección. Por consiguiente:

$$R = (900\text{ N}, 40^\circ)$$

Un segundo vistazo al paralelogramo mostrará que se obtendría la misma respuesta aplicando el método del polígono y agregando el vector de 400 N en la punta del vector de 600 N.

Método del polígono

También es un método gráfico para la suma de vectores, es el más útil de los métodos gráficos, debido a que puede aplicarse fácilmente a más de dos vectores. También en este caso, la magnitud de un vector se indica a escala mediante la longitud del segmento de recta. La dirección se marca colocando una punta de flecha en el extremo del segmento de dicha recta.

Pasos que seguir:

1. Toma un punto de referencia.
2. Elige una escala convencional
3. Traza los vectores respetando magnitud, dirección y sentido; recuerda colocar uno después del otro. Es decir, en el extremo del primero coloca el origen del segundo vector.
4. Para obtener el vector. Resultante une el origen del primer vector hacia el extremo del último.

Ejemplo

Un ciclista sale de su punto de partida y transita 50 km, 70° hacia el Norte durante la primera parte de su recorrido. Luego, 60 km hacia el Este, y por último 20 km al sur. Encuentra el desplazamiento resultante con el método del polígono.

Procedimiento

Toma como punto de inicio el origen del recorrido y decide una escala apropiada. Usa un transportador y una regla para dibujar la longitud de cada vector de manera que sea proporcional a su magnitud. El desplazamiento resultante será un vector dibujado desde el origen a la punta del último vector.

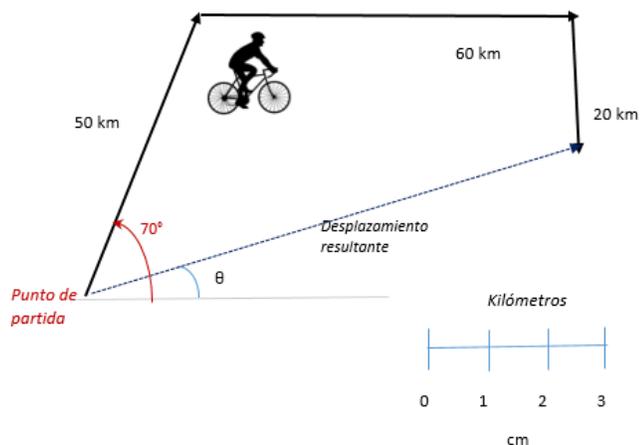
Solución

Una escala conveniente puede ser $10 \text{ km} = 1 \text{ cm}$, como puede observarse. Utilizando esta escala, notamos que:

$$\begin{aligned} 50 \text{ km} &= 50 \text{ km} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ km}} = 5 \text{ cm} \\ 60 \text{ km} &= 60 \text{ km} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ km}} = 6 \text{ cm} \\ 20 \text{ km} &= 20 \text{ km} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ km}} = 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Al realizar la medición con una regla, a partir del diagrama a escala se observa que la flecha resultante tiene 8.3 cm de longitud. Por tanto, la magnitud es:

$$8.3 \text{ cm} = 8.3 \text{ cm} \times \frac{10 \text{ km}}{1 \text{ cm}} = 83 \text{ km}$$



Si medimos el ángulo θ con un transportador, tendremos que la dirección es de 20° .

Por tanto, el desplazamiento resultante es $R = 83 \text{ km}$, 20° al noreste.

Método analítico o método de las componentes

Como se mencionó anteriormente; para efectuar la suma de vectores habitualmente se usaba el método gráfico, que se basa en dibujar a escala los vectores con instrumentos de geometría y ciertas técnicas. Hoy en día, por su precisión, se emplea el método analítico, que se apoya en las funciones trigonométricas seno, coseno, tangente y el teorema de Pitágoras. Cuando se suman vectores, lo que se obtiene es un *vector resultante*.

Para sumar dos o más vectores empleando el método analítico, se deben realizar los siguientes pasos:

- 1. Calcular las componentes rectangulares de cada uno de los vectores a sumar con las ecuaciones $A_x = A (\cos \alpha)$ para la componente en x , y $A_y = A (\sin \alpha)$ para la componente en y , tomando el ángulo α a partir del semieje positivo de las x .

- 2. Realizar la sumatoria (Σ) de las componentes en x y y , para encontrar:

$$\begin{aligned} & \Sigma V_x \text{ y } \Sigma V_y \\ \Sigma V_x &= A_x + B_x + C_x + \dots + N_x \\ \Sigma V_y &= A_y + B_y + C_y + \dots + N_y \end{aligned}$$

- 3. Calcular la magnitud del vector resultante, aplicando el Teorema de Pitágoras:

$$V_R = \sqrt{(\Sigma V_x)^2 + (\Sigma V_y)^2}$$

- 4. Calcular la dirección del vector, el ángulo α , a partir de la función tangente:

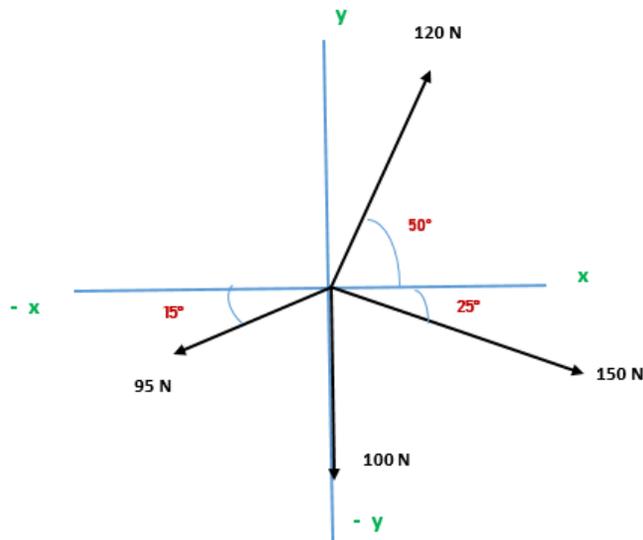
$$\tan \alpha = (\Sigma V_y) / (\Sigma V_x) \text{ despejando } \alpha = \tan^{-1} [(\Sigma V_y) / (\Sigma V_x)]$$

- 5. Trazar el vector resultante con su ángulo α . para determinar en qué cuadrante quedará este vector, observa los signos de ΣV_x y ΣV_y y sigue la convención establecida para los ejes cartesianos.

<i>Cuadrantes</i>	ΣV_x	ΣV_y
Primer cuadrante	Positivo	Positivo
Segundo cuadrante	Negativo	Positivo
Tercer cuadrante	Negativo	Negativo
Cuarto cuadrante	Positivo	Negativo

Ejemplo

Suma los siguientes vectores utilizando el método analítico



1. Para el vector de 120 N, 50°:

$$V_x = V (\cos \alpha)$$

$$V_y = V (\sen \alpha)$$

$$V_x = 120 \text{ N} (\cos 50^\circ)$$

$$V_y = 120 \text{ N} (\sen 50^\circ)$$

$$V_x = 77.13 \text{ N}$$

$$V_y = 91.92 \text{ N}$$

Para el vector de 95 N, 15°.

$$V_x = -95 \text{ N} (\cos 105^\circ)$$

$$V_y = -95 \text{ N} (\sen 105^\circ)$$

$$V_x = 24.58 \text{ N}$$

$$V_y = -91.76 \text{ N}$$

Para el vector de 100 N, 270°

$$V_x = 100 \text{ N} (\cos 270^\circ)$$

$$V_y = -100 \text{ N} (\sen 270^\circ)$$

$$V_x = 0 \text{ N}$$

$$V_y = 100 \text{ N}$$

Para el vector de 150 N, 335°

$$V_x = 150 \text{ N} (\cos 335^\circ)$$

$$V_y = -150 \text{ N} (\sen 335^\circ)$$

$$V_x = 135.94 \text{ N}$$

$$V_y = 63.39 \text{ N}$$

2. Encontrar $\sum V_x = 77.13 \text{ N} + 24.58 \text{ N} + 0 \text{ N} + 135.94 \text{ N} = 237.65 \text{ N}$

$$\sum V_y = 91.92 \text{ N} - 91.76 \text{ N} + 100 \text{ N} + 63.39 \text{ N} = 163.55 \text{ N}$$

3. Encuentra el vector resultante, a partir de la sumatoria de V_x y V_y

$$V_R = \sqrt{(\sum V_x)^2 + (\sum V_y)^2}$$

$$V_R = \sqrt{(237.65 \text{ N})^2 + (163.55 \text{ N})^2}$$

$$V_R = 288.48 \text{ N}$$

4. Hallar la dirección del vector resultante, despejando el ángulo α de la función tangente. Al usar esta función, debe quedar claro que el ángulo que se está calculando es el ángulo agudo (α) que forma el vector resultante con el eje x.

$$\alpha = \tan^{-1} [(\sum V_y)/(\sum V_x)]$$

$$\alpha = \tan^{-1} [(163.55)/(237.65)] = 34.53^\circ$$

5. En este ejemplo, el vector resultante está en el primer cuadrante, ya que $\sum V_x$ es positiva y $\sum V_y$, también es positiva.

Vector resultante

Módulo: 288.48N

Dirección: El ángulo $\alpha = 34.53^\circ$

Sentido: Noreste



Practicando

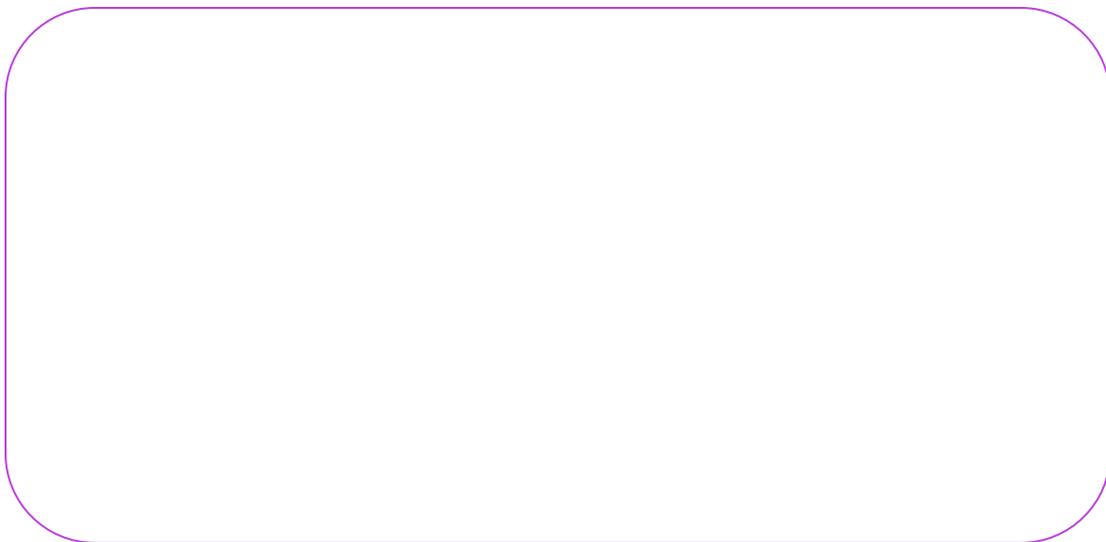
Resuelve los siguientes ejercicios

Una persona sale a correr 3 días en una semana, el primer día corrió 200 metros, el segundo día 1300 pies y el tercer día 0.31 kilómetros ¿Cuántos metros corrió en total en toda la semana? Utiliza suma algebraica y transformación de unidades de un sistema a otro.

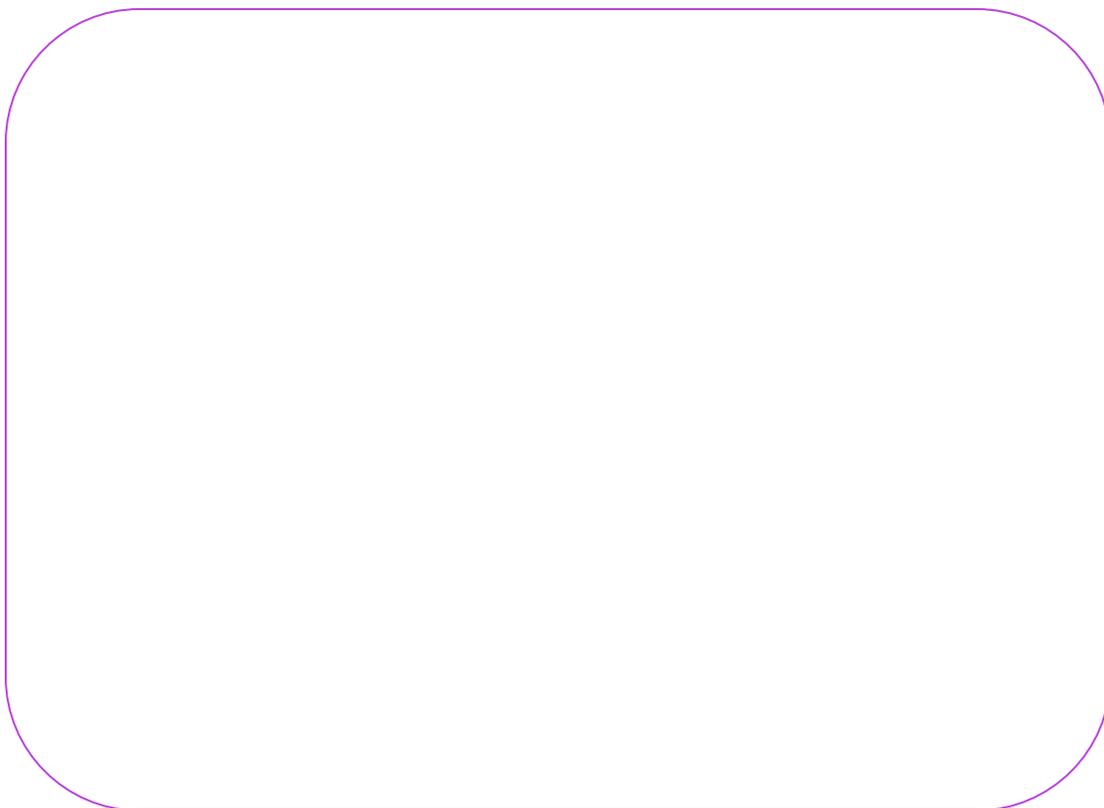
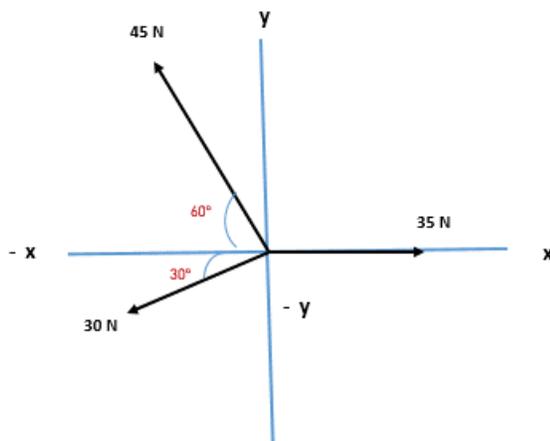
Un paquete es empujado sobre el suelo por una fuerza de 25 N que forma un ángulo de 320° con la horizontal. Encuentra las componentes horizontal y vertical. Utiliza el método de componentes rectangulares de un vector.



Un ciclista realiza los siguientes desplazamientos: 45 m 30° noreste, 12 m al sur, 25 m 40° suroeste y 15 m 35° noroeste. Encuentra el desplazamiento resultante con el método del polígono.



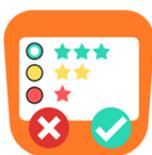
¿Cuál es la magnitud del vector resultante al sumar los vectores mostrados en la figura?
Utiliza el método de componentes rectangulares de un vector.



Problemario

Si deseas seguir practicando, puedes resolver los siguientes ejercicios.

1. Un vector tiene una magnitud igual a 7 m y dirección igual a 25° al Noreste. ¿Cómo se calcula el valor de la componente horizontal? Utiliza el método de componentes rectangulares de un vector.
2. Una hormiga camina 12 cm al Sur y luego 9 cm al Este, ¿cuál es la magnitud del desplazamiento que recorrió? Encuentra el desplazamiento resultante con el método del polígono.
3. Dos Fuerzas de 6 N y otra de 8 N, actúan concurrentemente sobre un punto. Mientras el ángulo entre dichas fuerzas se va incrementando de 0° a 90° , ¿qué le sucede a la magnitud de la fuerza resultante? ¿Aumenta o disminuye? Utiliza el método del paralelogramo.



Auto
evaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Comprendo la diferencia entre una magnitud escalar y una magnitud vectorial.		
Soy capaz de representar un vector en sus componentes rectangulares en un sistema de coordenadas.		
Distingo los diferentes métodos (gráfico y analítico) para realizar la suma de vectores.		
Reconozco el método del paralelogramo, como un método gráfico conveniente para sumar únicamente dos vectores a la vez.		
Identifico el método del polígono, como el más útil de los métodos gráficos, debido a que puede aplicarse fácilmente para sumar más de dos vectores.		
Puedo aplicar el método de las componentes, como el método analítico que sirve para sumar cualquier cantidad de vectores al descomponer cada vector en sus componentes.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- A Cierta Ciencia. (2021) *Magnitudes Escalares y Magnitudes Vectoriales*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=C7cORnM76yI>
- Matemáticas Profe Alex. (2019). *Suma de vectores método gráfico / Ejemplo 1/* Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=TWdLKBC_AgA&t=5s
- Física en Acción. (2021). *Método del paralelogramo / suma de vectores*. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=zdjHU2AcfI0&list=RDCMUCvJu7Fz7VX9v-RGpld-Jk_g&index=1
- Física en Acción. (2020). *Suma de vectores método analítico*. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=eALL0AKLjAA&list=RDCMUCvJu7Fz7VX9v-RGpld-Jk_g&index=3

Referencias

- Rivera Álvarez G., Domínguez Cervantes A. (2013). *Física I*. México D.F. Editorial Book Mart.
- Paul E, Tippens. (2011). *Física Conceptos y aplicaciones*. México, D.F: Editorial McGraw Hill.
- Núñez, M. (2014). *Física 2 Cuaderno de trabajo*. Limusa-Noriega. México, D.F.

Imágenes tomadas de

- <https://www.canva.com/>
- <https://pixabay.com/es/>

Lección 6. Sumatoria de momentos



Explorando

Escribe dentro del paréntesis F si la “fuerza” que se menciona corresponde al concepto de fuerza en física, o “C” si se habla de dicho aspecto sólo como una referencia de la vida cotidiana.

- () El refrigerador de mi casa aplica fuerza sobre el piso.
- () ¡A fuerza que he de ganar el concurso!
- () Te va mal en tus labores por las fuerzas negativas de tus compañeros.
- () La Tierra ejerce fuerza sobre el Sol.
- () Cuando un futbolista patea una pelota, aplica fuerza.
- () La fuerza del destino provocó el desencuentro.
- () Qué la fuerza te acompañe.
- () Cuando me recargo en la pared, esta ejerce una fuerza sobre mí.
- () La fuerza es el resultado de interacciones
- () Toño empuja el carro descompuesto con mucha fuerza, pero no se mueve.
- () Rosy tiene mucha fuerza para avanzar en sus estudios.

Responde los siguientes planteamientos

1. ¿Qué significa equilibrio?
 - a. Estado de movilidad de un cuerpo que es sometido a varias fuerzas, las cuales actúan en el mismo sentido.
 - b. Estado de inmovilidad de un cuerpo, sometido únicamente a la acción de la gravedad, que se mantiene en reposo sobre su base o punto de sustentación.
 - c. Estado de inmovilidad de un cuerpo sometido a dos o más fuerzas de la misma intensidad que actúan en sentido opuesto, por lo que se contrarrestan o anulan.

2. Menciona cinco ejemplos de tu vida cotidiana en los que la fuerza genere un cambio de movimiento.



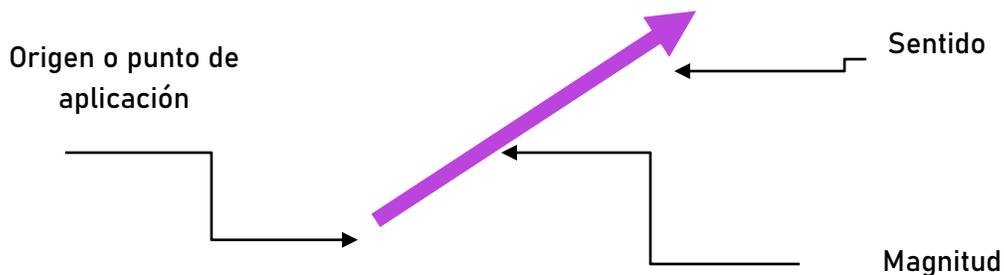
Comprendiendo

La **Estática** es la parte de la mecánica que estudia las leyes del equilibrio, es decir, aquellos cuerpos que se encuentran tanto en reposo, como en movimiento con velocidad constante. Alguna vez seguramente has deseado que las cosas vengan a ti con sólo pensarlo, desafortunadamente eso no sucede. Como sabes la **Primera Ley de Newton**, refiere que un cuerpo salga de su estado de reposo o movimiento a velocidad constante, para ello se necesita que una fuerza actúa sobre él.

Existen varios tipos de fuerzas que no necesitan del contacto directo con los cuerpos que actúan, ya que esto lo realizan a través del espacio vacío, a este proceso se le conoce cómo **fuerzas de campo** o **fuerzas a distancia**, como en el caso de la fuerza de atracción que la tierra ejerce sobre los objetos. Por otro lado, existe la fuerza de contacto que si existe un contacto físico. Una **fuerza** es la acción que un cuerpo ejerce sobre otro o viceversa. Por ejemplo, levantar un peso, arrastrar una caja de cualquier tamaño.



Representación de una fuerza, como nos menciona la definición, las fuerzas se representan gráficamente por medio de vectores.



Magnitud: se llaman magnitudes a aquellas propiedades que pueden medirse y expresarse su resultado mediante un número y una unidad; Isaac Newton dice en su tercera ley que cuando dos cuerpos interactúan se presentan dos fuerzas, cada una ejerce sobre el diferente cuerpo y tiene la misma magnitud, pero diferente sentido. Una unidad de medida para expresar la magnitud Newton (N).

Origen o punto de aplicación: es el lugar dónde se aplica la fuerza y dónde se origina el vector.

Sentido: indica hacia dónde se aplica o se dirige la fuerza.

Las fuerzas pueden producir varios efectos en los cuerpos en que actúan, a continuación, se mencionan algunos:

- a) Deformaciones: las cuales son producidas por el cuerpo receptor al realizar cambios de fuerza.
- b) Cambio en la dirección del movimiento: por ejemplo, cuando juegas voleibol, la pelota va cambiando constantemente de dirección.
- c) Aumento o disminución de la velocidad; cuando alguien se columpia y le pide a otra persona que le dé un empujón.
- d) Ponerse en movimiento o detenerse; en un partido de fútbol un delantero le golpea al balón y lo pone en movimiento; el arquero, por su parte, ejerce una fuerza sobre la pelota para detenerla, impidiendo el gol.

Una fuerza es la causa que permite producir o modificar el movimiento de los cuerpos, deformar, alterar o no las formas de éstos y su existencia a consecuencia de las interacciones entre cuerpos.

Medición de las fuerzas

Para medir la intensidad de una fuerza que se aplica a un cuerpo, se usa un instrumento llamado **dinamómetro**. Este instrumento se vale de la elasticidad de un resorte cuando una fuerza actúa sobre él para estirarlo.



La unidad de medida de esta fuerza se denomina **Newton (N)**.

Cuerpo rígido

Es un cuerpo ideal cuyas partes tienen posiciones relativas fijas entre sí cuando se somete a fuerzas externas, es decir, es no deformable. Con esta definición se elimina la posibilidad de que el objeto tenga movimiento de vibración.

El movimiento general de un cuerpo rígido es una combinación de movimiento de traslación y de rotación.

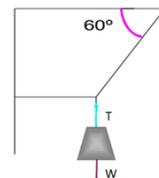
Condiciones de equilibrio

Para que un cuerpo rígido este en equilibrio estático se deben cumplir dos requisitos simultáneamente, llamados **condiciones de equilibrio**. La primera condición de equilibrio es la Primera Ley de Newton, que garantiza el **equilibrio de traslación**. La segunda condición de equilibrio corresponde al **equilibrio de rotación**, se enuncia de la siguiente forma; *“la suma vectorial de todas las torcas externas que actúan sobre un cuerpo rígido alrededor de cualquier origen es cero”*. Esto se traduce en las siguientes dos ecuaciones, consideradas como las condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido:

1ª. Condición de equilibrio (equilibrio de traslación):

$$\sum \vec{F} = 0 \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{Suma de fuerzas} = 0$$

Si un cuerpo se encuentra en equilibrio entonces la fuerza resultante que actúa sobre él es igual a cero.



2ª. Condición de equilibrio (equilibrio de rotación):

$$\sum \vec{\tau} = 0 \quad \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \dots + \vec{\tau}_n = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{Suma de los momentos}$$

Si un cuerpo se encuentra en equilibrio entonces el momento de fuerza resultante que actúa sobre él es igual a cero.

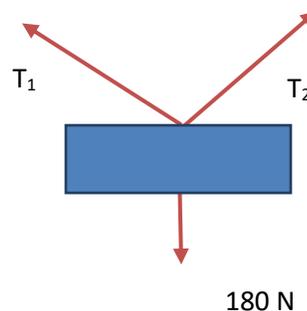
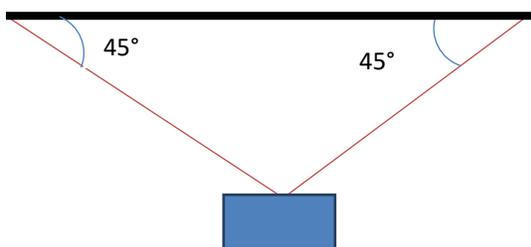
Limitaremos el análisis a situaciones donde todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo rígido están en el plano xy , donde también obviamente se encuentra la distancia.

Con esta restricción se tiene que tratar sólo con tres ecuaciones escalares, dos de la primera condición de equilibrio y una de la segunda, entonces el sistema de ecuaciones se reduce a las siguientes ecuaciones escalares:

$$\sum \vec{F}_x = 0, \quad \sum \vec{F}_y = 0, \quad \sum \vec{\tau} = 0$$

Ejemplo:

Un bloque de 180 N es sostenido por dos cuerdas tal como se muestra. Calcula las fuerzas de tensión en cada cuerda.



Ubicamos las fuerzas en un sistema de coordenadas rectangulares:

En el eje “x” se cumple; $\sum \vec{F}_x = 0 + T_2 \cos 45 - T_1 \cos 45 = 0 \rightarrow T_1 = T_2$

En el eje "y" se cumple $\sum \vec{F}_y = 0 + T_1 \sin 45 - T_2 \sin 45 - 180 = 0$

$$T_1 \sin 45 - T_1 \sin 45 - 180 = 0$$

$$2T_1 \sin 45 = 180$$

$$T_1 = 127 \text{ N}$$

Como $T_1 = T_2 \rightarrow T_2 = 127 \text{ N}$

Ejemplo

La solución de problemas donde intervengan tres fuerzas concurrentes se puede efectuar de dos formas, las cuales se ilustran con el siguiente ejemplo:

Un cuerpo que tiene un peso $W = 130 \text{ N}$ se mantiene en equilibrio suspendido por dos cuerdas como se muestra en el DCL de la derecha. Una de las cuerdas tira del cuerpo en forma horizontal, la otra, amarrada de un gancho anclado en un techo, formando un ángulo de 35° con la vertical. Calcular las fuerzas de tensión T_1 y T_2 que experimentan las cuerdas.

Para la solución de problemas por este método es indispensable tomar en cuenta lo que se conoce como primera condición de equilibrio.

Primera condición de equilibrio

La suma algebraica de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo debe ser igual a cero, en otras palabras;

$$\sum F = 0$$

Esto equivale a decir que la suma algebraica de las componentes de la fuerza que actúan sobre un cuerpo en cualquier dirección debe cumplir con:

a) La suma algebraica de las componentes horizontales es cero; esto es:

$$\sum F_x = 0$$

b) La suma algebraica de las componentes verticales también es cero.

$$\sum F_y = 0$$

Las componentes horizontales de las fuerzas que se dirijan hacia la derecha serán positivas y hacia la izquierda negativas.

Las componentes verticales de las fuerzas que se dirijan hacia arriba serán positivas, y hacia abajo negativas.

Para la resolución del presente problema tendremos:

T_1 y T_2 las fuerzas de tensión buscadas y $w = 130$ N el peso.

El punto "O" se encuentra en equilibrio bajo la acción de las tres fuerzas.

Primera condición de equilibrio;

1) Las fuerzas que actúan horizontalmente son T_1 y T_2 Entonces:

$$\sum F_x = 0$$

$$T_2 \cos 35^\circ - T_1 = 0 \text{ o sea } T_2 \cos 35^\circ = T_1$$

2) Las fuerzas que actúan verticalmente son w y $T_2 \sin 35^\circ$, Entonces:

$$\sum F_y = 0$$

$T_2 \sin 35^\circ - w = 0$ o sea $T_2 \sin 35^\circ = w = 130$ N por lo tanto tenemos que:

$$T_2 = T_2 \sin 35^\circ / \sin 35^\circ = 130 \text{ N} / 0.5736 = 226.6 \text{ N}$$

$$T_1 = T_2 \cos 35^\circ = 226.6 \text{ N} (0.8192) = 185.6 \text{ N}$$

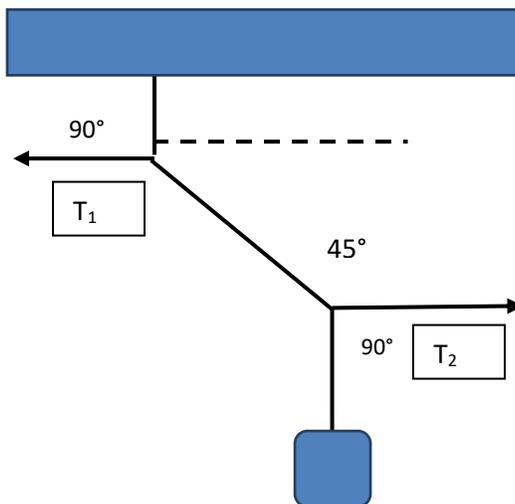
$$\text{O también } T_1 = T_2 \sin 35^\circ = 130 \text{ N}$$

$$T_2 \sin 35^\circ = T_2 \cos 35^\circ$$



Practicando

Determina el peso del cuerpo suspendido si la tensión de la cuerda diagonal es de 20 N.



1. Dibuja un diagrama de cuerpo libre indicando las fuerzas participantes y sus componentes.

2. Suma los momentos que corresponden a cada fuerza, considerando la siguiente condición de equilibrio.

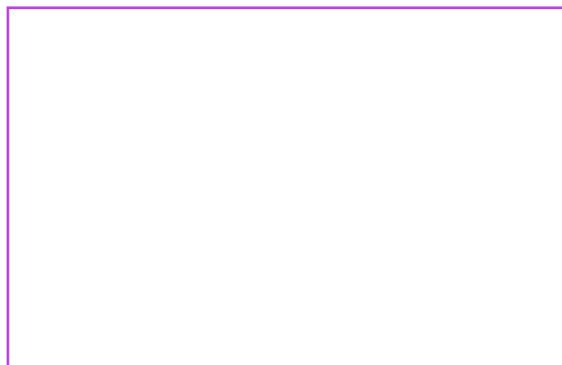
$$\sum \vec{F} = 0 \quad \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$$

Al sumar las fuerzas del eje x obtendrás:

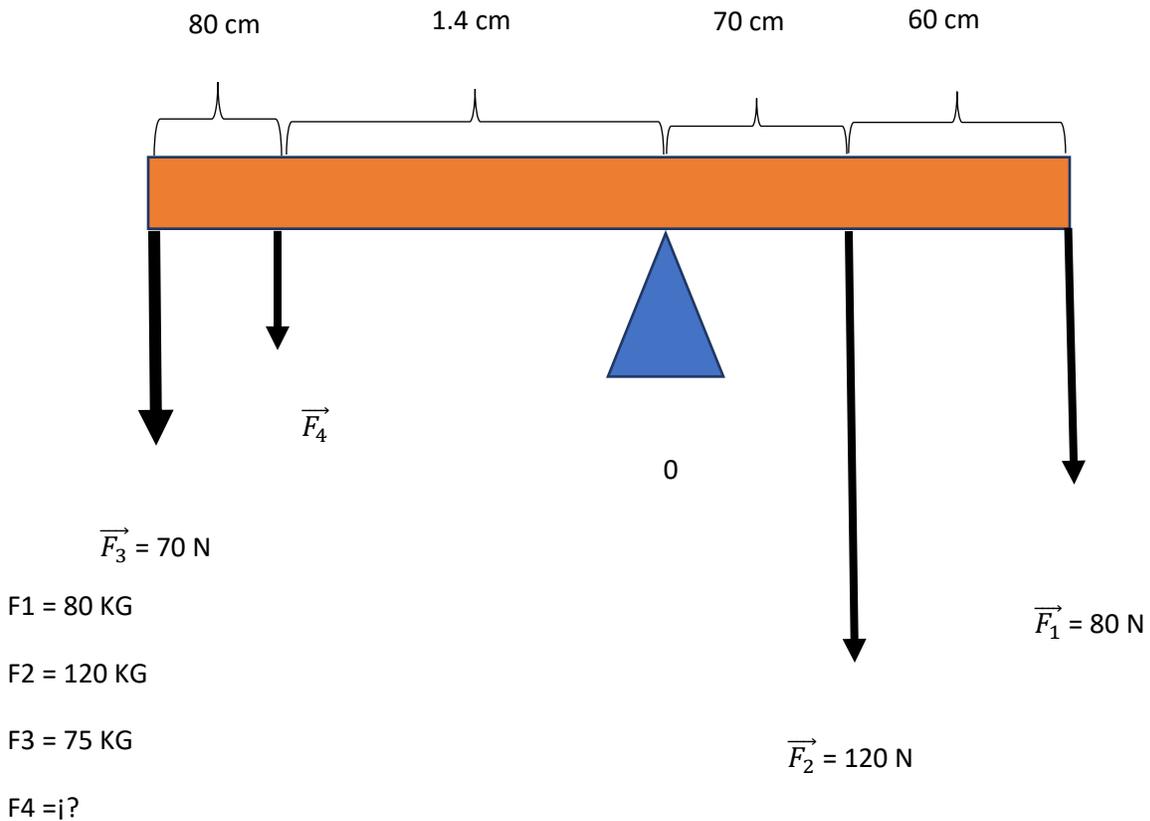
$$\sum \vec{F}_x = 0 + T_2 \cos \theta - T_1 \cos \theta = 0 \rightarrow T_1 = T_2$$

Al sumar las fuerzas del eje y:

$$\sum \vec{F}_y = 0 + T_1 \sin \theta - T_2 \sin \theta - 180 = 0$$



Determina la intensidad de la Fuerza F4, según los datos de la figura.



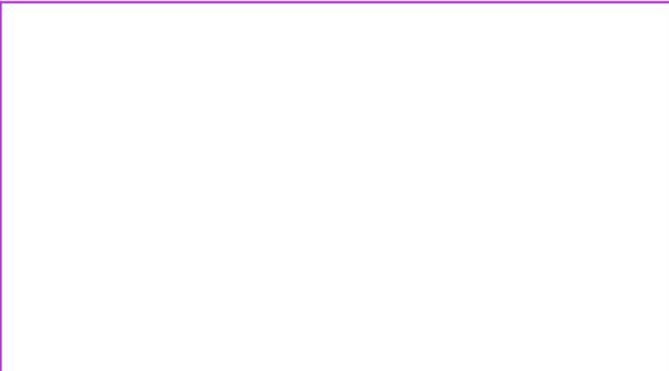
Paso 1. Dibuja un diagrama de cuerpo libre indicando las fuerzas participantes y sus componentes.

Paso 2. Aplica la primera condición de equilibrio.

Paso 3. Suma los momentos de torsión que corresponden a cada fuerza, considerando la siguiente condición de equilibrio.

$$\sum \vec{t} = 0 \quad \vec{t}_1 + \vec{t}_2 + \dots + \vec{t}_n = 0$$

$$F_3 \times d_3 + F_4 \times d_4 - F_2 \times d_2 - F_1 \times d_1 = 0$$





Autoevaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Domina los conceptos relativos al equilibrio estático de los cuerpos rígidos		
Resuelve casos de equilibrio estático de cuerpos rígidos.		
Emplea los pasos requeridos para la resolución de casos sencillos de equilibrio estático.		
Identifica los diferentes puntos de equilibrio: rotación y traslación.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Definición y tipos de fuerzas. Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=wh-pKrArCKs>
- Los efectos de las fuerzas. Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=AR1kPYxb21s>

Referencias

- Héctor Pérez Montiel. (2015). 5ª. Edición. Física General. Grupo Editorial Patria.
- Yuri Posadas Velázquez. (2014). Temas de Física. Progreso Editorial

Imágenes tomadas de:

<https://www.canva.com/>

Lección 7. Carga Eléctrica y Ley de Coulomb



Explorando

Selecciona la respuesta correcta de acuerdo con la forma de electrizar los cuerpos según la situación que se presenta.

1. Al acariciar el pelaje de un gato, tus manos quedan electrizadas por:

- Contacto Frotamiento Inducción

2. Un cuerpo retira electrones de otro cuando es un cuerpo neutro, en el caso de un globo se frota con el cabello que es un cuerpo neutro, por lo tanto, el globo queda con carga negativa y el cabello queda con:

- Carga positiva Neutra Carga negativa

3. Al deslizarte por un tobogán tu cabello queda electrizado por:

- Contacto Frotamiento Inducción

4. Si conectas un televisor que es un cuerpo neutro con un enchufe que es un cuerpo con carga positiva o negativa, se lleva una distribución de la carga eléctrica por lo que se dice que es una electrización por:

- Contacto Frotamiento Inducción

5. Al arrastrar los zapatos sobre una alfombra, el cuerpo queda electrizado por:

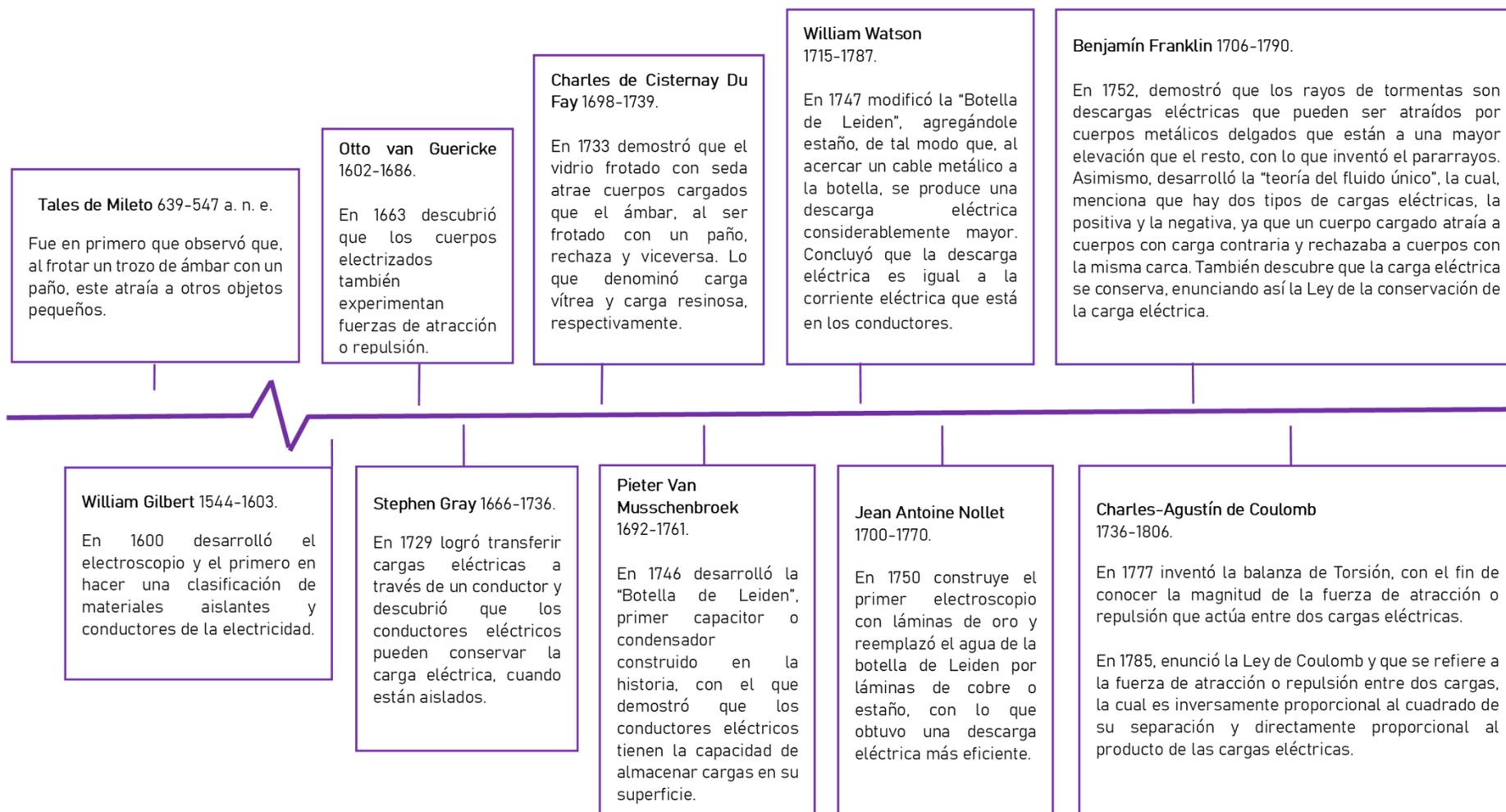
- Contacto Frotamiento Inducción

6. Las nubes que se forman mientras llueve tienen carga eléctrica negativa por la fricción que tienen con el aire y cuando esta carga es grande se transfiere a la tierra que tiene carga neutra generando los rayos, esto es un ejemplo de electrización por:

- Contacto Frotamiento Inducción



Antecedentes de la electricidad que Impulsaron la Ley de Coulomb.

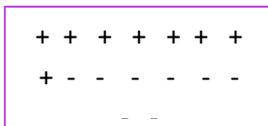


Carga Eléctrica

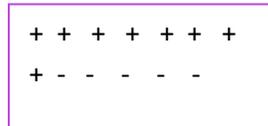
La **Carga Eléctrica** se puede definir como la cantidad de electrones que transitan de un cuerpo a otro, por contacto, frotamiento o inducción. Esta magnitud tiene como **unidad elemental al electrón** (una unidad muy pequeña).

Los **electrones** son elementos del átomo que giran alrededor de su núcleo, formado por protones y neutrones. Los electrones **tienen una carga eléctrica negativa, los protones, por el contrario, positiva y los neutrones carecen de carga**. La magnitud de la carga eléctrica entre un protón y un electrón es igual, de ahí que, las cargas eléctricas en un átomo de cualquier elemento químico se encuentran en equilibrio. Sin embargo, cuando dos cuerpos interactúan, sus **átomos pueden perder electrones, quedando con carga positiva o bien ganar electrones para adquirir carga negativa**. En el siguiente esquema se ejemplifica el acuerdo o convención establecida por Benjamín Franklin en el año 1750.

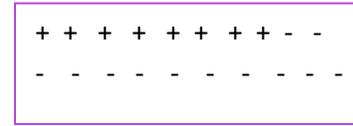
Cuerpo en estado Neutro



Cuerpo con carga Positiva



Cuerpo con carga Negativa



Un cuerpo se encuentra en estado neutro o sin carga debido a que **contiene el mismo número de protones que de electrones**.

Un cuerpo con carga positiva ha **cedido o perdido electrones por la interacción con otros cuerpos**.

Mayor número de electrones en un cuerpo, indica que **éste tiene carga negativa**.

Con base en la **primera ley de la electrostática**, la cual menciona que **cargas con signo diferente se atraen y cargas con el mismo signo se rechazan**, los cuerpos se pueden electrizar o cargarse eléctricamente de tres formas diferentes:

Forma	Descripción	Esquema y/o Imagen.
Contacto	Cuando dos cuerpos se tocan , se inicia un movimiento de algunos electrones del cuerpo con carga negativa hacia el cuerpo con el que tiene contacto, adquiriendo éste también esa propiedad . Después los cuerpos se separan, ya que cargas del mismo signo se repelen .	

<p>Frotamiento</p>	<p>Cuando dos cuerpos de diferente material se frotan vigorosamente, se da una redistribución de cargas, resultando cuerpos electrizados con cargas opuestas. Por ejemplo, cuando el cabello se peina enérgicamente, algunos electrones del cabello se transmiten al peine, quedando así el peine con carga negativa y el pelo con carga positiva.</p>	
<p>Inducción</p>	<p>A medida que se acerca un cuerpo con carga negativa a otro con carga neutra, los electrones del segundo cuerpo se alejan por la igualdad de signos, dejando expuestos a los protones. Si en este momento se extrae a los electrones a través de un conductor conectado a tierra, entonces, cuando se alejan los cuerpos, el segundo queda con carga positiva pues presenta ausencia de electrones.</p>	

Los materiales que permiten el tránsito de carga eléctrica se les conoce como materiales **conductores**, siendo los metales quienes cuentan con esta propiedad; mientras que los materiales que no permiten el flujo de carga se les denomina materiales **aislantes**, como el plástico, madera, cerámica, entre otros. Asimismo, existe una categoría intermedia de materiales **semiconductores**, que **bajo ciertas condiciones permiten la circulación de carga eléctrica**, comúnmente se identifica al carbón, azufre, oxígeno y silicio.

Como ya se señaló anteriormente, la unidad elemental **para medir la carga eléctrica** es el electrón, sin embargo, es una unidad muy pequeña por lo que en el sistema internacional de unidades (SI), **se emplea el coulomb (C)**, en honor al científico Frances Charles Coulomb. Un coulomb, **representa seis trillones doscientos cuarenta mil billones de electrones de carga eléctrica**, en notación científica **6.24×10^{18} electrones**, por tanto, la

carga eléctrica de un protón es de 1.6×10^{-19} Coulomb y de un electrón es de -1.6×10^{-19} Coulomb.

Ley de Coulomb

Charles Coulomb fue el científico que **logró determinar la magnitud de las fuerzas de repulsión o de atracción entre dos cargas eléctricas**. En 1777 elaboró un instrumento de medición, llamado balanza de torsión, en el que se posibilita comparar dos cargas eléctricas, y medir la magnitud de la fuerza respecto a la separación entre ellas. No fue hasta 1785 que, Coulomb establece **la ley que lleva su nombre**, la cual dispone que, **la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas eléctricas es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado entre ellas y directamente proporcional al producto de las dos cargas**, en términos matemáticos queda:

$$\text{Fuerza de Atracción o Repulsión}(F) \propto \frac{[\text{Carga Eléctrica}_1 (q_1)] [\text{Carga Eléctrica}_2 (q_2)]}{[\text{Distancia entre cargas}^2 (d^2)]}$$

Signo de
Proporcionalidad

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

Cabe resaltar que, la magnitud de **la fuerza de atracción o repulsión puede variar respecto al medio en el que se encuentren las cargas eléctricas**, en otras palabras, si las cargas eléctricas se sumergen en el agua, la fuerza de repulsión o atracción será de menor magnitud que si las mismas cargas eléctricas estuvieran en un medio como el aire. Esto **se debe a** las características de los medios o sustancias aislantes, que permiten la interacción de las fuerzas eléctricas de formas condicionadas, dicho efecto se conoce como **“permitividad”**. Por lo tanto, es posible adecuar la expresión anterior como una igualdad al cambiar el signo de proporcionalidad por una constante de proporcionalidad “k” que experimentalmente ha adquirido el siguiente valor:

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

Donde ϵ_0 , es la constante de permitividad en el vacío, igual a:

$$\epsilon_0 = 8.85418 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

Al desarrollar la ecuación de la constante “k”, se tiene:

$$k = \frac{1}{4\pi(8.85418 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2})} = 8.99 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \approx 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Finalmente, la expresión de la ley de Coulomb queda:

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

Para obtener la magnitud de las **fuerzas de atracción o repulsión de dos cargas en otros medios** diferentes al vacío, se emplea la expresión de la permitividad relativa:

$$F' = \frac{F}{\epsilon_r}$$

Donde:

F , es la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas eléctricas en el vacío, con unidades de Newton (N).

F' , es la fuerza de repulsión o atracción entre las mismas cargas, colocadas en otro medio, en Newton (N).

ϵ_r , es la permitividad relativa del medio (adimensional), que se puede obtener de bases de datos experimentales, como el siguiente cuadro:

Se observa que el valor de la permitividad relativa del Aire es aproximado al valor del vacío, por tanto, en los próximos ejercicios se consideraran de igual valor.

Permitividad relativa de algunas Sustancias.	
Permitividad Relativa ϵ_r	Medio
80.5	Agua
45	Glicerina
2.35	Gasolina
2.8	Aceite
4.7	Vidrio
5.6	Mica
1.0005	Aire
1	Vacío

Es importante señalar que la **fuerza de atracción o repulsión entre cargas eléctricas es una magnitud vectorial**, ya que adquiere sentido al considerar que cargas del mismo signo se rechazan y cargas con distinto signo se admiten, por tanto, **al resultar una fuerza eléctrica con signo negativo, indica que es una fuerza de atracción, de lo contrario será de repulsión.**

Analiza los siguientes ejemplos, en los que se aplica la Ley de Coulomb.

Determina la magnitud y sentido de la fuerza eléctrica que actúa entre una carga de 12 micro coulomb ($12\mu C$) y otra carga de -23 micro coulomb ($-23\mu C$), considera que están separadas a una distancia de 7 cm en el aire y que posteriormente, se sumergen en gasolina conservando la distancia entre ellas.

Datos: $F = ?$ $q_1 = 12\mu C = 12 \times 10^{-6} C$ $d = 7 cm = 0.07 m$ Nm^2/C^2 Permitividad relativa del Aire, $\epsilon_r = 1$	$q_2 = -23\mu C = -23 \times 10^{-6} C$ $k = 9 \times 10^9$	Fórmulas: Para obtener la fuerza que actúa entre las dos cargas eléctricas se emplea la Ley de Coulomb: $F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$
--	--	--

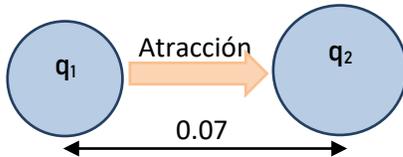
Permitividad relativa de la Gasolina, $\epsilon_r = 2.35$

Para determinar la fuerza que actúa entre las cargas sumergidas en gasolina se emplea la expresión:

$$F' = \frac{F}{\epsilon_r}$$

Situación y Operaciones:

Para comenzar se realiza un diagrama que represente el ejercicio:



En el esquema, se aprecia que las cargas eléctricas están en el aire y son de signo contrario, por tanto, hipotéticamente, se tendrá una fuerza de atracción entre ambas cargas.

Con los datos proporcionados, ya convertidos a unidades del sistema internacional de unidades (SI), es viable emplear la ley de Coulomb para determinar la magnitud de la fuerza eléctrica, como sigue:

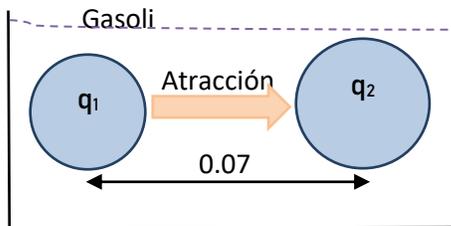
$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(12 \times 10^{-6} \text{C})(-23 \times 10^{-6} \text{C})}{(0.07 \text{m})^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} (-5.6 \times 10^{-8} \frac{\text{C}^2}{\text{m}^2})$$

$$F = -506.9 \text{ N}$$

Ahora bien, la siguiente condición es que las cargas eléctricas estén sumergidas en gasolina a la misma distancia, por tanto, el esquema puede ser:



Hipotéticamente, se espera que la magnitud de la fuerza eléctrica de atracción entre las dos cargas sumergidas en gasolina sea menor que la fuerza de atracción entre las cargas cuando estaban en el aire.

Una vez conocidos los datos es posible aplicando la fórmula de la permitividad relativa, por tanto:

$$F' = \frac{F}{\epsilon_r}$$

$$F'_{\text{Gasolina}} = \frac{-506.9 \text{ N}}{2.53}$$

$$F'_{Gasolina} = -215.702 N$$

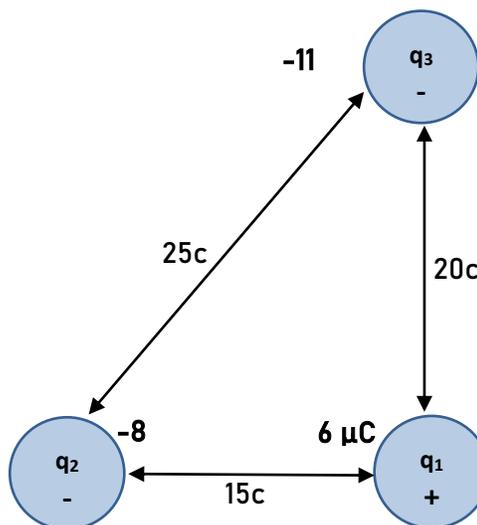
Resultados:

De inicio, se cuenta con **dos cargas eléctricas, en el aire, separadas 7cm y entre ellas actúa una fuerza de -506.9N**, posteriormente, **al sumergir dichas cargas en gasolina y conservando la distancia entre ellas, se encontró que la fuerza eléctrica que actúa tiene un valor de -215.702N.**

Análisis:

En los resultados, se observa que la magnitud de la fuerza eléctrica entre las dos cargas en el aire es mayor que la magnitud de la fuerza eléctrica que actúa entre las cargas sumergidas en gasolina, ya que, la gasolina permite en menor medida la interacción entre las dos cargas. Asimismo, es notable que las dos fuerzas son de atracción, pues ambos resultados tienen signo negativo, esto demuestra que cargas eléctricas de signo contrario se atraen.

Tres cargas eléctricas están dispuestas en el aire, como se muestra en el esquema de la derecha, $q_1 = 6 \mu\text{C}$, $q_2 = -8 \text{mC}$ y $q_3 = -11 \mu\text{C}$. Dibuja un diagrama de las fuerzas eléctricas que actúan sobre q_2 , determina la fuerza resultante sobre q_2 y encuentra el ángulo que forma la fuerza resultante con la horizontal.



Datos:

- $q_1 = 6 \mu\text{C} = 6 \times 10^{-6} \text{C}$
- $\vec{F}_{2-1} = ?$
- $q_2 = -8 \text{mC} = -8 \times 10^{-3} \text{C}$
- $\vec{F}_{2-3} = ?$
- $q_3 = -11 \mu\text{C} = -11 \times 10^{-6} \text{C}$ $\vec{F}_R = ?$
- $d_{1-2} = 15 \text{cm} = 0.15 \text{m}$ $\beta = ?$
- $d_{2-3} = 25 \text{cm} = 0.25 \text{m}$
- $d_{3-1} = 20 \text{cm} = 0.20 \text{m}$
- Permitividad en el Aire, $\epsilon_r = 1$
- $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Cargas Eléctricas colocadas en vértices de un Triángulo Rectángulo

Fórmulas:

Para obtener la fuerza que actúa entre las cargas eléctricas se emplea la Ley de Coulomb:

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

Definición de Funciones Trigonómicas:

$$\text{Sen } \alpha = \frac{C. \text{Opuesto}}{\text{hipotenusa}} \quad \text{Cos } \alpha = \frac{C. \text{Adyacente}}{\text{hipotenusa}}$$

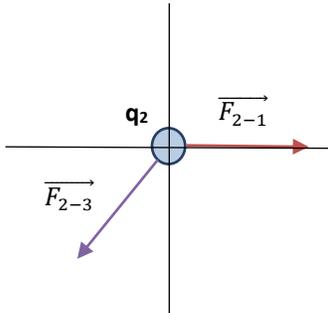
$$\text{Tan } \alpha = \frac{C. \text{Opuesto}}{C. \text{Adyacente}}$$

Teorema de Pitágoras:

$$h = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Situación y Operaciones:

Las fuerzas eléctricas de repulsión son resultado de dos cargas con el mismo signo y las fuerzas eléctricas de atracción resultan de dos cargas con signo diferente, asimismo, al recordar que, las fuerzas eléctricas son magnitudes vectoriales, ya que cuentan con magnitud, dirección y sentido, es posible iniciar con el dibujo de un diagrama de las fuerzas que actúan sobre la carga q_2 , con base en el plano cartesiano, entonces:



En el diagrama se aprecia que la **fuerza eléctrica en q_2 debido a q_1 , es de atracción**, pues signos diferentes se admiten, por tanto, la fuerza \vec{F}_{2-1} está dirigida sobre el eje horizontal hacia la derecha, donde está q_1 .

Asimismo, se observa que la **fuerza eléctrica entre q_3 y q_2 es de repulsión**, ya que ambas son de signo contrario, de tal manera que se interpretará a \vec{F}_{2-3} como si empujara a q_2 hacia el tercer cuadrante del plano cartesiano.

Debido a que los **datos** proporcionados están **convertidos a las unidades** del sistema internacional (SI), es posible utilizar la **ley de Coulomb**, para calcular las magnitudes de las fuerzas F_{2-1} y F_{2-3} , como sigue:

$$F_{2-1} = k \frac{q_1 q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(6 \times 10^{-6} C)(-8 \times 10^{-3} C)}{(0.15 m)^2} = -19\,200 N = 19\,200 N$$

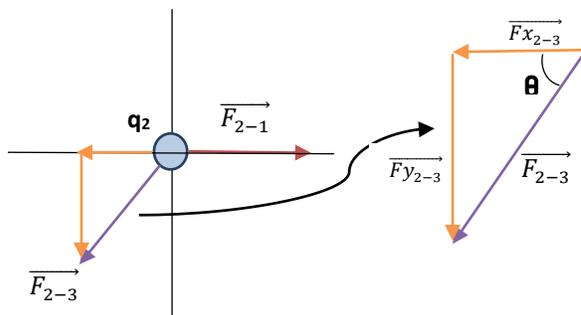
Este signo negativo, únicamente indica que la fuerza F_{2-1} , es de Atracción, por tanto, su magnitud se considera como positiva.

$$F_{2-1} = 19.2 \text{ kN}$$

$$F_{2-3} = k \frac{q_3 q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{(-11 \times 10^{-6} C)(-8 \times 10^{-3} C)}{(0.25 m)^2} = 12\,672 N$$

$$F_{2-3} = 12.672 \text{ kN}$$

En el siguiente diagrama, se **realiza una descomposición vectorial de la fuerza eléctrica \vec{F}_{2-3}** , en sus componentes rectangulares, ya que, con este método se logra obtener las partes que la componen y que imprimen su magnitud de forma vertical y horizontal, respectivamente; facilitando la sumatoria de fuerzas que actúan sobre q_2 .



Para determinar el ángulo θ , es necesario referirse al triángulo rectángulo formado por las cargas eléctricas y utilizar la definición trigonométrica de tangente, de tal manera que:

$$\tan \theta = \frac{C. \text{Opuesto}}{C. \text{Adyacente}} = \frac{20}{15} = \frac{4}{3}$$

$$\theta = \arctan \frac{4}{3}; \quad \theta = 53.13^\circ$$

El valor de las fuerzas $\overrightarrow{Fx_{2-3}}$ y $\overrightarrow{Fy_{2-3}}$, se puede obtener al aplicar las funciones trigonométricas en el triángulo de vectores, del esquema anterior, por lo que:

-En el caso de $\overrightarrow{Fx_{2-3}}$:

$$\cos \theta = \frac{C. Adyacente}{hipotenusa} = \frac{\overrightarrow{Fx_{2-3}}}{F_{2-3}}$$

Despejando a $\overrightarrow{Fx_{2-3}}$, queda:

$$\overrightarrow{Fx_{2-3}} = F_{2-3} \cos \theta$$

Al sustituir valores, se tiene:

$$\overrightarrow{Fx_{2-3}} = (12\,672N) \cos 53.13^\circ; \quad \overrightarrow{Fx_{2-3}} = 7603.22N$$

-En el caso de $\overrightarrow{Fy_{2-3}}$:

$$\sin \theta = \frac{C. Opuesto}{hipotenusa} = \frac{\overrightarrow{Fy_{2-3}}}{F_{2-3}}$$

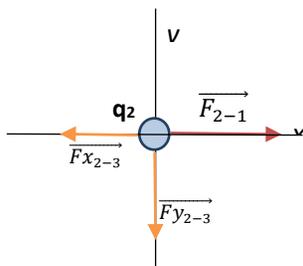
Despejando a $\overrightarrow{Fy_{2-3}}$:

$$\overrightarrow{Fy_{2-3}} = F_{2-3} \sin \theta$$

Al sustituir valores, queda:

$$\overrightarrow{Fy_{2-3}} = (12\,672N) \sin 53.13^\circ; \quad \overrightarrow{Fy_{2-3}} = 10\,137.59N$$

Debido a los resultados anteriores, el diagrama de fuerzas eléctricas sobre la carga q_2 . Se presenta como sigue.



Al realizar sumatoria de fuerzas eléctricas en "x", hacia la derecha se consideran de signo positivo, $\sum x = 0 \rightarrow +$, se tiene que la fuerza eléctrica resultante que actúa horizontalmente es:

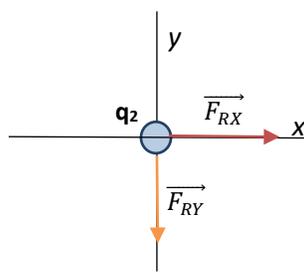
$$\overrightarrow{FRX} = \overrightarrow{F_{2-1}} - \overrightarrow{Fx_{2-3}}$$

$$\overrightarrow{FRX} = 19200N - 7603.22N = 11\,596.78N$$

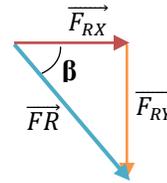
En el diagrama se observa que solo hay una fuerza eléctrica que actúa en el eje vertical, hacia los valores negativos de "y", por lo que:

$$\overrightarrow{FRY} = -\overrightarrow{Fy_{2-3}} = -10\,137.59N$$

Con los valores obtenidos de las fuerzas eléctricas resultantes en los ejes "x,y", el diagrama queda como sigue.



En el esquema de la izquierda, se aprecia que es posible **determinar la fuerza eléctrica resultante, sobre la carga eléctrica q₂, mediante una suma de vectores, por tanto:**



$$\vec{FR} = \sqrt{(11596.78N)^2 + (-10137.59N)^2}$$

$$\vec{FR} = 15\,403.12N$$

Al emplear la función trigonométrica, tangente, se determina el ángulo β , por tanto:

$$\tan \beta = \frac{C. Oouesto}{C. Adyacebte} = \frac{\vec{F}_{RY}}{\vec{F}_{RX}} = \frac{-10\,137.59N}{11\,596.78N}$$

$$\beta = \arctan -0.874$$

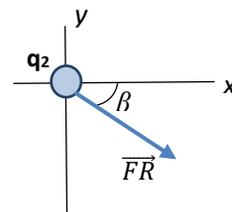
$$\beta = -41.14^\circ$$

El **signo negativo** del ángulo β , indica que su **apertura inicia del eje "x" hasta la fuerza eléctrica resultante, medido en sentido horario**, es decir, en sentido inverso en que se miden los ángulos. Por otro lado, si el ángulo se mide en sentido antihorario, tendrá un valor de:

$$\beta = 360^\circ - 41.14^\circ = 318.16^\circ$$

Resultados:

Se tiene una **fuerza eléctrica resultante de 15 403N dirigida 41.14° al sur-este** o al IV cuadrante del plano cartesiano, como se muestra en el diagrama de la derecha.



Análisis:

Puesto que, las cargas eléctricas del mismo signo se rechazan y cargas de signo contrario se atraen, entonces, **las fuerzas eléctricas que actúan sobre la carga eléctrica q₂, debido a q₁ y q₃, provocan una fuerza resultante que la empuja 41.14° hacia el sur- este.**



Practicando

Coloca en el paréntesis de la izquierda el número que corresponda

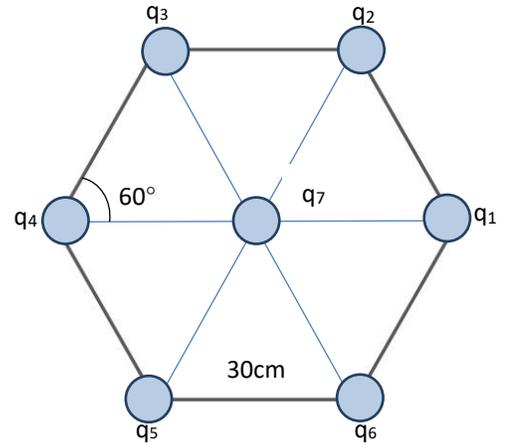
- | | |
|---|----------------------------------|
| () En 1746 desarrolló la Botella de Leiden y demostró que los conductores eléctricos tienen la capacidad de almacenar cargas en su superficie. | 1.- Otto von Guericke |
| () Demostró que existen dos tipos de carga eléctrica, carga vítrea y carga resinosa. | 2.- Benjamín Franklin |
| () Enunció la Ley de la conservación de la carga eléctrica. | 3.- Tales de Mileto |
| () En 1785 enunció una ley que lleva su nombre y que se refiere a la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas, la cual es inversamente proporcional al cuadrado de su separación y directamente proporcional al producto de las cargas eléctricas. | 4.- Luigi Galvani |
| () Entre 1602 y 1686 descubrió que los cuerpos electrizados también experimentan fuerzas de atracción y repulsión. | 5.- Alessabdro Volta |
| () Desarrolló el electroscopio y fue el primero en hacer una clasificación de materiales aislantes y conductores de la electricidad. | 6.- William Gilbert |
| () Observó que al frotar un pedazo de ámbar, éste atraía a otros objetos pequeños. | 7.- Christian Oersted |
| () En 1777 desarrolló la "balanza de torsión" para conocer la magnitud de la fuerza eléctrica que interactúa entre dos cargas eléctricas. | 8.- Pieter van Musschenbroek |
| () Desarrolló la "teoría del fluido único", la cual, menciona que hay dos tipos de cargas eléctricas, la positiva y la negativa, ya que un cuerpo cargado atraía a cuerpos con carga contraria y rechazaba a cuerpos con la misma carga. | 9.- André-Marie Ampere |
| () En 1729, logró transferir cargas eléctricas a través de un conductor y descubrió que los conductores eléctricos pueden conservar la carga eléctrica, cuando están aislados. | 10.- Stephen Gray |
| | 11.- Charles Coulomb |
| | 12.- Charles de Cisternay du Fay |

Resuelve los siguientes ejercicios

Una carga q_1 de $-5\mu\text{C}$, se encuentra 6cm a la izquierda de una carga q_3 de $-14\mu\text{C}$. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza resultante que actúa sobre una carga q_2 de $9\mu\text{C}$, que se encuentra, precisamente, 8cm por debajo de q_3 , si las 3 cargas eléctricas se encuentran en el agua?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

En la siguiente figura se muestra la disposición de siete cargas eléctricas, donde $q_1 = -8\mu\text{C}$, $q_2 = 3\mu\text{C}$, $q_3 = 4\mu\text{C}$, $q_4 = -7\mu\text{C}$, $q_5 = 5\mu\text{C}$, $q_6 = 5\mu\text{C}$ y $q_7 = 2\mu\text{C}$. Determina la fuerza eléctrica resultante que actúa sobre la carga q_7 , así como, el ángulo β que forma con el eje horizontal



Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	



Auto evaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Tengo la habilidad de identificar cuando un cuerpo tiene carga eléctrica neutra, positiva o negativa.		
Comprendo la primera Ley de la electrostática.		
Comprendo qué sucede con la electrización de cuerpos por contacto, frotamiento e inducción.		
Soy capaz de identificar los materiales conductores, semiconductores y aislantes.		
Comprendo la Ley de Coulomb.		
Comprendo el significado de permitividad de un medio material.		
Soy capaz de realizar los cálculos matemáticos para obtener la magnitud, dirección y sentido de la fuerza eléctrica resultante que actúa sobre una carga eléctrica.		
Tengo la habilidad de interpretar la magnitud, dirección y sentido de fuerzas eléctricas en distintas disposiciones de cargas eléctricas.		
<p>En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.</p>		



Investigando

Se sugiere consultar los siguientes recursos para facilitar la práctica de asesoría académica:

- Khan Academy. Ley de Coulomb. Disponible en: <https://es.khanacademy.org/science/physics/electric-charge-electric-force-and-voltage/charge-electric-force/v/coulombs-law>
- Profesor Sergio Llanos. Ley de Coulomb - Fuerza Resultante entre Cargas Eléctricas. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=QB4Fy59Bovg>
- IngE Darwin. LEY DE COULOMB (Cuatro cargas puntuales - una solución simple) | Ejercicio 3. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=q1Ez2tLVy10>

Referencias

- Arciniega Durán, G y Jaime González. L. (2011). Física 2, Enfoque por Competencias. Fernández editores.
- IngE Darwin. (2020). *LEY DE COULOMB (Cuatro cargas puntuales - una solución simple) | Ejercicio 3* [video]. YouTube. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=q1Ez2tLVy10>
- Khan Academy, McAllister, W. (s.f). *La fuerza eléctrica* [en línea]. <https://es.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-electrostatics/ee-electric-force-and-electric-field/a/ee-electric-force>. (agosto 2021).
- Paul E. Tippens, P. (2011). *Física, Conceptos y Aplicaciones*. McGraw Hill. Séptima Edición.
- Pérez Montiel, H. (2012). *Física General Serie Bachiller*. Grupo Editorial Patria. Cuarta Edición.
- Profesor Sergio Llanos. (2015). *Ley de Coulomb - Fuerza Resultante entre Cargas Eléctricas*. [video]. YouTube. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=QB4Fy59Bovg>

Imágenes tomadas de:

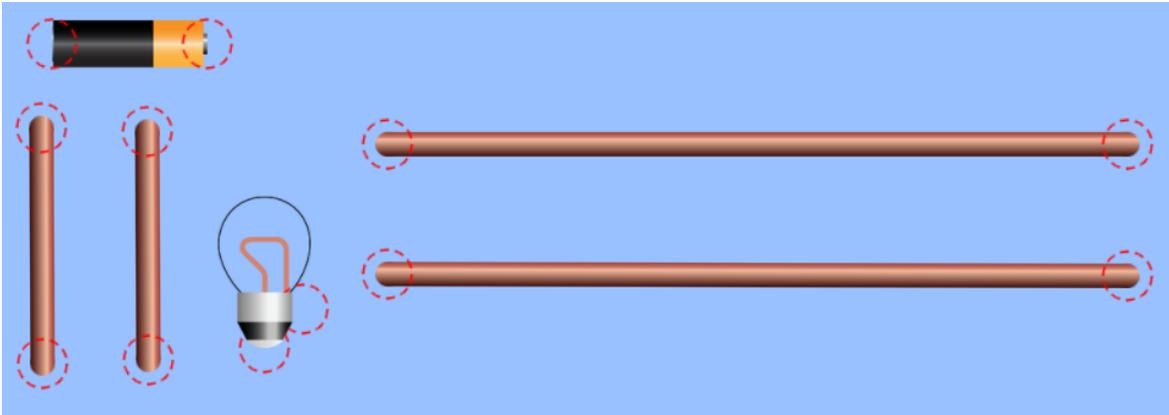
- <https://pixabay.com/es/photos/adulto-cepillo-cuidado-rostro-19230/>

Lección 8. Corriente eléctrica y Ley de Ohm, Potencial eléctrico y el efecto Joule



Explorando

Recorta o copia las imágenes y arma un circuito eléctrico, con flechas de color rojo determina el sentido en que viaja la electricidad.





Corriente eléctrica

Es el movimiento o flujo de las cargas negativas (electrones) que circulan a través de un conductor conectado a una terminal negativa y a una positiva. La corriente eléctrica se expresa en coulomb por segundo (C/s) en el Sistema Internacional de Unidades y la unidad se conoce como Amperio (A).

Un Coulomb es la carga eléctrica de 6.25 trillones de electrones

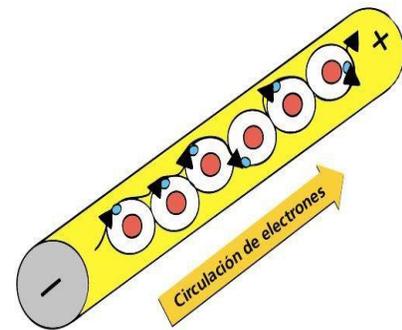
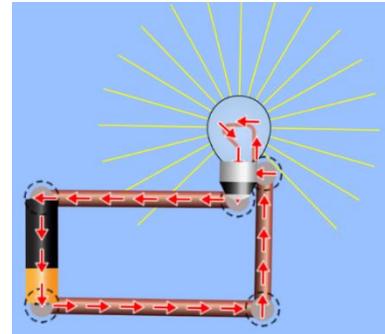
Para hacer uso de la electricidad es necesario que los electrones fluyan a través de un circuito en la misma dirección, para esto normalmente se utiliza un conductor (cable de cobre).

El cobre es muy buen conductor eléctrico, ya que los átomos que lo componen tienen un electrón débil en su última orbita, el cual es libre de moverse muy fácilmente en todas direcciones dentro del metal y unirse al azar a otros átomos de cobres.

Para usar la electricidad y hacer uso de nuestros dispositivos, es necesario forzar el flujo de los electrones del átomo de cobre en una misma dirección a lo largo del circuito, esto lo podemos hacer aplicando una diferencia de voltaje a través del cable de cobre. En otras palabras, cuando los extremos del conductor están sujetos a potenciales eléctricos distintos la carga fluye de un extremo a otro provocando una diferencia de potencial entre los extremos del conductor. El flujo de la carga va a continuar hasta alcanzan el mismo potencial ambos extremos.

Para que exista una corriente constante es necesario un dispositivo que cree una diferencia de potencial, a este dispositivo se le llama fuente de voltaje, el cual le va a brindar la presión eléctrica necesaria para desplazar los electrones a lo largo del circuito, estableciendo de esta manera el flujo de corriente eléctrica. Cuanto mayor sea el voltaje, mayor será el flujo de electrones. Algunos ejemplos de fuentes de voltaje son las pilas, las celdas (baterías) o generadores que son dispositivos capaces de mantener un flujo constante.

Un circuito eléctrico está constituido por varios componentes como por ejemplo pila, cable, foco, interruptor, etc., en este circuito el voltaje de la pila se puede medir con el multímetro sin que fluya la corriente eléctrica a lo largo del circuito, pero no podemos medir el voltaje en el cable de cobre si no hay electrones fluyendo a lo largo del circuito,



Voltaje

Fuerza de empuje o presión que se ejerce sobre las cargas negativas en un circuito eléctrico cerrado.

por lo tanto, no habrá diferencia de voltaje. Si en cada extremo de la pila conectamos una punta del cable de cobre, entonces tendremos una diferencia de voltaje en el cable, la cual empuja a los electrones del átomo de cobre a fluir en una misma dirección.

Los componentes del circuito eléctrico solo pueden dejar fluir cierta cantidad de electrones a través de ellos. Si se excede la capacidad de electrones permitida por cada componente causarían que estos se quemen.

Resistencia eléctrica

Un factor importante para considerar en el flujo de corriente, además de la fuente de voltaje, es la resistencia que opone el conductor al flujo de carga, a esta oposición se le conoce como resistencia eléctrica. La resistencia eléctrica de un conductor va a depender de varios factores:

- La conductividad de los materiales de los que esté hecho el cable, es decir si es buen conductor de electricidad. La mayoría de los metales son buenos conductores de electricidad, pero todos presentan una oposición al flujo de carga eléctrica que pase por ellos.
- El espesor y la longitud del cable. Existen cables delgados donde la resistencia eléctrica va a ser mayor que en los cables gruesos., asimismo los cables largos oponen más resistencia que los cortos.
- La temperatura, esto debido a que cuanto más se agiten los átomos dentro del conductor, éste va a oponer mayor resistencia al flujo de la carga. Por lo que, podríamos decir que en casi todos los conductores si se presenta un aumento de temperatura, se tiene un incremento en la resistencia.

Ley de Ohm

Nos ayuda a determinar la relación entre tensión, corriente y resistencia en un circuito eléctrico.

Un ejemplo en la vida diaria sería cuando se conecta un aparato (como el refrigerador) a la luz eléctrica, es decir, le aplicamos un voltaje. Internamente, el refrigerador tiene circuitos que, al recibir ese voltaje, inducen una corriente que ayuda al sistema de enfriamiento.

Se puede decir que la rapidez del flujo de carga entre 2 puntos del circuito depende de la diferencia de potencial que existe entre ellos.

Georg Simón Ohm (1787-1854), físico y profesor alemán, utilizó en sus experimentos instrumentos de medición bastante confiables y observó que:

La intensidad de la corriente eléctrica que pasa por un conductor en un circuito es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicado a sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia del conductor. Pérez M. H. (2015).

Matemáticamente esta ley se expresa de la siguiente manera:

$$I = \frac{V}{R} \quad \therefore \quad V = IR$$

donde:

V = diferencia de potencial aplicado a los extremos del conductor en volts (V)

R = resistencia del conductor en ohm (Ω)

I = intensidad de la corriente que circula por el conductor en amperes (A)

Si se despeja la resistencia de la expresión se obtiene:

$$R = \frac{V}{I}$$

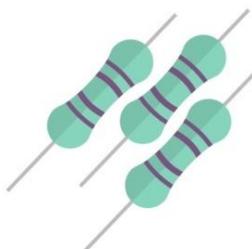
Lo que significa que, si la resistencia **R** es mayor, la corriente **I** será menor para un voltaje **V**. La unidad de la resistencia es el Ohm, cuyo símbolo es la letra griega omega Ω .

Limitaciones de la Ley de Ohm

1. Se aplica a los metales pero no a los materiales utilizados en los transistores.
2. La resistencia cambia con la temperatura. El paso de corriente provoca que los materiales se calienten.
3. Existen aleaciones que conducen mejor las cargas en una dirección que en otra.

Existen algunos aparatos que puedes utilizar para el estudio de la Ley de Ohm, por ejemplo, si conectas una batería, un voltímetro (mide el voltaje y se conecta en paralelo), un amperímetro (mide corriente se debe conectar en serie) y un reóstato o resistor. Recuerda que se debe tomar en cuenta al momento de conectar las terminales de los dispositivos, generalmente las que son positivas tienen un color rojo y las que son negativas son de color negro.

Resistores



Amperímetro



Batería



Voltímetro



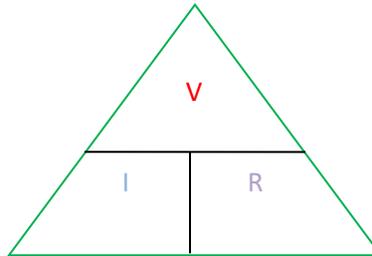
Reóstato



Con estos elementos se puede calcular la corriente de una fuente de voltaje utilizando la Ley de Ohm que permite explicar el comportamiento de la corriente eléctrica. Es decir, puedes validar:

- las caídas de tensión
- como es el suministro en las fuentes de voltaje
- los niveles de corriente que existen
- los valores estáticos de los componentes de un circuito

Si consideras la relación que existe entre el voltaje, el voltaje y la resistencia podrás detectar que problema existe en el circuito.



Ejemplos

Un tostador eléctrico tiene una resistencia de 40Ω cuando está caliente. ¿Cuál será la intensidad de la corriente que fluirá al conectarlo a una línea de 120 V ?

Variables	Fórmula	Operaciones
$I = ?$ $V = 120 \text{ V}$ $R = 40 \Omega$	$I = \frac{V}{R}$	$I = \frac{120 \text{ V}}{40 \Omega} = 3 \text{ A}$

Un conductor deja pasar 10 A al aplicarle un Voltaje de 110 V. ¿Cuál es su resistencia?

Variables	Fórmula	Operaciones
$I = 10 A$ $V = 110 V$ $R = ?$	$R = \frac{V}{I}$	$R = \frac{110 V}{10 A} = 11 \Omega$

Calcula el voltaje que se aplica a una resistencia de 20 Ω , si por ella fluyen 5 A.

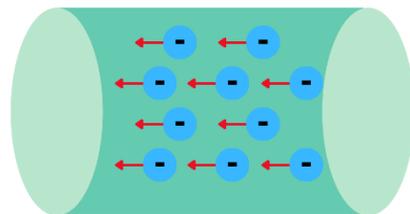
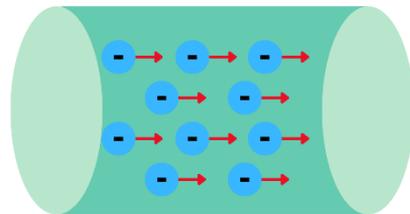
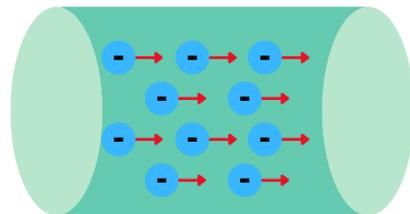
Variables	Fórmula	Operaciones
$I = 5 A$ $V = ?$ $R = 20 \Omega$	$V = IR$	$V = (5 A)(20 \Omega) = 100 V$

Tipos de corriente eléctrica

Existen dos tipos de corriente eléctrica: la continua (CC) y la alterna (CA).

De acuerdo con el portal de Internet de Fisic education, estos tipos de corrientes tienen las siguientes características:

- La corriente continua (CC) es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. Existe una corriente continua cuando los electrones se mueven siempre en el mismo sentido, el flujo va del polo positivo al negativo. Las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección, comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente constante. Es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.
- La corriente alterna (CA) es aquella que se origina cuando el campo eléctrico cambia alternativamente de sentido, por lo que los electrones oscilan de un lado al otro en el conductor, así, en un instante el polo positivo cambia a negativo y viceversa. Cuando los electrones cambian de sentido, efectúan una alternancia; dos alternancias equivalen a un ciclo. El número de ciclos por segundo recibe el nombre de frecuencia, ésta es de 60 ciclos/segundo.



Sin embargo, las señales de audio y de radio transmitidas por los cables eléctricos, son también ejemplos de corriente alterna. La forma de oscilación de la corriente alterna más común es la senoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía, pero también se utilizan otras formas de oscilación periódicas, como la triangular o la cuadrada.

Es importante recordar que el material del conductor del circuito es la fuente de electrones en el mismo.

Potencia Eléctrica

Contextualizando, una carga que se desplaza a lo largo de un circuito gasta energía, dando como resultado el calentamiento del circuito o el movimiento de un motor. Esto es por la conversión de energía eléctrica en otra forma de energía como lo es la mecánica, el calor o la luz, es decir que se realiza un trabajo. La unidad de trabajo es el Joule.

Si analizamos el comportamiento del trabajo en un circuito, se puede decir que la fuente de voltaje el trabajo es realizado por la misma fuente, produciendo un aumento en la energía potencial de la carga. En el circuito propiamente, el trabajo es realizado por la carga. Cuando uno de los componentes del circuito es un resistor, la energía se transforma a calor, por el contrario, si se conecta a un motor esta energía se va a transformar en calor y en trabajo.

Por lo que podríamos definir al trabajo realizado por la fuente de voltaje como el desarrollo de un Joule de trabajo por cada coulomb de carga que se mueve a través de una diferencia de potencial de un volt, quedando la siguiente expresión:

$$\text{Trabajo} = VIt = Pt$$

Donde:

I = corriente en Coulombs por segundo

V= diferencia de potencial

Si se desea conocer la rapidez con la que se realiza un trabajo se calcula la potencia eléctrica que se define según Pérez Montiel como la energía que consume una máquina o cualquier dispositivo eléctrico en un segundo.

$$P = VI = I^2 R$$

$$\text{Potencia eléctrica} = \text{corriente} * \text{voltaje} = \frac{\text{carga} * \text{energía}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{energía}}{\text{tiempo}}$$

La unidad de potencial eléctrico en el Sistema Internacional de medidas resulta de dividir la unidad de energía. (Joule) entre la unidad de carga (Coulomb). Quedando:

$$(\text{Volts})(\text{Ampere}) = \frac{J}{C} = \frac{J}{s} = \text{Watt}$$

El conocer como calcular la potencia eléctrica es muy útil si deseas saber el costo de la energía eléctrica, toma en cuenta que:

$$1 \text{ kilowatt} = 1000 \text{ watts}$$

1 kilowatt hora es la cantidad de energía que se consume en una hora

Ejemplo:

Una corriente de 10 A fluye a través de una resistencia de 250 Ω durante 1 hora.

- ¿Cuál es la potencia disipada?
- ¿Cuánto calor se genera?

Variables	Fórmula	Operaciones
$I = 10 \text{ A}$	$P = I^2 R$	$P = (10\text{A})^2(250\Omega) = 25000 \text{ W}$
$R = 250 \Omega$		
$t = 1 \text{ hora}$	$T = Pt$	$T = (25000\text{W})(3600\text{s}) = 9 \times 10^7 \text{ J}$
$P = ?$		
$Q = ?$		

Efecto Joule

Es un fenómeno que describe el movimiento de los electrones en un conductor; los electrones dentro de éste se mueven a una velocidad constante produciendo choques entre los átomos de un conductor, transformando esta energía cinética de los electrones en calor y elevando la temperatura del conductor.



Por lo que la Ley de Joule establece que la cantidad de calor desprendida en un conductor es proporcional a su resistencia (R), al cuadrado de la intensidad de la corriente (I), y al tiempo que ha estado circulando la corriente.

La generación de calor mediante la electricidad se denomina el efecto Joule y se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Q = Vit \text{ ó } Q = I^2 Rt$$

Donde:

I = es la intensidad de la corriente eléctrica

V = la diferencia de potencial eléctrico

T = tiempo de circulación de la corriente

R = resistencia

La cantidad de energía eléctrica se transforma a calor, por lo que se puede tomar en cuenta la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ Joule de trabajo} = 0.24 \text{ calorías de energía térmica}$$

Existen varios aparatos eléctricos que producen calor siguiendo la Ley de Joule, como, por ejemplo: los tostadores, las parrillas eléctricas, las planchas,



el radiador, los calentadores, soldadoras eléctricas, secadoras de pelo, lámparas incandescentes del alumbrado, rizadoras de cabello.

Ejemplo

Una secadora tiene una resistencia de 15Ω , se conecta por 2 minutos a una diferencia de potencial de 120 V.

Variables	Fórmula	Operaciones
$I = ?$	$I = \frac{V}{R}$	$I = \frac{120V}{15\Omega} = 8 A$
$V = 120 V$		
$R = 15 \Omega$		
$t = 120 s$	$Q = I^2 R t$	$Q = 0.24(8A)^2 * 15\Omega * 120S$
$Q = ?$		$Q = 27648 \text{ calorías}$

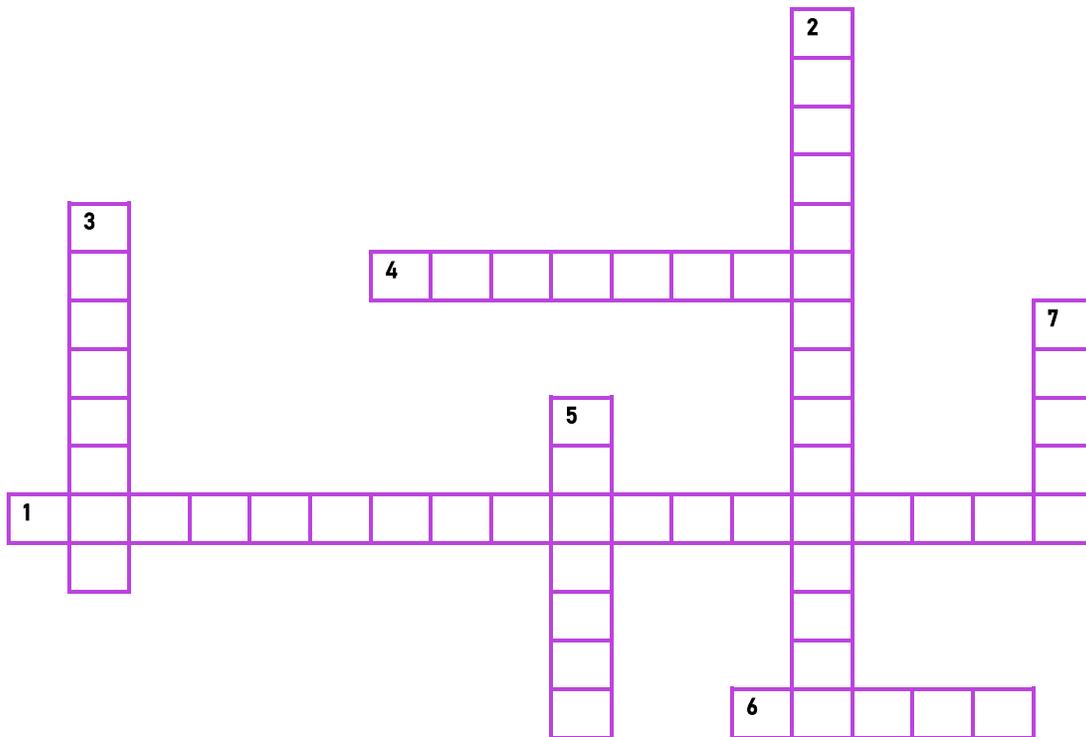
A continuación te presentamos una tabla con las expresiones, las variables físicas y unidades que se utilizan para esta lección.

Expresión	Cantidades físicas	Unidades
Trabajo / energía $W = F * d$	W (trabajo)	Joules
	F (fuerza)	Newtons
	d (distancia)	Metros
Potencia $P = W / t$	P (potencia)	Watt
	W (trabajo)	Joules
	t (tiempo)	Segundos
Ley de Ohm $V = I * R$	V (tensión)	Voltios
	I (Intensidad)	Amperios
	R (Resistencia)	Ohmios
Resistencia $R = \rho l / s$	ρ (Resistividad)	Ohmios * metro
	L (longitud)	Metro
	S (sección o área)	Metros ²
	R (resistencia)	Ohmios
Efecto Joule $Q = I^2 * R * t$	Q (Energía Calorífica)	Joules
	R (Resistencia)	Ohmios
	I (Intensidad)	Amperios
	t (tiempo)	Segundos



Practicando

Resuelve el siguiente crucigrama



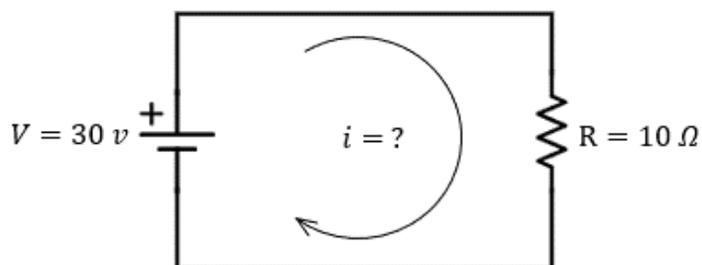
Horizontal

1. Trabajo que debe realizar un campo eléctrico para mover una carga desde un punto hasta otro de referencia.
4. Relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo.
6. Propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas, las cuales generan un comportamiento de atracción y repulsión.

Vertical

2. Interacción física entre dos partículas cargadas.
3. Partícula cargada negativamente.
5. Capacidad para realizar un trabajo.
7. Elemento fundamental de la materia.

Determina la intensidad de la corriente.



Variable	Fórmula	Operaciones
$I = ?$ $V = 30 \text{ v}$ $R = 10 \Omega$	Utilizando la fórmula $I = \frac{V}{R}$	Sustitución

Calcula el costo del consumo de energía eléctrica originado por un foco de 75 W que dura encendido 30 minutos. El costo de 1 Kw-h = \$0.4

Variable	Fórmula	Operaciones
Costo de la energía eléctrica consumida = ? $P = 75 \text{ W} = 0.075 \text{ kW}$ $t = 30 \text{ minutos} = 0.5 \text{ horas}$ $1 \text{ Kw-h} = \$0.4$	$T = Pt$ Costo de energía: $X \text{ Kw-h} * \left(\frac{\$0.4}{1 \text{ kW-h}} \right)$	Sustitución Conversión

Calcular la energía eléctrica consumida en 10 horas, en Joules y kilowatt-hora, por una computadora de 110 volts que transporta 2 amperes.

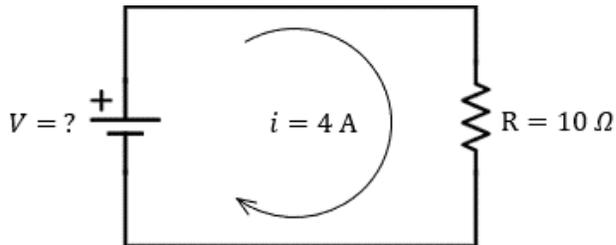
Variable	Fórmula	Operaciones
	Es necesario	

$I = 2 \text{ A}$ $V = 110 \text{ V}$ $E = ?$ $t = 10 \text{ horas}$ Aquí tienes que realizar una conversión de horas a segundos $\left(\frac{3600s}{1 h}\right)$ $= 36000s$	conocer la potencia que se obtiene por; $P = IV$ Utiliza la siguiente expresión $E = T = Pt$	
--	---	--

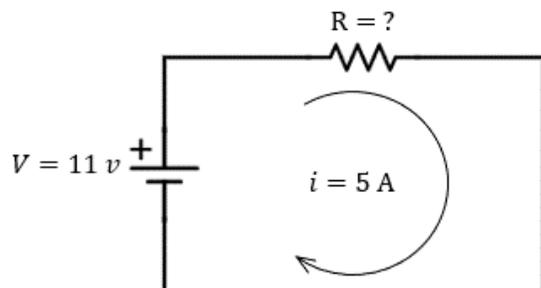
Problemario

Si deseas seguir practicando, puedes resolver los siguientes ejercicios.

1. Determina el voltaje del siguiente circuito utilizando la Ley de Ohm.



2. Considerando de Ley de Ohm, determina la resistencia del siguiente circuito



3. Determinen el costo de funcionamiento mensual de un horno de microondas que tiene una resistencia específica de fábrica de 40 Ohms y una intensidad de corriente de 5 amperes. El equipo funciona 5 horas diariamente y se cobra 10 pesos el kilowatt-hora.
4. La intensidad de corriente que pasa por un conductor es de 25 A. Si la tensión es de 220 V. ¿Cuál es la resistencia del conductor?

5. En una plancha se lee que su potencia es de 1000 watts en un voltaje de 110 volts:

- a) ¿Cuánta corriente transporta?
- b) ¿Cuál es el valor de su resistencia?
- c) ¿Cuál es el calor generado por la resistencia (en un minuto)?



Auto evaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Identifico los elementos que integran un circuito eléctrico.		
Comprendo el significado de corriente eléctrica.		
Distingo la diferencia entre corriente directa y alterna.		
Reconozco los factores que pueden generar resistencia eléctrica en un circuito.		
Tengo la habilidad de resolver problemas con la ecuación de la ley de Ohm.		
Comprendo el cambio de energía que se presenta en el Efecto Joule.		
Resuelvo problemas de aplicación del efecto Joule.		
Entiendo el concepto de potencia eléctrica.		
Soy capaz de resolver problemas de aplicación de potencial eléctrico.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Circuito Eléctrico realizado en el simulador. Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/circuit-construction-kit-dc>
- Juliprofe. Circuitos Eléctricos - Teoría básica y ejemplos. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=f0CqD04GIC0>
- Scienza Educación. Carga eléctrica. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=rE0vs3fSrTc>
- Mentalidad De Ingeniería. Corriente Eléctrica Explicada corriente alterna. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=WRJhAq6_teY&t=228s
- Mentalidad De Ingeniería. Ley de Ohm Explicada. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=_ZICyi2lOd8
- TEBAEV Videos Educativos (2020). Ley de Ohm y Joule; Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=J0tvbWTdD3U>
- Cienciabit: Ciencia y Tecnología (2015). Efecto Joule. La Electricidad se transforma en Calor Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=3dwNzK1fiJ8>
- Educatina (2013). Potencial eléctrico; Física Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=mo4diDIA50Y>
- Khan Academy (2022). La energía potencial eléctrica Disponible en: <https://es.khanacademy.org/science/physics/electric-charge-electric-force-and-voltage/electric-potential-voltage/v/electric-potential-energy>
- PHET. Simulaciones gratuitas de física, química, matemáticas y biología. Laboratorio de condensadores: INTRO. (video y simulación). Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/capacitor-lab-basics>

Referencias

- Héctor Pérez Montiel. (2015) 5ta Edición. *Física General*. Editorial Patria.
- Pacheco Valencia Héctor. (1975). *Principios de corriente Eléctrica*. Editorial Trillas
- Pérez M. H. (2015). *Física General*. Grupo editorial patria, S.A. de C.V. Página 408.
- Yuri Posadas Velázquez. (2014). *Temas de Física*. Progreso Editorial
- Tippens. Paul E. (2001). *Física conceptos y aplicaciones*. McGraw Hill. Sexta edición.

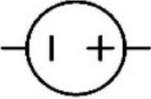
Imágenes tomadas de:

- <https://www.canva.com/>
- <https://www.pexels.com/es-es/buscar/gratis%20sin%20derechos%20de%20autor/>
- <https://www.areatecnologia.com/corriente-electrica.html>

Lección 9. Circuitos Eléctricos y Leyes de Kirchhoff



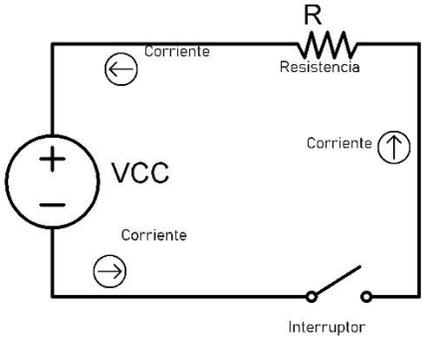
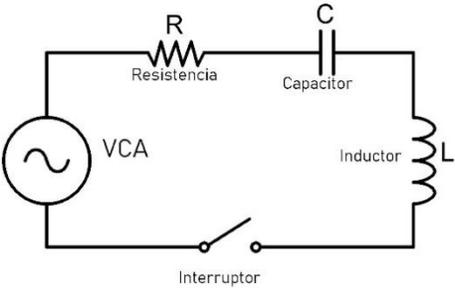
Coloca en el paréntesis de la izquierda el número que corresponda.

- | | |
|--|---|
| () Son las partículas que se mueven para formar la corriente eléctrica | 1.- Ampere |
| () Es la unidad de medida del potencial eléctrico. | 2.- Circuitos en Paralelo |
| () Posee un único camino para la corriente eléctrica. | 3.- Primera ley de Kirchhoff |
| () Es el símbolo de Resistencia eléctrica o resistor. | 4.- Voltaje y Tensión |
| () La diferencia de potencial aplicado a un circuito es directamente proporcional al producto de la intensidad de corriente eléctrica que pasa por un conductor del circuito, por la Resistencia al flujo que presenta ese mismo conductor. | 5.-  |
| () Es la unidad de medida de la corriente eléctrica | 6.- Circuitos en Serie |
| () Posee varios caminos para la corriente eléctrica. | 7.- Fuerza Electromotriz (fem) |
| () Es la unidad de medida de la Resistencia eléctrica. | 8.-  |
| () En un circuito eléctrico, un nodo es una conexión de tres o más conductores y la suma de todas las intensidades de corriente eléctrica que llegan a él, son igual a la suma de las intensidades de corriente que salen de éste. | 9.- Volt |
| () El potencial eléctrico también recibe los nombres de: | 10.- Ley de Ohm |
| () Es la cantidad de energía proporcionada por una pila o generador de corriente eléctrica. | 11.- Ohm |
| | 12.- Electrones |

Circuitos Eléctricos

Un circuito eléctrico es un **conjunto de componentes eléctricos unidos por conductores (cables) en un trayecto completo**, en el cual la corriente eléctrica circula gracias a la acción de una diferencia de potencial. Cuando la corriente eléctrica no circula por el circuito, está abierto y cerrado cuando la corriente circula en todo el sistema. Comúnmente se utiliza un interruptor para cerrar o abrir el circuito.

Según sea el tipo de corriente eléctrica que fluye por los conductores, los circuitos eléctricos se pueden clasificar como **circuitos de corriente continua y circuitos de corriente alterna**, en ambos casos **los elementos fundamentales** a considerar son: **Potencial eléctrico (voltaje), Corriente y Resistencia** (en el caso de los circuitos de corriente alterna los Capacitores e Inductores presentan oposición al flujo de electrones, por lo que se asemeja a la oposición de una Resistencia).

Circuito	Representación Simbólica básica	Ejemplo
Circuito de corriente continua		<p>Una linterna es un circuito eléctrico básico de corriente continua o directa, ya que consta de un foco conectado a una pila por medio de un conductor y un interruptor que permite el paso de corriente.</p> 
Circuito de corriente alterna		<p>Un circuito eléctrico de corriente alterna puede ser una licuadora conectada a un contacto. Pues ésta consta de un motor eléctrico conectado a una fuente de energía (contacto), por medio de un conductor en el que están instalados un fusible y un interruptor.</p> 

A continuación, se analizarán los elementos fundamentales de los circuitos de corriente directa, ya que, son la base de los procedimientos que se utilizan en los circuitos de corriente alterna.

Circuitos de Corriente Continua o Directa

Los circuitos eléctricos pueden tener conexión en serie, en paralelo o mixta.

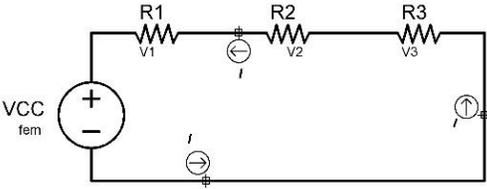
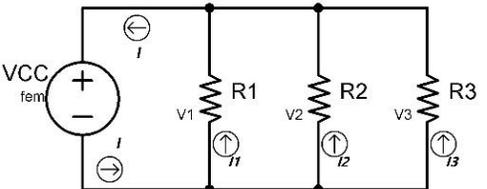
En un circuito conectado en serie, los componentes conductores se posicionan uno tras otro en forma continua, de tal manera que la corriente eléctrica circula a través de cada uno de los componentes, pero si el circuito está abierto en alguna parte, se frena el flujo de electrones. Por ejemplo, los focos de navidad que están conectados a uno enseguida de otro por una sola línea eléctrica.



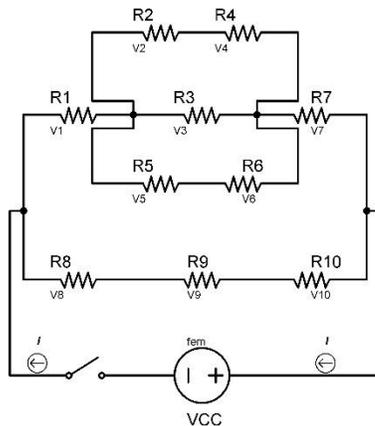
En un circuito conectado en paralelo, la corriente eléctrica se divide para circular por dos o más líneas, puesto que los componentes conductores están conectados por separado (de forma paralela) a la fuente de energía; de tal manera que, si el circuito está abierto en alguna parte no se detendrá el tránsito de electrones en el resto de las líneas. Por ejemplo, una serie de dispositivos eléctricos, conectados a un multicontacto.

En un circuito mixto, los componentes eléctricos pueden estar conectados en serie, así como en paralelo.

En diversos textos se emplea el sentido de corriente "Convencional", usado hasta el siglo XIX, el cual se refiere, de forma errónea, a que las cargas eléctricas fluyen de una terminal positiva a una negativa. Sin embargo, en esta lección, como en otros textos, se emplea el sentido de corriente "Real", en el que las cargas eléctricas transitan de la terminal negativa a una positiva. Ya que, como los protones están fuertemente unidos al núcleo del átomo, son los electrones los que tiene la libertad de moverse en un material conductor. En la actualidad varios autores continúan utilizando el sentido de corriente "Convencional", pues analíticamente se ha demostrado que no existe diferencia.

Conexión de Resistencias	Representación Simbólica	Consideraciones
Conexión en Serie		<ul style="list-style-type: none"> • La Resistencia Equivalente (Re) es aquella que presenta la misma oposición al paso de la corriente, que el conjunto de resistencias conectadas en el circuito, por lo anterior: $Re = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ • En todas las partes de este tipo de circuitos, la corriente eléctrica es igual, por tanto: $I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$ • La Fuerza Electromotriz (fem) que se suministra a un circuito en serie, es igual a la suma de los voltajes consumidos en cada una de sus resistencias. $V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$ Al aplicar, la ley de Ohm $V = IR$, es posible determinar el voltaje para a cada resistencia: $V = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots + IR_n$
Conexión en Paralelo		<ul style="list-style-type: none"> • La suma de los inversos de las Resistencias individuales, conectadas en paralelo, es igual al inverso de la Resistencia Equivalente (Re). $\frac{1}{Re} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$ • La suma de las corrientes fraccionadas, que transitan por las líneas de un circuito en paralelo, es igual a la corriente eléctrica total. $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$ Al emplear la ley de Ohm $I = V/R$, es viable calcular la intensidad de corriente que transita a través de cada uno de los resistores del circuito. • El potencial eléctrico que se entrega a este tipo de circuitos es el mismo que se consume en cada resistencia. $V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$

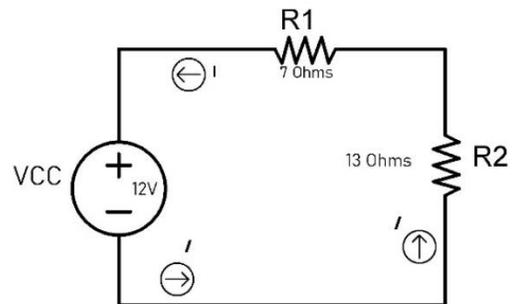
Conexión Mixta



- La forma de resolver estos circuitos es determinando por partes las Resistencias Equivalentes (R_e) de cada conexión, en serie o en paralelo, de manera que el circuito quede reducido a su forma más sencilla, con una resistencia efectiva de todo el sistema eléctrico.

Analiza los siguientes ejemplos de circuitos con Resistencias conectadas en serie, en paralelo y mixtas.

Dos Resistencias, una de 7Ω y otra de 13Ω , se conectan en serie, con una batería de $12V$. Calcula el valor de la corriente eléctrica que circula por el circuito y encuentra la caída de voltaje en cada resistencia.



Datos:

$R_1 = 7\Omega$ $I = ?$
 $R_2 = 13\Omega$ $V_1 = ?$
 $V = 12V$ $V_2 = ?$

Fórmulas:

Para obtener la Resistencia equivalente en un circuito en serie: $R_e = R_1 + R_2$
 Ley de Ohm: $I = V/R$

Situación y Operaciones:

Para calcular la intensidad de corriente eléctrica en el circuito, antes se debe obtener la Resistencia equivalente, que es igual a la suma de las dos Resistencias del circuito.

$$R_e = R_1 + R_2 = 7\Omega + 13\Omega = 20\Omega$$

Este valor de $R_e = 20\Omega$, representa la Resistencia efectiva de todo el circuito, por tanto, el circuito queda reducido como sigue:

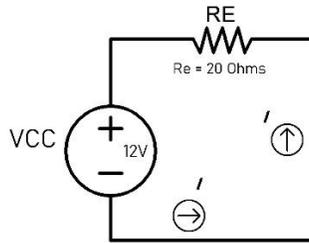
Resultados:

Se tiene un circuito con Resistencias conectadas en serie, por el cual circula una corriente eléctrica de $0.6A$ y en cada una de las Resistencias R_1 y R_2 se presenta una caída de voltaje de $4.2V$ y $7.8V$, respectivamente.

Análisis:

Resistencia:

Al analizar el circuito, conviene reemplazar la combinación de resistores por una sola Resistencia equivalente, cuyo valor no altera el funcionamiento del circuito, dando como resultado un circuito eléctrico más simple al original, conformado por un solo resistor



Aplicando la ley de Ohm, se obtiene la intensidad de corriente eléctrica en el circuito.

$$I = V/R_e = 12V/20 \Omega = 0.6 \text{ A}$$

Finalmente, al recordar que la intensidad de corriente es igual en todo el circuito, es viable calcular la caída de voltaje en cada una de las resistencias, al aplica de nueva cuenta la ley de Ohm. $V = IR$

$$V_1 = IR_1 = 0.6A (7 \Omega) = 4.2V$$

$$V_2 = IR_2 = 0.6A (13 \Omega) = 7.8V$$

Al sumar la caída de voltaje en R_1 y R_2 , se tiene el valor del voltaje suministrado al circuito.

$$4.2V + 7.8V = 12V$$

conectado a la fuente de voltaje. Formando así el circuito básico de corriente continua.

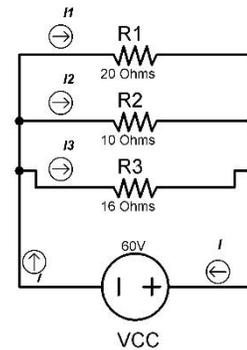
Corriente Eléctrica:

La corriente eléctrica de 0.6A, solo tiene una vía para circular, primero transita por R_2 , enseguida por R_1 y finalmente regresa a la fuente de energía, es por esto por lo que la corriente eléctrica en este tipo de circuito es la misma en todo punto.

Voltaje:

El voltaje que se entrega al circuito es consumido por cada una de las resistencias, en otras palabras, se presenta una pérdida o caída de energía por el tránsito de electrones a través de cada resistor, entonces. en R_1 se tiene una caída de voltaje de 4.2V y en R_2 se tiene una caída de Tensión de 7.8V

Tres equipos eléctricos con Resistencias de 20 Ω , 10 Ω y 16 Ω , están conectados en paralelo a una batería de 60V, Calcula la resistencia equivalente, determina la corriente total aplicada por la batería y la corriente que circula por cada dispositivo.



Datos:

$$R_1 = 20 \Omega$$

$$I_1 = ?$$

$$R_2 = 10 \Omega$$

$$I_2 = ?$$

$$R_3 = 16 \Omega$$

$$I_3 = ?$$

$$V = 60V$$

$$I_3 = ?$$

Fórmulas:

Para obtener la Resistencia equivalente en un circuito en paralelo:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ley de Ohm: $I = V/R$

Situación y Operaciones:

Primero se **calcula la resistencia equivalente** del circuito.

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{10} + \frac{1}{16}$$
$$= \frac{4 + 8 + 5}{80} = \frac{17}{80}$$

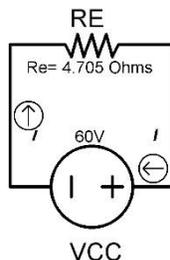
Entonces:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{17}{80}$$

Si se despeja R_e , queda:

$$R_e = \frac{80}{17} = 4.705 \Omega$$

El valor anterior **representa la resistencia efectiva de todo el circuito**, por lo que, al circuito se le puede reducir como se muestra:



Ahora bien, empleando la **ley de Ohm para obtener la corriente total** que suministra la batería, se tiene:

$$I = V/R_e = 60V/4.705\Omega = 12.75 \text{ A}$$

Por último, al recordar que el voltaje es igual en los circuitos en paralelo, es posible **calcular la corriente que circula por cada aparato**, con la ley de Ohm.

$$I_1 = V/R_1 = 60V/20\Omega = 3 \text{ A}$$

$$I_2 = V/R_2 = 60V/10\Omega = 6 \text{ A}$$

$$I_3 = V/R_3 = 60V/16\Omega = 3.75 \text{ A}$$

Resultados:

Se tiene un **circuito con tres equipos eléctricos conectados en paralelo**, el cual es **suministrado con una corriente de 12.75 A**, por una batería de 60V. **La corriente que circula por cada aparato es de 3A, 6A y 3.75A**, respectivamente.

Análisis:

Resistencia:

Al obtener la **resistencia equivalente**, el circuito se puede reducir como un circuito básico de corriente continua, pues este valor **representa la Resistencia total del circuito**.

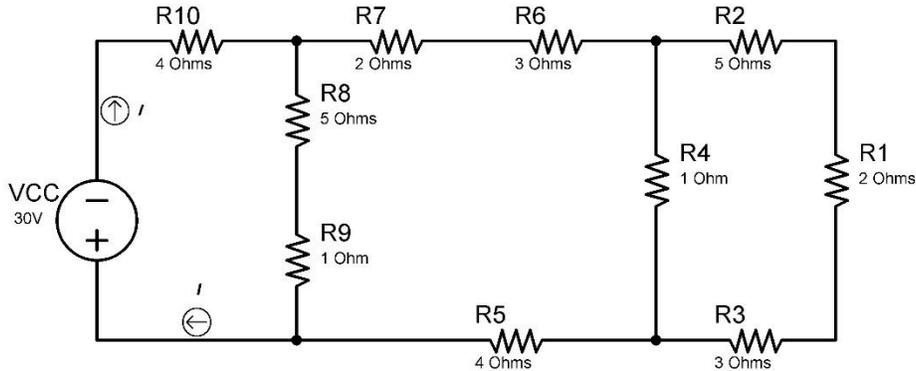
Corriente eléctrica.

La corriente eléctrica **suministrada** por la batería **se divide para fluir por cada uno de los dispositivos** de acuerdo con su Resistencia, por el primero circula una corriente de 3A, por el segundo transita una corriente de 6A y por el tercero fluye una corriente de 3.75A; **después las tres corrientes se unen para volver a la batería con un valor de 12.75A**.

Voltaje:

La caída de voltaje en cada dispositivo es **igual al potencial eléctrico que se proporciona al circuito**.

En el circuito del siguiente esquema se presenta una conexión mixta de Resistencias. **Determina la resistencia equivalente total del circuito y la corriente eléctrica total del del sistema.**



Datos:

$R_1 = 2 \Omega$ $R_6 = 3 \Omega$ $V = 30V$
 $R_2 = 5 \Omega$ $R_7 = 2 \Omega$ $R_e = ?$
 $R_3 = 3 \Omega$ $R_8 = 5 \Omega$ $I = ?$
 $R_4 = 1 \Omega$ $R_9 = 1 \Omega$
 $R_5 = 4 \Omega$ $R_{10} = 4 \Omega$

Fórmulas:

Resistencias conectadas en serie: $R_e = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

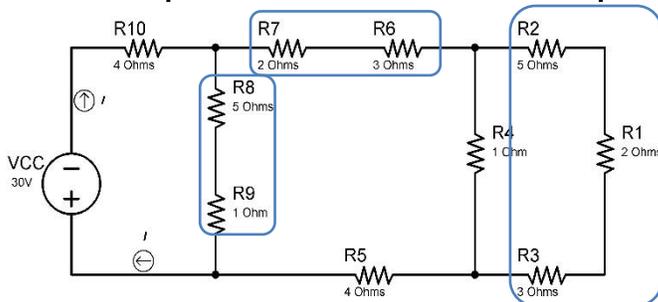
Resistencias conectadas en paralelo:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Ley de Ohm: $I = V/R$

Situación y Operaciones:

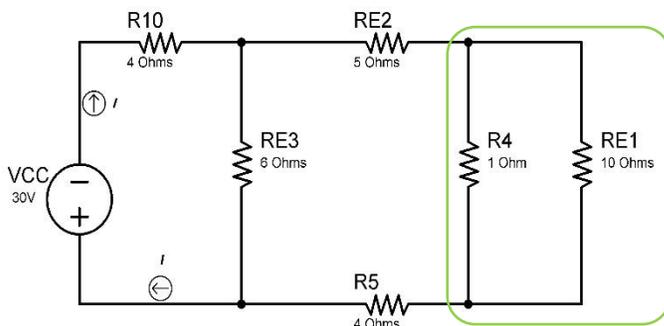
La mejor forma de **obtener la resistencia equivalente** de un circuito que contiene resistencias tanto en serie como en paralelo, es reducirlo **por partes hasta su forma más sencilla**. En el esquema del circuito se observa que las partes encerradas en color azul son **resistencias conectadas en serie**, por lo tanto, es posible **obtener resistencias equivalentes de cada una de estas partes**.



$$R_{E1} = R_1 + R_2 + R_3 = 2 \Omega + 5 \Omega + 3 \Omega = 10 \Omega$$

$$R_{E2} = R_6 + R_7 = 3 \Omega + 2 \Omega = 5 \Omega$$

$$R_{E3} = R_8 + R_9 = 5 \Omega + 1 \Omega = 6 \Omega$$



La primera reducción del circuito, gracias al cálculo de las resistencias equivalentes R_{E1} , R_{E2} y R_{E3} , queda como sigue:

En esta primera reducción se observa que las **resistencias**

encerradas en color verde están **conectadas en paralelo**, de tal manera que se puede obtener una resistencia equivalente RE4.

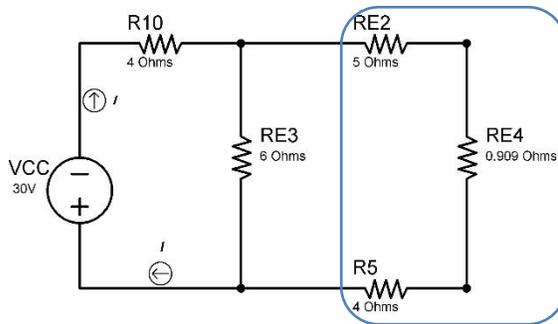
$$\frac{1}{RE4} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{RE1} = \frac{1}{1} + \frac{1}{10} = \frac{11}{10}$$

$$\frac{1}{RE4} = \frac{11}{10}$$

Despejando RE4, queda:

$$RE4 = \frac{10}{11} = 0.909 \Omega$$

La segunda reducción del circuito, debido a la resistencia equivalente RE4, se observa en el siguiente esquema:

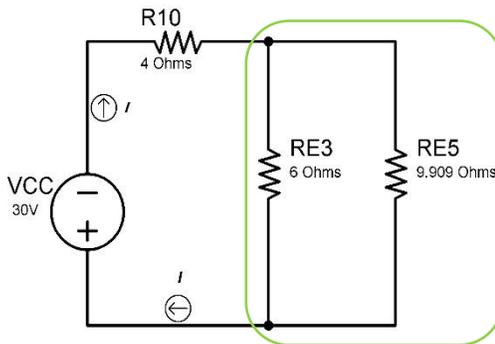


En este circuito se aprecia que las **resistencias** dentro del recuadro azul están **conectadas en serie**, por lo que es viable **calcular una resistencia equivalente RE5**.

$$RE5 = RE2 + RE4 + R5 = 5 \Omega + 0.909 \Omega + 4 \Omega$$

$$= 9.909 \Omega$$

En el siguiente circuito, se presenta la reducción de acuerdo con la resistencia equivalente RE5:



Este esquema muestra que las **resistencias** ubicadas dentro del recuadro color verde RE3 y RE5 están **conectadas en paralelo**, siendo posible **calcular una resistencia equivalente RE6**.

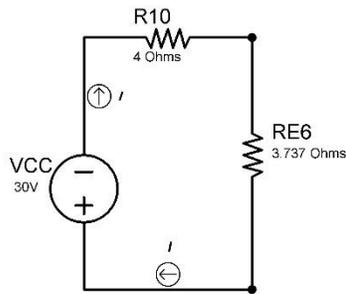
$$\frac{1}{RE6} = \frac{1}{RE3} + \frac{1}{RE5} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9.909} = 0.2675$$

$$\frac{1}{RE6} = 0.2675$$

Despejando RE6, queda:

$$RE6 = \frac{1}{0.2675} = 3.737 \Omega$$

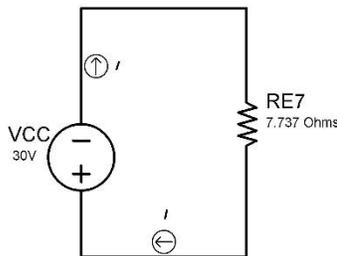
Debido al cálculo de la resistencia equivalente RE6, el circuito queda de la siguiente manera:



En este circuito es notable que las **resistencias RE6 y R10** están conectadas **en serie**, de tal manera, que es posible **obtener la resistencia equivalente RE7**.

$$RE7 = R10 + RE6 = 4 \Omega + 3.737 \Omega = 7.737 \Omega$$

Finalmente, debido a la resistencia equivalente RE7, se ha logrado un circuito eléctrico básico, como el que sigue:



La resistencia RE7, representa la **resistencia total de todo el circuito**.

Ahora bien, aplicando la **ley de Ohm**, se obtiene la **intensidad de corriente eléctrica total** del circuito.

$$I = V/RE7 = 30V / 7.737 \Omega = 3.877A$$

Resultados:

Se tiene un **circuito con resistores conectados de forma mixta**, en el cual circula una **corriente eléctrica total de 3.877 A**, debida a la **diferencia de potencial de 30V**. Fue posible determinar dicha corriente al reducir el circuito eléctrico a uno más simple calculando la **Resistencia equivalente de 7.737 Ω** .

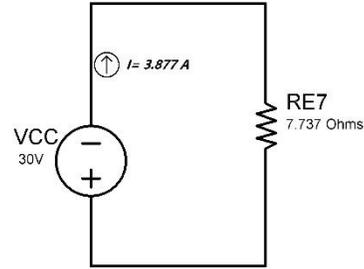
Análisis:

Resistencia:

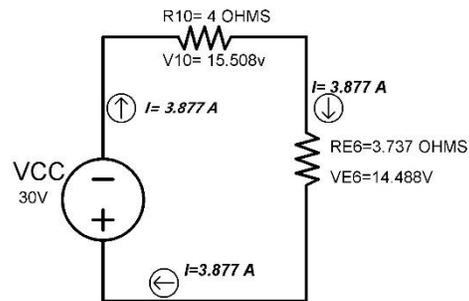
Se observa que las **Resistencias equivalentes** de las conexiones **en serie** tienen un **valor mayor** que las **Resistencias equivalentes** de conexiones **en paralelo**, esto se puede **interpretar como una mayor Resistencia al paso de la corriente** en las conexiones **en serie** que en las conexiones de **Resistencias en paralelo**, pues en estas últimas, la corriente encuentra más vías en su trayectoria. Finalmente, Al obtener la Resistencia equivalente, el circuito se puede reducir como un circuito básico de corriente continua, pues este valor representa la resistencia total del circuito.

Corriente eléctrica y Voltaje:

La **Resistencia total** del circuito es la Resistencia equivalente RE7 con un valor de **7.737 Ω**, debido a esta Resistencia la corriente que circula del polo negativo de la fuente al polo positivo tiene un valor de **3.877 A** y se presenta como sigue:



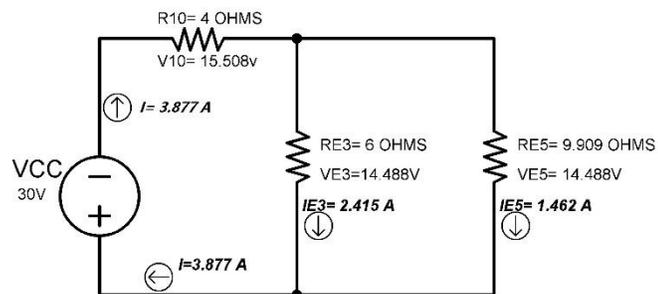
Como la Resistencia equivalente RE7 proviene de un circuito con las Resistencias R10 y RE6 conectadas en serie, quiere decir que la corriente eléctrica que fluye por estas Resistencias es la misma, por lo tanto, $I = I_{10} = I_{E6} = 3.877 \text{ A}$ y como el voltaje se raciona para cada resistor, se tiene que la caída de voltaje en R10 y RE6 se puede calcular con la ley de Ohm, donde:



$$V_{10} = I_{10} R_{10} = 3.877 \text{ A} (4 \Omega) = 15.508 \text{ V}$$

$$V_{E6} = I_{E6} R_{E6} = 3.877 \text{ A} (3.737 \Omega) = 14.488 \text{ V}$$

Ahora bien, se sabe que la Resistencia equivalente RE6 viene de un circuito con las Resistencias RE3 y RE5 conectadas en paralelo, por lo que la caída de voltaje en RE6 es igual en las resistencias RE3 y RE5, entonces: $V_{E6} = V_{E3} = V_{E5} = 14.488 \text{ V}$ y como la corriente eléctrica se divide para fluir por cada resistor, se tiene que la corriente en RE3 y RE5 se puede calcular con la ley de Ohm, por lo que:

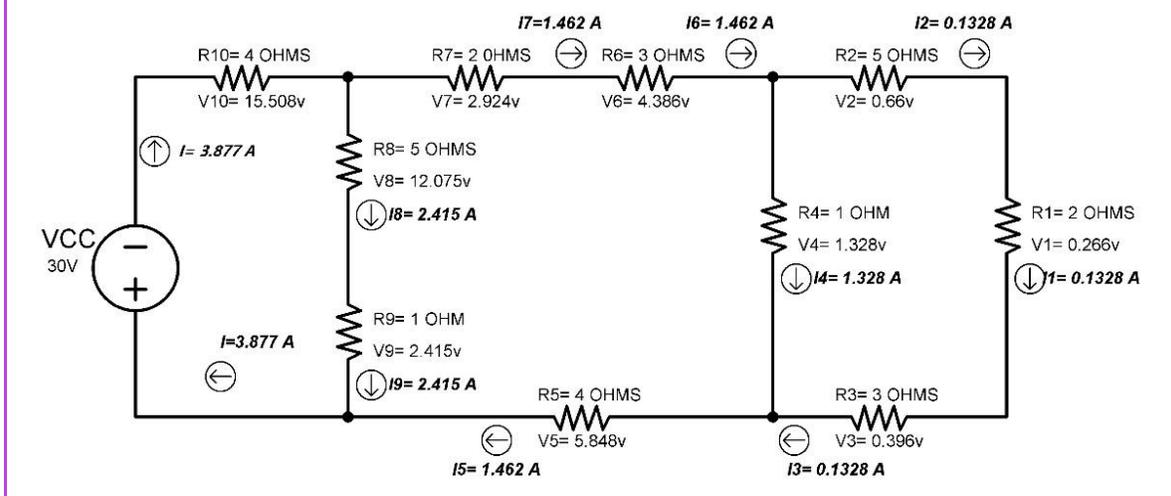


$$I_{E3} = V_{E3} / R_{E3} = 14.488 \text{ V} / 6 \Omega = 2.415 \text{ A}$$

$$I_{E5} = V_{E5} / R_{E5} = 14.488 \text{ V} / 9.909 \Omega = 1.462 \text{ A}$$

Se observa que siguiendo este procedimiento inverso al de obtener una Resistencia total del circuito completo, es decir, analizando de donde proviene cada Resistencia equivalente (circuito en serie o paralelo), será posible obtener los valores de la intensidad de corriente eléctrica y caída de voltaje en cada resistor del circuito

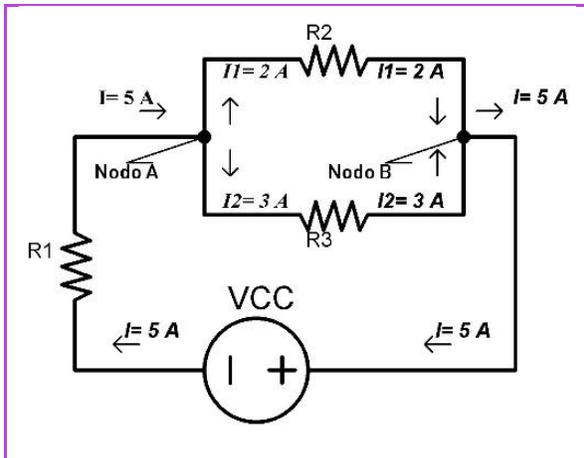
original, como se muestra en el siguiente esquema.



Leyes de Kirchhoff

El físico alemán Gustav Robert Kirchhoff, fue uno de los fundadores en el estudio de los circuitos eléctricos compuestos, que constan de cierto número de trayectorias cerradas o mallas y varias fuentes de energía, en las que es complicado aplicar la ley de Ohm. A mediados del siglo XIX propuso dos leyes que llevan su nombre.

Primera Ley de Kirchhoff (Corriente Eléctrica)	Segunda Ley de Kirchhoff (Caída de Voltaje)
<p>En un circuito eléctrico, un nodo es una conexión de tres o más conductores y la suma de todas las intensidades de corriente eléctrica que llegan a él, son igual a la suma de las intensidades de corriente que salen de éste.</p> $\sum I_{Llegada} = \sum I_{Salida}$ $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$	<p>El voltaje total suministrado a un circuito cerrado o malla es igual a las caídas de voltaje totales en las Resistencias de dicho sistema.</p> $\sum V_{Suministrado} = \sum V_{Resistencias}$ $\sum V_T = \sum IR$ $V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n$



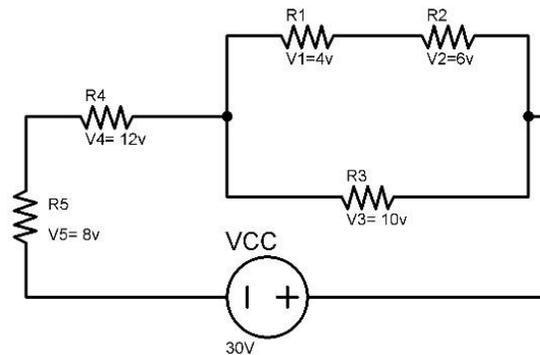
En el esquema anterior, se puede apreciar que al nodo "A" entra la corriente $I = 5A$, que se fragmenta en $I_1 = 2A$ y en $I_2 = 3A$, al utilizar la primera ley de Kirchhoff, se tiene que:

$$I = I_1 + I_2; \quad 5 = 2 + 3; \quad 5 = 5$$

Ahora en el nodo "B", se observa que llegan las corrientes I_1 e I_2 , que se unen para completar a I , con la primera ley de Kirchhoff queda:

$$I_1 + I_2 = I; \quad 2 + 3 = 5; \quad 5 = 5$$

Con lo anterior se comprueba que la suma de corrientes eléctricas que llegan a un nodo de un circuito eléctrico, son iguales a la suma de las corrientes que salen de éste.



En el circuito anterior, se observa que el voltaje suministrado (V_t) es de 30V y que, si se acumulan las caídas o pérdidas de voltaje en las Resistencias R_5 , R_4 y R_3 , se tiene:

$$V_5 + V_4 + V_3 = 8V + 12V + 10V = 30V$$

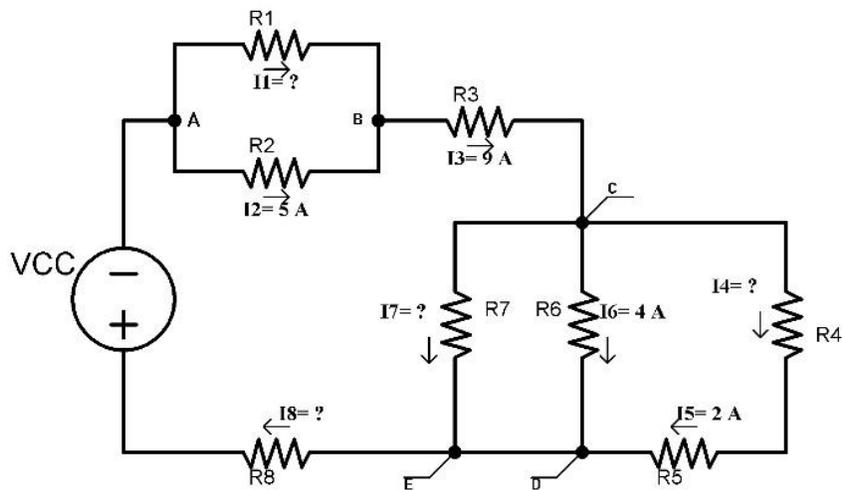
De la misma manera, si se suman las pérdidas de voltaje en los resistores R_5 , R_4 , R_1 y R_2 , se tiene que:

$$V_5 + V_4 + V_1 + V_2 = 8V + 12V + 4V + 6V = 30V$$

Por tanto, es apreciable que los voltajes suministrados a un circuito eléctrico son iguales a los voltajes consumidos en cada resistor del circuito.

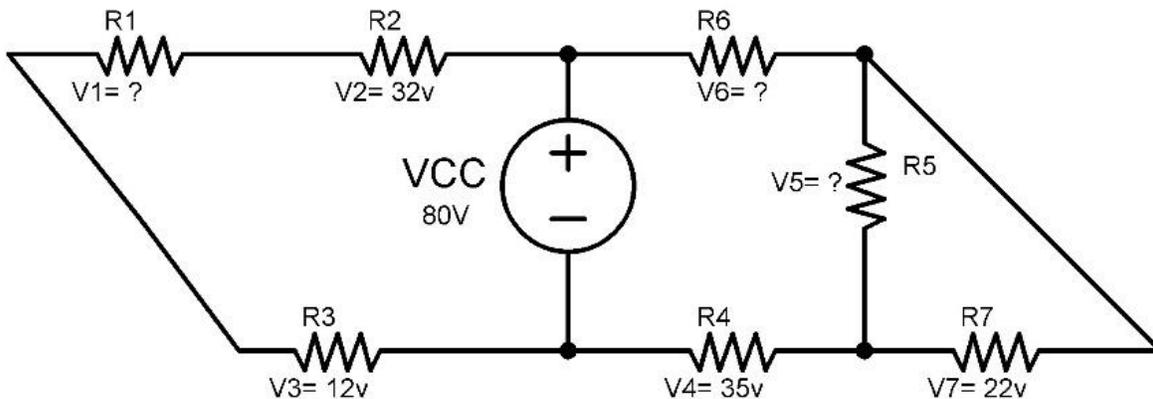
Analiza los siguientes ejemplos de las leyes de Kirchhoff.

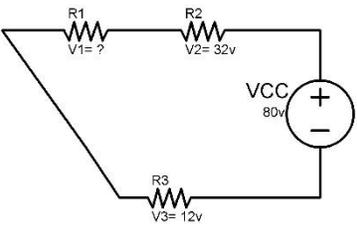
En el siguiente circuito eléctrico, calcula las corrientes eléctricas desconocidas, así como el sentido de cada intensidad.



<p>Datos:</p> <p>$I_1 = ?$ $I_2 = 5A$ $I_3 = 9A$ $I_4 = ?$ $I_5 = 2A$ $I_6 = 4A$ $I_7 = ?$ $I_8 = ?$</p>	<p>Fórmulas:</p> <p>Primera Ley de Kirchoff: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$</p>
<p>Situación y Operaciones:</p> <p>Siguiendo el flujo de carga, se aprecia que la corriente entra al nodo "A" y de este salen las intensidades I_1 e I_2, enseguida, I_1 e I_2 llegan al nodo "B" para unirse y formar a la intensidad I_3. Ahora si se emplea la primera ley de Kirchoff en el nodo "B", se tiene que:</p> $I_1 + I_2 = I_3$ <p>Como se conocen los valores de las intensidades I_2 e I_3, es posible despejar I_1 para obtener su valor.</p> $I_1 = I_3 - I_2 = 9A - 5A = 4A$ <p>En seguida, la intensidad de corriente I_3, ingresa al nodo "C", de donde salen las intensidades I_4, I_6 e I_7, por tanto:</p> $I_3 = I_4 + I_6 + I_7$ <p>De la expresión anterior, es viable despejar I_7 para obtener su valor, ya que se conocen los valores de I_3, I_6 e I_4, para este último, se observa que las resistencias R_4 y R_5 están conectadas en serie, por lo que, las intensidades de corriente I_4 e I_5 son iguales, entonces $I_4 = 2A$.</p> $I_7 = I_3 - I_4 - I_6 = 9A - 2A - 4A = 3A$ <p>Los nodos "D" y "E", se pueden considerar como uno solo, al que llegan las intensidades de corriente I_5, I_6 e I_7, y del que sale la intensidad I_8, de tal modo que:</p> $I_8 = I_5 + I_6 + I_7 = 2A + 4A + 3A = 9A$	<p>Resultados:</p> <p>En el circuito eléctrico se obtuvieron las intensidades de corriente:</p> <p>$I_1 = 4A$, hacia el nodo "B". $I_4 = 2A$, hacia la resistencia R_5. $I_7 = 3A$, hacia el nodo "E". $I_8 = 9A$, hacia la fuente de energía.</p> <p>Análisis:</p> <p>En este circuito se puede apreciar que la corriente eléctrica se raciona al entrar en las conexiones de resistencias en paralelo y al salir se vuelven a acoplar para generar de nueva cuenta la corriente eléctrica que, de un inicio fue suministrada al circuito.</p>

De acuerdo con la segunda ley de Kirchhoff, **calcula las caídas de voltaje** que se desconocen en el siguiente circuito.



<p>Datos: $V_{CC} = 80V$ $V_1 = ?$ $V_2 = 32V$ $V_3 = 12V$ $V_4 = 35V$ $V_5 = ?$ $V_6 = ?$ $V_7 = 22V$</p>	<p>Fórmulas: Segunda Ley de Kirchhoff: $V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n$</p>
<p>Situación y Operaciones: El circuito eléctrico se puede separar en tres partes, pues está compuesto de tres circuitos más pequeños (mallas). En la malla 1, se tiene la fuerza de energía y tres Resistencias R_1, R_2 y R_3, que están conectadas en serie. Si se aplica la segunda ley de Kirchhoff, es posible obtener el valor de la caída de voltaje V_1, como sigue:</p>  <p style="text-align: center;">$V_t = V_3 + V_1 + V_2$</p> <p>Despejando a V_1:</p> <p style="text-align: center;">$V_1 = V_t - V_2 - V_3$ $V_1 = 80V - 32V - 12V$ $V_1 = 36V$</p> <p>La malla 3 cuenta con las Resistencias R_4, R_7 y R_6, conectadas en serie y con un suministro de voltaje de 80v. Con lo anterior es viable calcular el valor de la caída de voltaje V_6, como se muestra:</p>	<p>Resultados: En el circuito eléctrico, se obtuvieron los valores de las caídas de tensión: $V_1 = 36V$ $V_5 = 22V$ $V_6 = 23V$</p> <p>Análisis: En este circuito, se aprecia que las mallas 1, 2 y 3 están conectadas en paralelo con la fuente de energía. Esto indica que a cada malla ingresa un voltaje de 80V. Al sumar las caídas de voltaje en cada malla, es notable que se consumen 80V por sus Resistencias, es decir: En la malla 1, $V_3 + V_1 + V_2 = 12V + 36V + 32V = 80V$ En la malla 2, $V_4 + V_5 + V_6 = 35V + 22V + 23V = 80V$ En la malla 3, $V_4 + V_7 + V_6 = 35V + 22V + 23V = 80V$</p>

$V_t = V_4 + V_7 + V_6$

Despejando a V_6 :

$V_6 = V_t - V_4 - V_7$
 $V_6 = 80V - 35V - 22V$
 $V_6 = 23V$

De tal manera que se confirma la segunda ley de Kirchhoff.

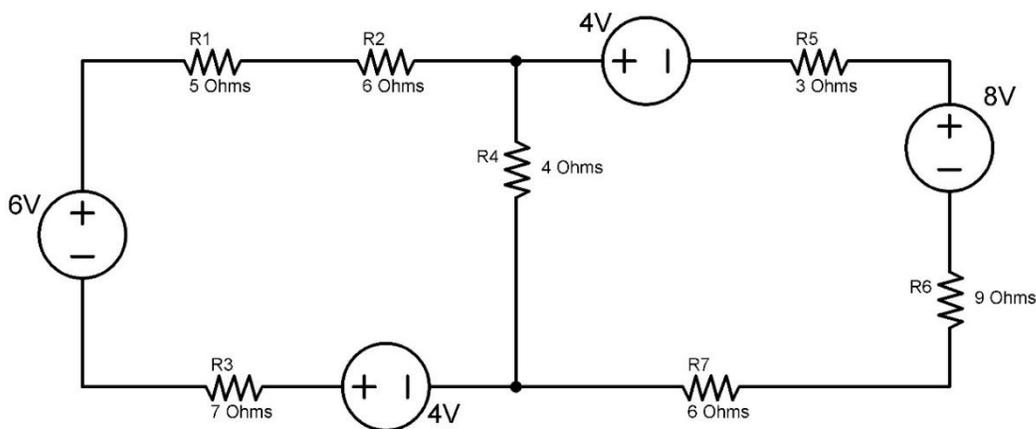
En la malla 2, se tienen conectadas en serie las Resistencias R_4 , R_5 , R_6 y la fuente de energía, siendo posible obtener el valor de la caída de tensión V_5 , como sigue:

$V_t = V_4 + V_5 + V_6$

Despejando V_5 :

$V_5 = V_t - V_4 - V_6$
 $V_5 = 80V - 35V - 23V$
 $V_5 = 22V$

Determina las corrientes eléctricas que transitan en el circuito del siguiente esquema, utiliza las leyes Kirchhoff.



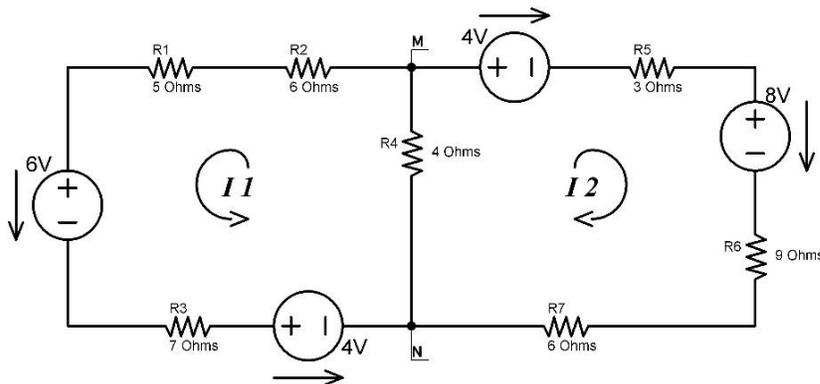
<p>Datos:</p> <p>$R_1 = 5\Omega$ $R_2 = 6\Omega$ $R_3 = 7\Omega$ $R_4 = 4\Omega$ $R_5 = 3\Omega$</p> <p>$R_6 = 9\Omega$ $R_7 = 6\Omega$ $V_1 = 6V$ $V_2 = 4V$ $V_3 = 4V$</p> <p>$V_4 = 8V$ $I_1 = ?$ $I_2 = ?$ $I_3 = ?$</p>	<p>Fórmulas:</p> <p>Primera Ley de Kirchhoff:</p> $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ <p>Segunda ley de Kirchhoff:</p> $\sum V_{Suministrado} = \sum V_{Resistencias}$
---	---

$$\sum V = \sum IR$$

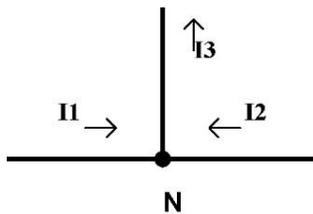
Ley de Ohm: $V = IR$

Situación y Operaciones:

De inicio se debe **identificar el sentido de la corriente en cada una de las dos mallas** que tiene el circuito eléctrico, y recordando que la corriente eléctrica se origina por el flujo de electrones a través de un conductor, gracias a la acción de una diferencia de potencial eléctrico y que, estos circulan de la terminal negativa a la terminal positiva, por tanto, en la **primera malla la corriente eléctrica I_1 tiene un sentido antihorario**. Respecto a la **segunda malla se tiene una corriente eléctrica I_2 que transita en sentido horario**, como se muestra en el siguiente esquema:



El siguiente paso es **señalar mediante una flecha junto al símbolo de cada fuente, la dirección en la que la fuente por si sola, hiciera para que la carga eléctrica fluyera por el circuito**.



Aplicando la **primera ley de Kirchhoff en el nodo "N"**, se observa que **las corrientes I_1 e I_2 llegan al nodo** y que, una **tercera corriente I_3 sale de él**, por tanto:

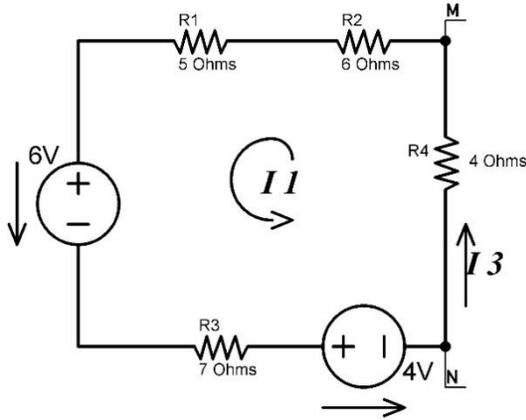
$$I_3 = I_1 + I_2$$

De lo anterior, se entiende que **la corriente I_3 circula del nodo "N" al nodo "M"**, pasando por la Resistencia R_4 . Cabe señalar que resultaría la misma ecuación si se considerara el nodo

"M".

El próximo paso es aplicar la **segunda ley de Kirchhoff a cada una de las mallas**, **resultará una ecuación por cada malla**.

Malla 1.



$$\sum V_{\text{Suministrado}} = \sum V_{\text{Resistencias}}$$

$$\sum V = \sum IR$$

Al partir del nodo "N", se aprecia que el sentido de la corriente I_1 y el sentido de las fuentes es el mismo, entonces se suman. Ahora, se analizan las caídas de voltaje en cada Resistencia, se puede observar que a través de R_2 , R_1 y R_3 , circula la corriente I_1 y que por R_4 circula la corriente I_3 en el mismo sentido que I_1 , pero se sabe que $I_3 = I_1 + I_2$, entonces la expresión queda:

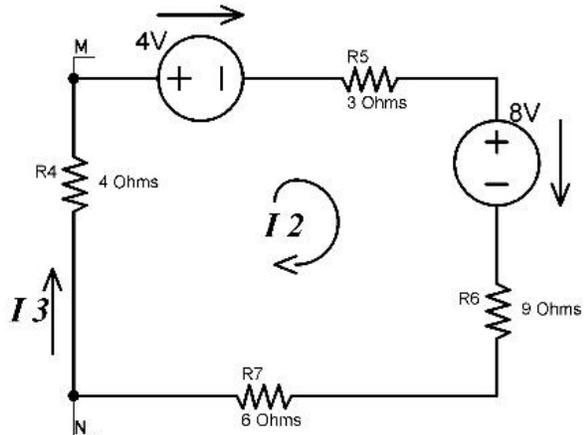
$$6v + 4v = I_1 R_2 + I_1 R_1 + I_1 R_3 + I_3 R_4$$

$$10v = 6I_1 + 5I_1 + 7I_1 + 4(I_1 + I_2)$$

$$10 = 22I_1 + 4I_2$$

$$5 = 11I_1 + 2I_2 \dots \text{Ec1}$$

Malla 2.



$$\sum V_{\text{Suministrado}} = \sum V_{\text{Resistencias}}$$

$$\sum V = \sum IR$$

Dando inicio en el nodo "N", se observa que el sentido de la corriente I_2 es igual al sentido de las fuentes, por tanto, se suman (Si los sentidos fueran contrarios se restan). Para el caso de las caídas de tensión en cada resistor, se puede apreciar que a través de R_5 , R_6 y R_7 , transita la corriente I_2 y que por R_4 pasa la corriente $I_3 = I_1 + I_2$, de tal manera que la expresión queda:

$$4v + 8v = I_2 R_5 + I_2 R_6 + I_2 R_7 + I_3 R_4$$

$$12v = 3I_2 + 9I_2 + 6I_2 + 4(I_1 + I_2)$$

$$12 = 22I_2 + 4I_1$$

$$6 = 11I_2 + 2I_1 \dots \text{Ec2}$$

Para encontrar los valores de las corrientes eléctricas I_1 e I_2 , se pueden emplear cualquiera de los métodos (Reducción, Igualación, Sustitución o Determinantes), para resolver el sistema de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas.

Al emplear el método de sustitución, se despeja I_2 de la ecuación uno "Ec1" y queda:

$$5 = 11I_1 + 2I_2$$

$$5 - 11I_1 = 2I_2$$

$$\frac{5 - 11I_1}{2} = I_2$$

Al Sustituir I_2 en la ecuación dos "Ec2" y simplificar, se tiene:

$$6 = 11 \left[\frac{5 - 11I_1}{2} \right] + 2I_1 \quad \frac{12 - 55}{2} = \frac{-121I_1 + 4I_1}{2} \quad I_1 = \frac{43}{117} A$$

$$6 = \frac{55 - 121I_1}{2} + 2I_1 \quad -43 = -117I_1 \quad I_1 \approx 0.368A$$

$$6 - \frac{55}{2} = -\frac{121I_1}{2} + 2I_1 \quad \frac{-43}{-117} = I_1$$

Sustituyendo el valor de I_1 en la ecuación uno "**Ec1**", es posible obtener el valor de I_2 , como sigue:

$$5 = 11I_1 + 2I_2 \quad \frac{585 - 473}{117} = 2I_2 \quad I_2 = \frac{56}{117} A$$

$$5 = 11 \left(\frac{43}{117} \right) + 2I_2 \quad \frac{112}{117(2)} = I_2 \quad I_2 \approx 0.479A$$

$$5 = \frac{473}{117} + 2I_2$$

Como se sabe que $I_3 = I_1 + I_2$, entonces:

$$I_3 = \frac{43}{117} + \frac{56}{117} = \frac{99}{117} A$$

$$I_3 \approx 0.846A$$

Nota: En caso de que el valor de la corriente eléctrica tenga signo negativo, quiere decir, que el sentido de la corriente en realidad es contrario al que se propuso en el nodo de análisis.

Resultados:

Se tiene un **circuito** con cuatro fuentes de energía y siete resistores en conexión mixta, por él **circulan las corrientes** $I_1 \approx 0.368A$, $I_2 \approx 0.479A$ e $I_3 \approx 0.846A$.

Análisis:

Una vez **conocidas las intensidades de corriente eléctrica** que transitan por el circuito, **es posible obtener las caídas de tensión en cada Resistencia** con ayuda de la **ley de Ohm**, de tal manera que **por las Resistencias R_1 , R_2 y R_3 circula la intensidad de corriente I_1 ; a través de la Resistencia R_4 pasa la corriente I_3 y por las Resistencias R_5 , R_6 y R_7 , fluye la intensidad I_2** , por lo tanto:

$$V_1 = I_1 R_1 = 0.368A (5 \Omega) = 1.84V \quad V_4 = I_3 R_4 = 0.846A (4 \Omega) = 3.384V \quad V_7 = I_2 R_7 = 0.479A (6 \Omega) = 2.874V$$

$$V_2 = I_1 R_2 = 0.368A (6 \Omega) = 2.208V \quad V_5 = I_2 R_5 = 0.479A (3 \Omega) = 1.437V$$

$$V_3 = I_1 R_3 = 0.368A (7 \Omega) = 2.576V \quad V_6 = I_2 R_6 = 0.479A (9 \Omega) = 4.311V$$

Una manera de **comprobar la segunda ley de Kirchhoff** es **sumar los voltajes suministrados a cada malla**, que deberán ser **iguales a la suma de pérdidas de voltaje en las Resistencias** de la misma malla.

En la malla 1:

- Los voltajes suministrados son: $6V + 4V = 10V$
- El total de voltaje consumido por las Resistencias en esta malla, es:

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 1.84V + 2.208V + 2.576V + 3.384V = 10.008V \approx 10V$$

En la malla 2:

- Los voltajes entrantes son: $4V + 8V = 12V$
- La suma de pérdidas de voltaje por las Resistencias en esta malla, es:

$$V_4 + V_5 + V_6 + V_7 = 3.384V + 1.437V + 4.311V + 2.874V = 12.006V \approx 12V.$$



Practicando

Resuelve los siguientes Circuitos

1.- Tres Resistencias de 9Ω , 6Ω y 11Ω se conectan **en serie** y después **en paralelo** con una fuente de $40V$.

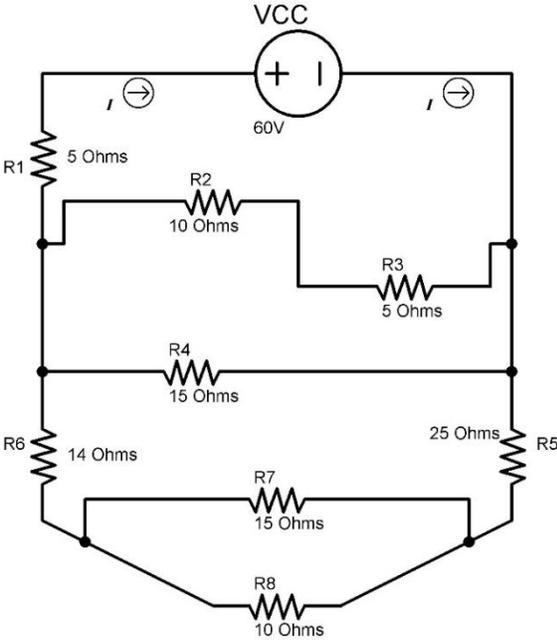
- Representa los esquemas de cada una de las conexiones.
- Calcula la Resistencia equivalente en cada caso y
- Encuentra la corriente eléctrica total en los dos circuitos.

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Circuito en Serie:	Circuito en Paralelo:

Resultados:	Resultados:

2.- En la siguiente figura se muestra un **circuito de conexión mixta** de Resistencias. **Determina:**

- a) La **Resistencia equivalente total** del circuito.
- b) La **corriente eléctrica total** en el circuito.
- c) La **pérdida de voltaje y la corriente eléctrica** en cada resistor.



Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	

Resultados:

$R_e =$ $I =$

$V_1 =$

$I_1 =$

$V_5 =$

$I_5 =$

$V_2 =$

$I_2 =$

$V_6 =$

$I_6 =$

$V_3 =$

$I_3 =$

$V_7 =$

$I_7 =$

$V_4 =$

$I_4 =$

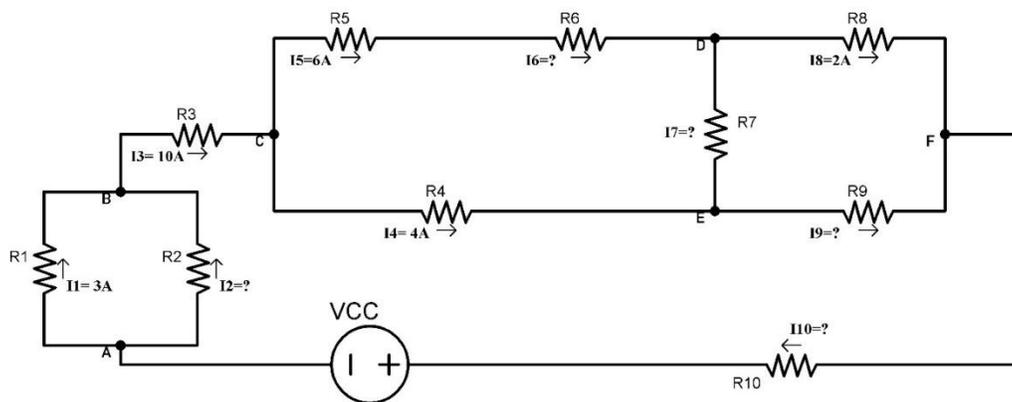
$V_8 =$

$I_8 =$

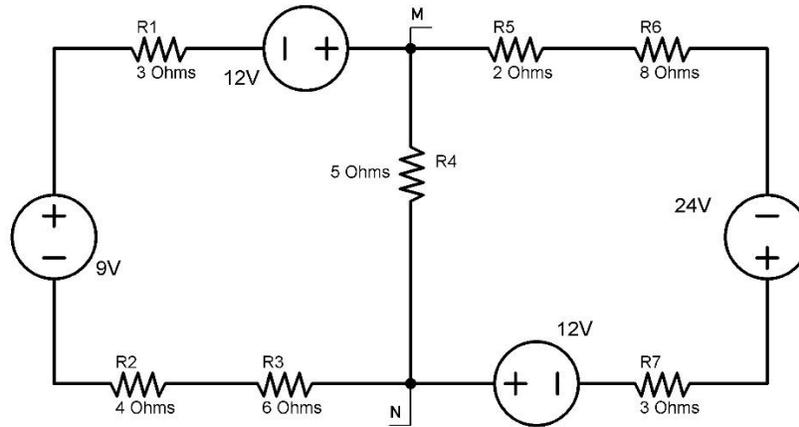
Problemario

Si deseas seguir practicando, puedes resolver los siguientes ejercicios.

Calcula las corrientes eléctricas desconocidas y la intensidad considerando el siguiente esquema de circuito eléctrico. Utiliza la primera ley de Kirchhoff.



Determina las corrientes eléctricas que transitan en el circuito del siguiente esquema, utiliza las leyes Kirchoff.



**Auto
evaluación**

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Soy capaz de distinguir cuándo un circuito está conectado en serie, en paralelo y en forma mixta.		
Comprendo qué sucede con la corriente y el voltaje en una conexión en serie y otra en paralelo.		
Soy capaz de realizar los cálculos matemáticos para obtener el valor de la resistencia equivalente de un circuito eléctrico con conexión mixta de resistencias.		
Tengo la habilidad de calcular e interpretar los valores de corriente eléctrica y voltaje en cada Resistencia de circuitos eléctricos en conexión mixta.		
Comprendo las leyes de Kirchoff.		
Resuelvo ejercicios de circuitos eléctricos aplicando las leyes de Kirchoff.		
Tengo la habilidad de calcular e interpretar las intensidades de corriente que circulan por circuitos eléctricos con varias mallas y varias fuentes de energía.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Se sugiere consultar los siguientes recursos para facilitar la práctica de asesoría académica:

- Khan Academy. Conocer más sobre el tema. Disponible en: <https://es.khanacademy.org/science/physics/circuits-topic/circuits-resistance/v/circuits-part-1>
- Profesor Sergio Llanos. Circuito Eléctrico Mixto Complejo. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=98jjlrMfcVw>
- IngE Darwin. Ley de Kirchhoff (mallas)/ ejercicio 1. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=1NC9kGDn7Bg>

Referencias

- IngE Darwin. (2019). *Ley de Kirchhoff (mallas) / ejercicio 1* [video]. YouTube. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=1NC9kGDn7Bg>
- IngE Darwin. (2019). *Ley de Kirchhoff (mallas) / ejercicio 2* [video]. YouTube. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=4TYP5UI8928>
- IngE Darwin. (2020). *Ley de Kirchhoff Voltaje (4 mallas) / ejercicio 3* [video]. YouTube. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=J5UnD38Xu-Q>
- Khan Academy, McAllister, W. (s.f). *Cantidades eléctricas fundamentales: corriente, voltaje, potencia* [en línea]. <https://es.khanacademy.org/science/physics/circuits-topic/circuits-resistance/a/ee-voltage-and-current>. (agosto 2021).
- Paul E. Tippens, P. (2011). *Física, Conceptos y Aplicaciones*. McGraw Hill. Séptima Edición.
- Pérez Montiel, H. (2012). *Física General Serie Bachiller*. Grupo Editorial Patria. Cuarta Edición.
- Profesor Sergio Llanos. (2015). *Leyes de Kirchhoff. Solución de un Circuito* [video]. YouTube. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=Ni37_i656RI&list=RDCMUCAqH9DWIpnFG7YXfyw6DdQw&start_radio=1&rv=Ni37_i656RI&t=13

Esquemas de circuitos realizados en:

- Proteus Design Suite 8.0. Labcenter Electronics 1989-2012. Release 8.0 SP0 (Build 15417). <https://www.labcenter.com/>

Imágenes tomadas de:

- <https://pixabay.com/es/photos/linterna-dirigi%c3%b3-luz-brillante-3770623/>
- <https://pixabay.com/es/photos/licuadora-mezclador-exprimidor-10933/>
- <https://pixabay.com/es/photos/invierno-ciudad-citylights-luces-4757711/>
- <https://pixabay.com/es/photos/cable-conexi%c3%b3n-ensalada-del-cable-4805387/>

Lección 10. Termodinámica



Explorando

Une con líneas de diferentes colores cada imagen con el nombre y el concepto que corresponde.



- Temperatura

- Energía que se manifiesta por un aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías.



- Trabajo

- Propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor.



- Calor

- Es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos.



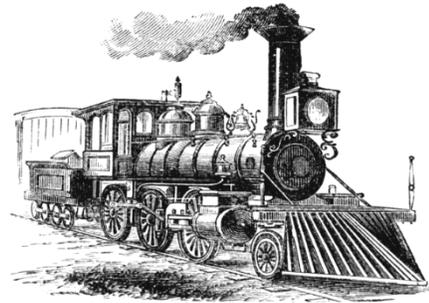
- Energía

- Es la fuerza que se aplica sobre un cuerpo para desplazarlo de un punto a otro.



Termodinámica

Le **termodinámica** estudia los fenómenos del calor y sus efectos en la materia, como el cambio de temperatura en los cuerpos y su dilatación, la transformación del calor en trabajo mecánico y viceversa, en la que intervienen las características de la energía y las propiedades de la materia.



Recordemos algunos conceptos básicos.

Calor

Es la energía que se manifiesta por el aumento de la temperatura.

Temperatura

Nos indica que tan caliente o frío está un cuerpo en relación con el medio ambiente.

Dilatación

Es el cambio de volumen que presenta la materia debido a los cambios de temperatura.

Trabajo

Es aplicar una fuerza para el desplazamiento de la masa de un cuerpo en la dirección de dicha fuerza.

Energía

Es la capacidad de los cuerpos para hacer funcionar las cosas y producir cambios en ellos mismos.

Características de la Energía

- Se conserva.
- Se transforma.
- Se transfiere.

Sistema Termodinámico

Para llegar a comprender la termodinámica, primero debemos describir el fenómeno físico y delimitar el sistema termodinámico, es decir, el área de estudio y los objetos que interactúen dentro de dicha frontera. Todo aquello que rodee o interactúe con el sistema recibe el nombre de medio exterior o entorno.

¿Cómo identificar un Sistema Termodinámico?

Anteriormente mencionamos que el sistema termodinámico está



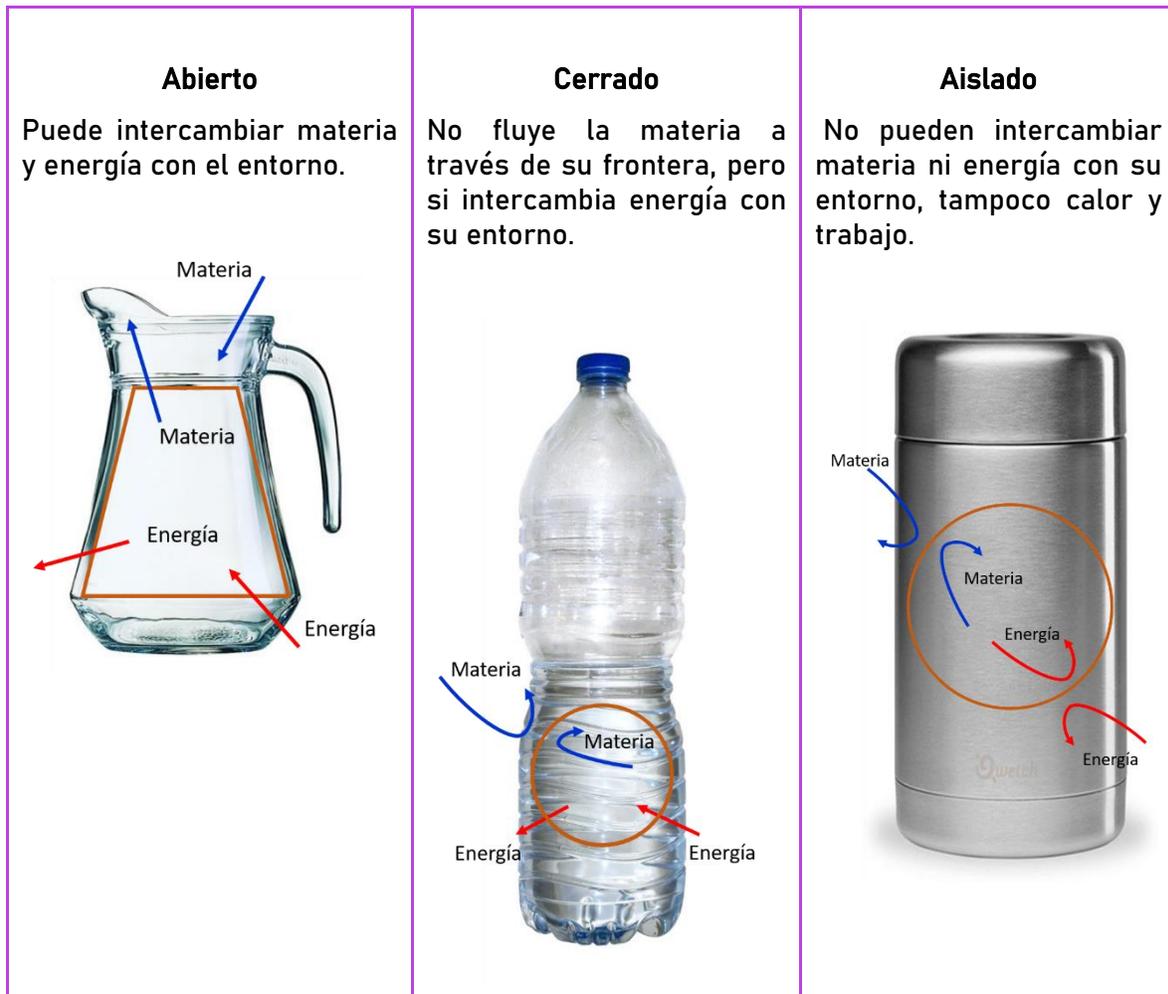
delimitado por una frontera o pared, es decir, la división que hay entre el sistema y el medio que lo rodea, cumpliendo con las siguientes características.

- Puede ser real o imaginaria.
- Puede estar en reposo o en movimiento.
- Puede cambiar su tamaño y forma.
- Determina si hay o no intercambio de materia o energía en el sistema y el entorno

De acuerdo con estas características, podemos nombrar cuatro tipos de fronteras o paredes.

- Permeable: permite el intercambio de materia entre el sistema y el entorno
- Móvil: permite el intercambio de energía mecánica.
- Diatérmica: permite el intercambio de energía térmica.
- Adiabática: No permite el intercambio de energía térmica.

Los sistemas térmicos se clasifican en:

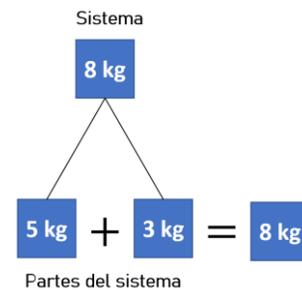


¿Cuáles son las variables de un Sistema Termodinámico?

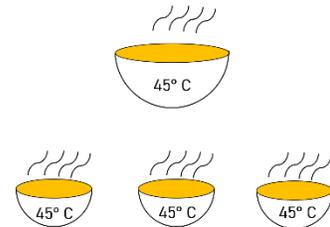
Una vez identificado un sistema termodinámico, es importante determinar su estado, es decir, las condiciones en que se encuentra a partir de las magnitudes que lo afecten. Estas magnitudes pueden variar independientemente de otras.

Cada estado se define como una fase, en la cual las variables tienen un valor, si el sistema termodinámico presenta otra fase, la variable tomará otro valor. Para el estudio del sistema termodinámico, las variables del estado se clasifican en:

- **Variables Extensivas:** Dependen del tamaño del sistema, es decir, de la cantidad de materia, como la masa, el volumen, el peso, la energía, etc. Para reconocer estas variables emplea la propiedad del todo, la cual nos dice, que la suma de las variables de las partes del sistema es igual a todo el sistema, ejemplo: Tenemos una masa de 8kg, si esta masa la dividimos en dos partes, una de 5kg y otra de 3kg, la suma de dichas masas será igual a 8kg.



- **Variables Intensivas:** No depende del tamaño del sistema, es decir de la cantidad de materia, como la temperatura, presión, densidad, viscosidad, etc. Por ejemplo, si tienes un plato de sopa caliente con una temperatura de 42°C y la divides en tres porciones pequeñas, independientemente de la porción en que la hayas dividido la temperatura seguirá siendo de 42°C.



Proceso termodinámico.

Es la transformación que hay entre dos estados de equilibrio termodinámico, en la cual, es necesario detallar el estado inicial y final, la trayectoria y las interacciones a través de la frontera.

Cuando una variable es constante durante el proceso, se utiliza el prefijo "iso", de las cuales se consideran tres variables fundamentales (volumen, presión y temperatura) contemplando también el estudio de los gases. De acuerdo con esto, un proceso puede ser:

- Isométrico: la temperatura permanece constante durante la transformación.
- Isocórico: el volumen permanece constante durante la transformación.
- Isobárico: la presión permanece constante durante la transformación.

Ley cero o Equilibrio termodinámico.

Es cuando dos o más sistemas tienen la misma temperatura. Gracias a este principio es posible la construcción de los termómetros.

$$T = T_a = T_b = T_c$$

Prime ley de la termodinámica.

<calor que entra o sale menos el trabajo.

$$\Delta E = Q - W$$

El valor calor (Q) será positivo cuando entra y negativo cuando sale. El trabajo (W) es positivo si el sistema realiza el trabajo y será negativo si el trabajo se efectúa a los alrededores del sistema.

Segunda ley de la termodinámica.

Existen dos enunciados que definen la segunda ley de la termodinámica:

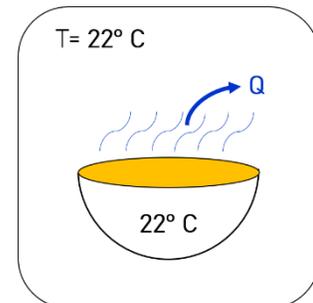
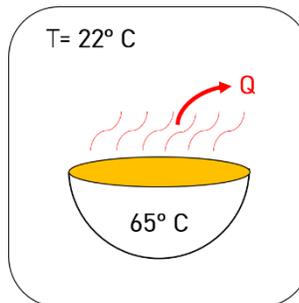
1. Del físico alemán **Rudolph J. E. Celsius**: *el calor no puede generarse por sí mismo, sin la intervención de un agente externo (trabajo), pasar de un cuerpo frío a un cuerpo caliente.*
2. Del físico inglés **William Thomson Kelvin**: *es imposible construir una máquina térmica que transforme en trabajo todo el calor que se le suministra.*

Fuente: Pérez M. H. (2015).

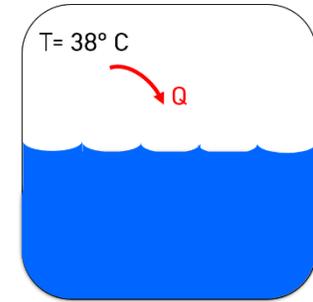
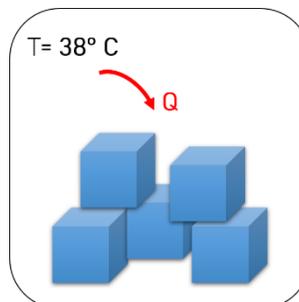
De acuerdo con los enunciados antes mencionados la segunda ley nos dice: que de manera natural el calor fluye del cuerpo más caliente al más frío, y no al revés. También nos indica la dirección en fluyen los procesos y las restricciones que presentan los sistemas.

Ejemplos

Imagina una sopa caliente con una temperatura de 65°C , en una habitación con temperatura de 22°C , de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica el calor de la sopa fluye naturalmente a la habitación y no al revés. Una vez que la sopa cedió su calor no lo pudo recuperar en un proceso inverso.

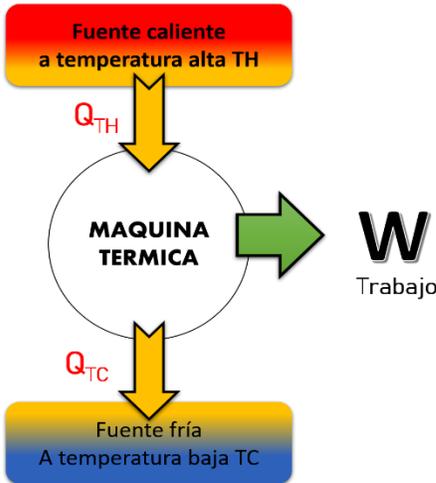


Ahora imagina que tienes unos cubos de hielo en una habitación con una temperatura de 38°C , sería ilógico decir que los cubos de hielo cederían calor a la habitación, lo más lógico sería que el calor de la habitación fluyera hacia los cubos de hielos derriéndolos. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica nos indica la dirección



en que fluyen los procesos.

En la actualidad, la segunda ley de la termodinámica también nos ayuda a saber los límites que tienen ciertas maquinas o equipos, determinando que tan eficientes son y como se podrían mejorar.



El estudio de como convertir la energía calorífica (calor) en energía mecánica (Trabajo), se explica con la segunda ley de la termodinámica, ya que todas las maquinas absorben calor relativamente más alto, para poder realizar un trabajo mecánico y rechazan algo del calor absorbido.

Como el trabajo producido por la maquina es igual a la diferencia entre el calor que se suministra (Q_H) y el calor que se aprovecha (Q_C).

$$W = Q_H - Q_C$$

Actualmente se estudian procesos donde se aproveche de mejor manera el calor absorbido por la máquina para que no pierda demasiado calor y una forma de saber esto es por medio de la eficiencia o rendimiento de la máquina, la cual se determina de la siguiente manera:

Eficiencia $\eta = \frac{W}{Q_H}$	Sustituyendo W $\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H}$	Tenemos $\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$
--------------------------------------	--	---

La eficiencia de la máquina térmica también se puede calcular en función de la relación que hay entre las temperaturas de la fuente caliente y la fuente fría.

$$\mu = 1 - \frac{T_H}{T_C} \quad \text{su unidad de medida es } ^\circ K$$

¿Cuál es la eficiencia de una máquina térmica a la cual se le suministrarán 10 000 calorías para obtener 30 000 Joules de calor de salida?

Variable	Formula	Operaciones
$\eta = ?$ $Q_C = 30\,000\text{ J}$ $Q_H = 10\,000\text{ cal}$	$\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$	Conversión $Q_H = 10\,000\text{ cal} \left(\frac{4.2\text{ J}}{1\text{ cal}} \right) = 42\,000\text{ J}$ Sustitución $\eta = 1 - \frac{30\,000\text{ J}}{42\,000\text{ J}} = 0.7142$ $\eta = 1 - 0.7142 = 0.2858 \times 100 = 28.58\%$ La máquina térmica tiene el 28.58% de eficiencia

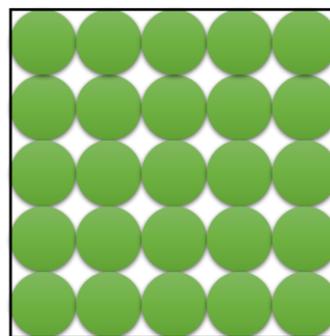
Tercera ley de la termodinámica.

Esta ley se enfoca un poco más en el movimiento molecular de cualquier cuerpo, recordemos que en el estado gaseoso las moléculas tienen libertad de movimiento, ya que la fuerza intermolecular es mínima. En el estado líquido las moléculas están algo juntas, pero aun así tienen movimiento molecular, por lo que el líquido toma la forma del recipiente donde se encuentra. En el estado sólido las moléculas están compactadas y al verlas parece que no hay movimiento, pero si lo hay, estas son mínimas oscilaciones que se realizan en el mismo lugar de la molécula, dicho lo anterior notamos que el desorden molecular es menor en el estado sólido que en el estado gaseoso.

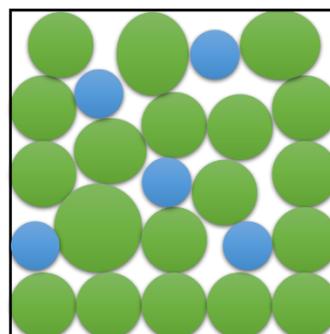
La entropía (S) nos ayuda a medir el desorden que hay entre las moléculas de un sistema, aunque esta dependa en gran parte de la masa del sistema y la temperatura que se le aplique. Recordemos que al aumentar la energía calorífica las moléculas se excitan generando movimientos que rompen las fuerzas intermoleculares haciendo que el movimiento molecular sea mayor y si la energía calorífica es menor las moléculas del sistema no se estimularán. Entonces, entre mayor energía calorífica se le aplique al sistema mayor será el desorden molecular, dicho esto la tercera ley de la termodinámica se define:

“La entropía de un cuerpo cristalino perfecto es cero a la temperatura del cero absoluto”. Pérez M. H. (2015).

En otras palabras, nos dice que cualquier sustancia que llegue al cero absoluto no tendrá movimiento molecular. Cuando hablamos del cero absoluto, nos referimos a la escala kelvin, es decir, $0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$ ó $0^{\circ}\text{K} = 459.67^{\circ}\text{F}$.



Cuerpo cristalino perfecto



Cuerpo cristalino No perfecto

En esta tercera ley de la termodinámica se nos menciona un cuerpo cristalino perfecto, esto quiere decir que no cuentan con defectos cristalinos, si este cuerpo llega al cero absoluto no habría desorden y como la entropía mide el nivel del desorden su entropía sería cero ($S = 0$) y todo estaría muy bien ordenado, sin embargo, no existe un cuerpo cristalino perfecto, ya que siempre se encontraran defectos, si estos cuerpos reales llegaran al cero absoluto, no tendrían movimiento molecular y por lo tanto su entropía sería muy baja pero no sería cero.



Practicando

Relaciona la columna derecha con respuesta que creas correcta de la columna izquierda.

- | | |
|-------------------------------------|--|
| [] Frontera Adiabática | a) Es la energía que se manifiesta por el aumento de la temperatura. |
| [] Calor | b) Nos indica que tan caliente o frío esta un cuerpo en relación con el medio ambiente. |
| [] Frontera Móvil | c) Es el cambio de volumen que presenta la materia debido a los cambios de temperatura. |
| [] Dilatación | d) Es aplicar una fuerza para el desplazamiento de la masa de un cuerpo en la dirección de dicha fuerza. |
| [] Tercera ley de la termodinámica | e) Es la capacidad de los cuerpos para hacer funcionar las cosas y producir cambios en ellos mismos |
| [] Sistema Aislado | f) Permite el intercambio de materia entre el sistema y el entorno |
| [] Trabajo | g) Permite el intercambio de energía mecánica. |
| [] Frontera Permeable | h) Permite el intercambio de energía térmica. |
| [] Segunda ley de la termodinámica | i) No permite el intercambio de energía térmica |
| [] Sistema Cerrado | j) Puede intercambiar materia y energía con el entorno. |
| [] Frontera Diatérmica | k) No fluye la materia a través de su frontera, pero si intercambia energía con su entorno. |
| [] Energía | l) No pueden intercambiar materia ni energía con su entorno, tampoco calor y trabajo. |
| [] Sistema Abierto | m) Manera natural el calor fluye del cuerpo más caliente al más frío, y no al revés. |
| [] Primera ley de la termodinámica | n) La energía interna de un sistema es igual al calor que entra o sale menos el trabajo |
| [] Temperatura | o) Nos dice que cualquier sustancia que llegue al cero absoluto no tendrá movimiento molecular |

Observa la imagen y selecciona la respuesta correcta.



1.- ¿Qué tipo de sistema es?

Abierto Cerrado Aislado

2.- La frontera es:

Real Imaginaria ambos

3.- La frontera está en:

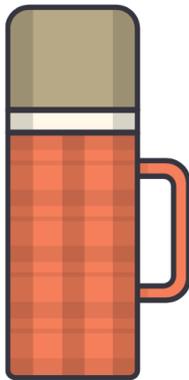
Reposo Movimiento ambos

4.- La frontera cambia su tamaño

Si No

5.- ¿Qué tipo de frontera es?

Permeable Móvil Diatérmica Adiabática



1.- ¿Qué tipo de sistema es?

Abierto Cerrado Aislado

2.- La frontera es:

Real Imaginaria ambos

3.- La frontera está en:

Reposo Movimiento ambos

4.- La frontera cambia su tamaño

Si No

5.- ¿Qué tipo de frontera es?

Permeable Móvil Diatérmica Adiabática



1.- ¿Qué tipo de sistema es?

Abierto Cerrado Aislado

2.- La frontera es:

Real Imaginaria ambos

3.- La frontera está en:

Reposo Movimiento ambos

4.- La frontera cambia su tamaño

Si No

5.- ¿Qué tipo de frontera es?

Permeable Móvil Diatérmica Adiabática

Resuelve los siguientes ejercicios

Calcula la eficiencia de una máquina térmica a la cual se le suministran 6×10^8 cal, realizando un trabajo de 8×10^7 J.

Variable	Fórmula	Operaciones

Calcula el trabajo que produce una máquina térmica cuya eficiencia es del 30%, al brindarle 5×10^3 cal.

Variable	Fórmula	Operaciones

Problemario

Si deseas seguir practicando, puedes resolver los siguientes ejercicios.

1. A una máquina térmica se le suministra vapor producido por la caldera de 200°C , después de ser utilizado para ejecutar el trabajo es expulsado a una temperatura de 100°C . Calcula la eficiencia máxima de la máquina expresada en porcentaje.

Si tienes oportunidad puedes desarrollar el siguiente experimento

1. Observar experimentalmente los efectos que produce el trabajo mecánico sobre un gas.

Material:

1 jeringa de 10 ml o 20 ml, encendedor, pinzas y un trapo.

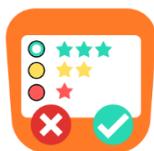
Para los pasos, toma en cuenta todas las medidas de seguridad.

- a) Retira el embolo y la aguja de la jeringa junto con el tapón que la cubre, no destapes la aguja.

- b) Prende el encendedor y coloca la flama en el extremo donde se encontraba la jeringa hasta que se derrita ligeramente, evita quemar más de la cuenta el plástico.
- c) Con las pinzas aprieta el extremo que se calentó con el encendedor. Por ningún motivo utilices tus dedos para ello.
- d) Coloca el embolo y comprime lo más que puedas el aire contenido en la jeringa, toca las paredes de la jeringa para percibir su temperatura inicial.
- e) Descomprime y comprime el embolo de forma continua, sin parar, por lo menos unas treinta veces, usa el trapo para no lastimar tus manos.
- f) Cuando termines, toca cuidadosamente las paredes de la jeringa y compara la temperatura final con la inicial.
- g) Nota. En todo momento el embolo debe estar dentro de la jeringa, si este se sale, es necesario volver a empezar el experimento desde el inciso c).

De acuerdo con tus observaciones responde.

1. Describe que partes constituyen el sistema termodinámico y cual los alrededores.
2. Describe como es la temperatura final del gas a comparación de la inicial.
3. ¿Qué tipo de energía se administró al gas al descomprimirlo y comprimirlo?
4. ¿Se puede aumentar la temperatura de otra forma, sin administrar el calor?
Justifica tu respuesta
5. ¿Cómo será la energía interna del gas antes y después del experimento?



**Auto
evaluación**

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Comprendo los conceptos básicos relacionados con un sistema termodinámico.		
Comprendo las leyes de la termodinámica.		
Identifico las partes que componen un sistema termodinámico.		
Puedo reconocer y limitar el área de estudio de un sistema termodinámico.		
Tengo la habilidad para calcular la eficiencia de un sistema térmico.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Se sugiere consultar los siguientes recursos para facilitar la práctica de asesoría académica:

- Simulador calor y termoeléctrica. Disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/filter?subjects=heat-and-thermodynamics&type=html&sort=alpha&view=grid>
- Gabriel Fernando García Sánchez. (2016). Curso de Termodinámica Disponible en: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLki05Q9d0KIJtJSu7f8f7dfSIPSPM4aVU>
- LaMejorAsesoríaEducativa. (2019). Termodinámica Disponible en: https://www.youtube.com/playlist?list=PLyC1b2B57_HHF1Hd1rru-_Rw2OoCM0ITg
- Instituto Balseiro - Académico. (2020). Clases IB en línea: Termodinámica Disponible en: https://www.youtube.com/playlist?list=PLv0-vSkgrxj93_opZaoDIUZ-PGNC85ZyJ

Referencias

- Fernández Pineda, Cristóbal y Velasco Maíllo, Santiago. (2009). *Introducción a la Termodinámica*. Editorial Síntesis.
- Jimmy Germán Hidalgo Estrella. (2019). *Termodinámica básica para ingenieros*. Editorial Ediciones de la U
- Pérez M. H. (2015). *Física 2 para bachilleratos tecnológicos*. Grupo editorial Patria, S.A. de C.V. Página 123.

Imágenes tomadas de:

- <https://www.canva.com/>

Lección 11. La Mecánica Cuántica de Planck



Basado en tus conocimientos previos, subraya la opción que mejor describa la situación o definición que se te presenta.

1. El profesor de Carlos, durante la clase de física hizo el siguiente planteamiento: “Imagina que tienes un superpoder: tu mano puede calentar gradualmente. a la temperatura que desees. cualquier objeto que toques. Debido a tu superpoder, quieren estudiarte y te mantienen encerrado en una celda completamente oscura con barrotes de hierro y únicamente tienes una jarra de acero con agua para que bebas, colocada en el suelo. Podrías escapar si pudieras iluminar la celda y leer el código que se encuentra en la pared para abrir la cerradura. ¿Cuál sería la mejor opción para escapar?”. Carlos rápidamente respondió, seguro de tener la respuesta correcta:

- a) Mojar la cerradura para ver si el circuito que la controla se avería y abre la cerradura.
- b) Romper la jarra y con las astillas tratar de cortar los barrotes de hierro para poder escapar.
- c) Tocar los barrotes el tiempo suficiente para que al aumentar su temperatura empiecen a brillar, pueda ver el código, lo ingrese en la cerradura y escape
- d) Simplemente toco la pared el tiempo suficiente para que se destruya y pueda escapar.

2. Al final de la jornada escolar, al mediodía aproximadamente, Carlos se colocó sus audífonos, sintonizó la radio local y caminó en dirección a su casa. Se preguntó cómo era posible que sus audífonos reciban la música desde la estación radiofónica. Tuvo varias ideas. ¿Cuál piensas que es la más acertada?

- a) La radio local manda la música a través de las antenas de telefonía local y ellas se encargan de mandar la música consumiendo los datos del usuario
- b) Los cables de energía eléctrica que están distribuidos por toda la ciudad son los encargados de mandar la transmisión de la estación de radio para que pueda ser captada por los habitantes de la ciudad. Como el celular funciona mediante electricidad, puede captar la música de esa manera
- c) La antena local codifica la música y la envía mediante ondas electromagnéticas que el celular detecta a través de su antena. Entonces el celular las decodifica para convertirlas en ondas sonoras y puedan ser escuchadas por Carlos.

3. A medio camino, Carlos empezó a sudar, ya que:

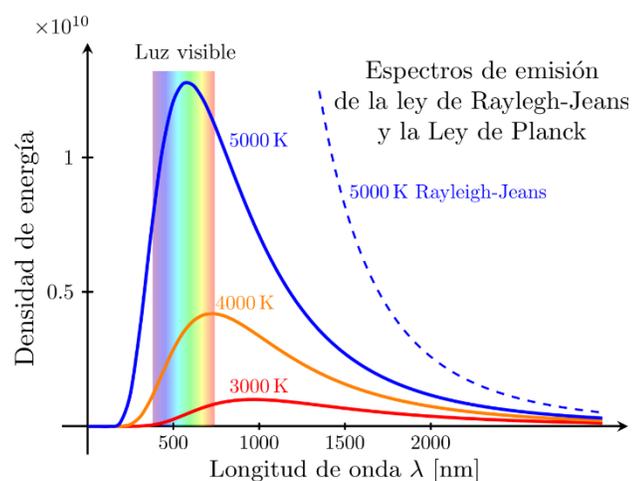
- a) Como no le gusta caminar, se empezó a sentir nervioso y eso provocó que empiece a sudar
- b) Recibía energía a través de los rayos del sol, lo que provocaba que aumente la temperatura interna de su cuerpo y su cuerpo responda mediante la sudoración para tratar de mantener su temperatura a un nivel aceptable
- c) El movimiento de sus piernas y su cuerpo en general producía fricción con el aire y eso provocaba que su cuerpo disminuya su temperatura y produzca sudor.



La radiación de cuerpo negro

Para entender el contexto del nacimiento de la mecánica cuántica, es necesario comprender lo que en física se conoce como **cuerpo negro**. Idealmente, se conoce de esta manera a un objeto que emite la misma cantidad de energía que recibe. Debe entrar en juego un equilibrio entre la cantidad de energía que le llega a un objeto y la cantidad que se desprende de él. Respecto a ¿cómo el objeto absorbe energía?, un mecanismo típico es proporcionarle calor para aumentar su temperatura. Si pensamos en los átomos del cuerpo como pequeños resortes, el aumento de temperatura debido a la absorción de energía en forma de calor, los ponen a vibrar a diferentes frecuencias. Esta vibración produce ondas electromagnéticas con frecuencias que dependen de la temperatura a la cual se encuentra el objeto. A esta colección de frecuencias de emisión de ondas electromagnéticas se le denomina **espectro de emisión**, siendo el mecanismo que la naturaleza pone en acción para liberar la energía incidente y lograr el equilibrio energético.

Basados en la idea anterior, los físicos británicos John Rayleigh y James Jeans obtuvieron en el año de 1900, una fórmula que predecía el espectro de emisión a diferentes temperaturas. Sorprendentemente, el espectro de emisión no depende de la forma del objeto, ni del material del cual está hecho, sino únicamente de la temperatura a la cual se encuentra. Cuando la frecuencia de la radiación emitida era relativamente baja (infrarrojo), la teoría se ajustaba con gran exactitud lo que se observaba experimentalmente. Sin embargo, cuando la frecuencia aumentaba, siendo cercana a la luz ultravioleta, la fórmula predecía que la energía aumentaba de manera muy rápida, pero no era lo que se

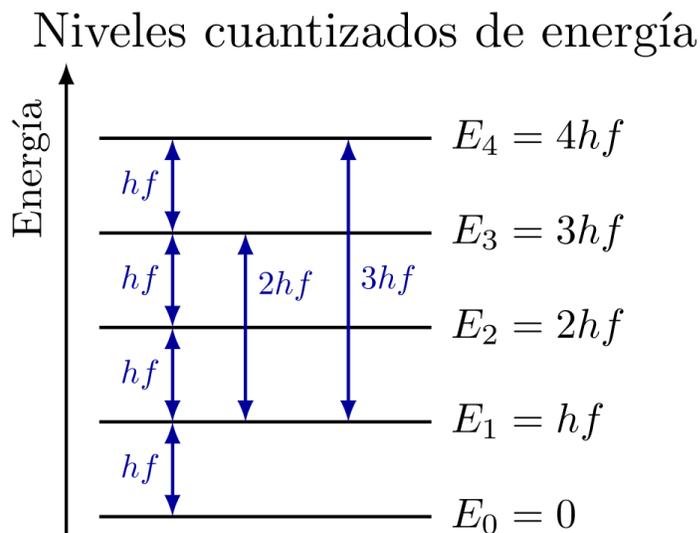


observaba experimentalmente. Era claro que la expresión que Rayleigh y Jeans encontraron contenía un error en el entendimiento de la situación que ocurría a nivel atómico en la realidad.

La idea del cambio: cuantizar la energía

Podemos imaginar a una onda electromagnética como una cuerda que, al sacudirla, realiza un movimiento de vaivén a través del espacio. La energía total que contiene se reparte de manera uniforme sobre cada pedazo de dicha cuerda. Los intentos de explicar el espectro de emisión del cuerpo negro se basaban en una imagen similar de las ondas electromagnéticas, lo que implicaba que transmiten y emiten energía de manera continua. La idea que cambió el rumbo y dio nueva luz al entendimiento del problema y posteriormente de la ciencia, la propuso el físico alemán Max Planck en el año de 1900. Su idea fue sumamente simple, pero muy intuitiva: El intercambio de energía no se da de manera continua, sino que se hace en múltiplos enteros de una cantidad mínima fundamental ahora conocida como “**constante de Planck**”.

Podemos entenderlo de otra manera, como la energía que se emite en paquetes, no de manera continua. Cada uno de estos paquetes, denominados **fonones**, contiene una energía de valor $E=hf$, donde f es su frecuencia y h es el valor de la constante de Planck, definiéndose de la siguiente manera $h=6.62 \times 10^{-34}$ Js,



Al introducir esta idea en el tratamiento y desarrollo matemático del problema, Planck obtuvo una expresión que de manera sorprendente reproducía las observaciones experimentales de los espectros de emisión a diferentes temperaturas.

Ejemplo 1. Los rayos X son un tipo de onda electromagnética que tiene una longitud de onda de aproximadamente 1×10^{-9} metros. En el caso de las ondas electromagnéticas, su velocidad siempre es la de la luz ($c=3 \times 10^8$ m/s) y su frecuencia puede ser calculada mediante la expresión $f=c/\lambda$, donde λ es la longitud de onda. ¿Cuál es la frecuencia de los rayos X? ¿Cuál es la energía que puede transmitir un fotón de esa frecuencia?

Solución: Aplicando la expresión dada y sustituyendo los valores, la frecuencia viene dada por $f=(3 \times 10^8 \text{ m/s})/ (1 \times 10^{-9} \text{ m})$. Realizando las operaciones con ayuda de la

calculadora, obtenemos que la frecuencia es $f=3 \times 10^{17}$ Hz. La energía la calculamos con la expresión $E=hf$

$$E = (h=6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}) (3 \times 10^{17} \text{ Hz}) = 1.986 \times 10^{-16} \text{ Joules.}$$

El nacimiento de la mecánica cuántica

La idea establecida por Planck para la explicación de la radiación de cuerpo negro tenía consecuencias en el entendimiento de otros fenómenos que implicaban intercambio energético con ondas electromagnéticas. El formalismo matemático que se desarrolló posteriormente con la introducción de la idea de paquetes de energía que se intercambian, llevó a fórmulas que se ajustaban de manera extraordinaria a diferentes fenómenos que hasta esa época no podía ser explicados de manera satisfactoria. Uno de los más importantes es el efecto **fotoeléctrico** que Einstein logró explicar siguiendo la idea introducida por Planck. El efecto fotoeléctrico, ha llevado a aplicaciones tecnológicas muy importantes hoy en día, como las celdas solares y dispositivos detectores de luz. Por último, es importante recalcar que la cuantización de la energía tuvo un impacto en otras áreas que no tenía relación con la radiación de cuerpo negro, entre ellas la concepción y el entendimiento de un concepto fundamental en la física: la distribución, absorción y emisión de energía a nivel atómico.



Practicando

Resuelve los siguientes problemas.

Aplicando la ecuación de Planck, calcula la energía de un fotón cuya frecuencia es de 3×10^8 Hz.

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

La luz roja tiene una longitud de onda de 700 nm. La luz roja corresponde al límite inferior de nuestra visión. ¿Cuál es su frecuencia correspondiente? ¿Cuál es la energía que transporta un fotón que emite luz roja?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

Utilizando los valores obtenidos en el ejemplo 1 y en el problema anterior. ¿Cuántas veces es mayor la energía de un fotón X comparado con un fotón de luz roja?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	



Autoevaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo'	¿Tengo dudas?
Puedo calcular la frecuencia de una onda electromagnética si conozco su longitud de onda.		
Soy capaz de realizar cálculos de energía utilizando la Ley de Planck.		
Comprendo el concepto de cuantización de la energía.		
Puedo explicar el concepto de fotón.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Science Up Science. (2019). ¿Cómo Nació la Mecánica Cuántica? - Ley de Planck. Enigmas cuánticos. Disponible en: <https://youtu.be/929Wot3GJrk>.
- Ciencias IQ UANL (2016). Energía cuantizada y fotones. Disponible en: <https://youtu.be/-lZ-4fCryll>
- Hablando de ciencia. (2020). Biografía de Max Planck, considerado el fundador de la teoría cuántica. Disponible en <https://youtu.be/yUAlgnjdUk4>

Referencias

- UNAM (2021). Díaz-Medina J. O. La radiación de cuerpo negro y el nacimiento de la mecánica cuántica. Recuperado de <http://www.cienciorama.unam.mx/#!titulo/691/?la-radiacion-de-cuerpo-negro-y-el-nacimiento-de-la-mecanica-cuantica>.
- Passon O. & Grebe-Ellis J. (2017). Planck's radiation law, the light quantum, and the prehistory of indistinguishability in the teaching of quantum mechanics. European Journal of Physics. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa6134>.

Imágenes creadas y adaptadas

- A partir de código Látex de <https://tikz.net>

Lección 12. Modelos atómicos



Explorando

Basado en tus conocimientos previos, completa el siguiente párrafo con las palabras del recuadro. Algunas palabras sobran y algunas se repiten.

protones – negativa – positiva – electrones – moléculas – compuestos – neutra – átomos – niveles de energía – núcleo – materia – físicos – químicos

En un principio se creía que la materia se encontraba compuesta por 4 elementos: aire, agua, tierra y fuego. Ahora, sabemos que la _____ se compone de partículas que denominamos _____. Los _____ tienen una estructura interna: constan de una región central denominada _____, en la cual se encuentran los _____, con carga eléctrica _____ y los _____, con carga eléctrica nula. En el exterior, se encuentran los _____ con carga eléctrica _____. Cuando diferentes _____ se unen entre sí mediante enlaces _____, se obtienen nuevos _____.



Comprendiendo

¿Qué es un modelo atómico?

Los modelos atómicos son las representaciones de la estructura de la materia que a lo largo del avance científico se van creando para explicar su comportamiento y propiedades. En un principio, los modelos atómicos se basaban más en la imaginación que en evidencias experimentales; ahora son cada vez más acordes a las evidencias experimentales que se obtienen y cálculos matemáticos que se desarrollan. A continuación, te presentamos un resumen de los principales modelos atómicos que han surgido a lo largo de la historia de la ciencia y que nos han ayudado a llegar a los modelos actuales.

Modelo atómico de Dalton

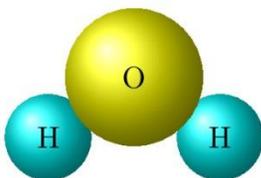
El modelo atómico propuesto en el año de 1808 por John Dalton se basó en las siguientes afirmaciones:

- Toda la materia se compone de partículas indivisibles llamadas átomos.
- Los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí.
- Los átomos de diferentes elementos son diferentes entre sí.
- La combinación de diferentes átomos produce nuevos compuestos con propiedades diferentes a las de los átomos originales.

Cuando una sustancia nueva se forma, la unión de los diferentes átomos que la conforma se repite siempre, formando bloques mínimos que denominamos moléculas. Por ejemplo, al combinar químicamente un átomo de oxígeno con dos átomos de hidrógeno, formamos una molécula de agua. Cabe destacar que, en la época de Dalton, no había manera de descubrir si los átomos eran realmente indivisibles.



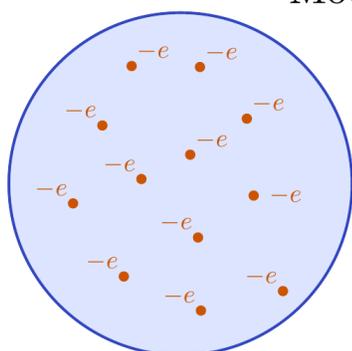
En el modelo atómico de Dalton, los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí pero diferentes a los de otros elementos. Al combinarse forman compuestos



Modelo Atómico de Thomson

En el año de 1900, J.J. Thomson descubrió mediante experimentos llevados a cabo con tubos de rayos catódicos que el átomo descrito por Dalton realmente sí tenía una estructura interna. Dedujo de sus observaciones que el átomo se integraba por partículas con carga negativa. Ya que los átomos son eléctricamente neutros, estas partículas con carga negativa (denominadas posteriormente como electrones) tenían que estar en movimiento rodeadas por una nube de materia con carga positiva.

Modelo de Thomson



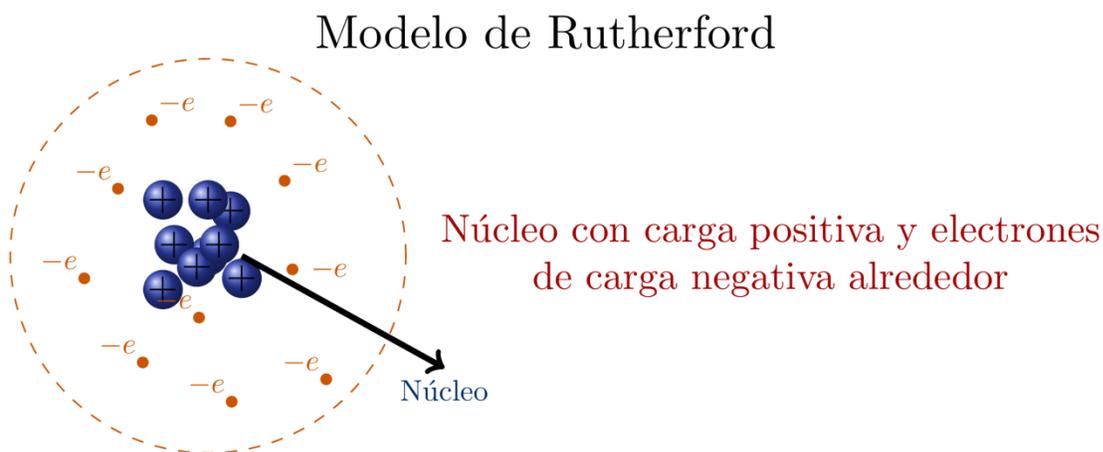
Cargas negativas rodeadas de una región de carga positiva

Modelo Atómico de Rutherford

Para confirmar la idea de Thomson, Ernest Rutherford diseñó un experimento, ahora conocido como el experimento de Geiger-Marsden, en el cual se dispararon partículas alfa (partículas muy energéticas y con carga eléctrica positiva) a una lámina extremadamente delgada de oro. Sorprendentemente, algunas de estas partículas fueron rebotadas por la lámina de oro, pero la mayoría la atravesaba.

La conclusión de dichas observaciones es que existía una región muy densa en los átomos con carga positiva que repelía a las partículas alfa. El modelo de Thomson no era compatible con los resultados obtenidos, por lo que Rutherford dedujo de sus observaciones que la carga positiva se concentraba en una pequeña región dentro del átomo, conocida ahora como núcleo y que las partículas de carga negativa se encontraban moviéndose alrededor de dicha región. Las partículas alfa que eran repelidas durante el experimento y chocaban con el núcleo.

Rutherford modificó de esta manera la idea de la estructura del átomo: un núcleo central con carga positiva que concentraba casi toda la masa, rodeada por electrones de carga negativa que se movían alrededor de dicho núcleo.



Modelo Atómico de Bohr

El modelo atómico de Rutherford no tomaba en cuenta la existencia de una partícula posteriormente descubierta: el neutrón. Además, no podía explicar un hecho importante: la teoría electromagnética de Maxwell, la cual predecía que, si una carga eléctrica se encuentra en movimiento, ésta debe producir radiación electromagnética.

Por lo tanto, si los electrones en un átomo se mueven alrededor del núcleo, la radiación que emiten les hace perder energía y en un momento dado, perderán toda y caerán al núcleo, debido a la atracción eléctrica entre las cargas positivas y negativas. Lo anterior, implicaba que los átomos deberían ser inestables y no podrían existir por periodos largos de tiempo, lo que no sucede en la realidad.

Niels Bohr, retomando las ideas de la cuantización de la energía que años anteriores había planteado Max Planck, propuso en el año de 1913 un nuevo modelo atómico basado en los siguientes postulados:

1. Los electrones se mueven alrededor del núcleo únicamente en ciertas órbitas permitidas, cada una de ellas con una energía definida.
2. La energía de un electrón se relaciona con la órbita en la que se encuentre, tomando un valor dado por:

$$E_n = \frac{-R_H}{n^2}$$

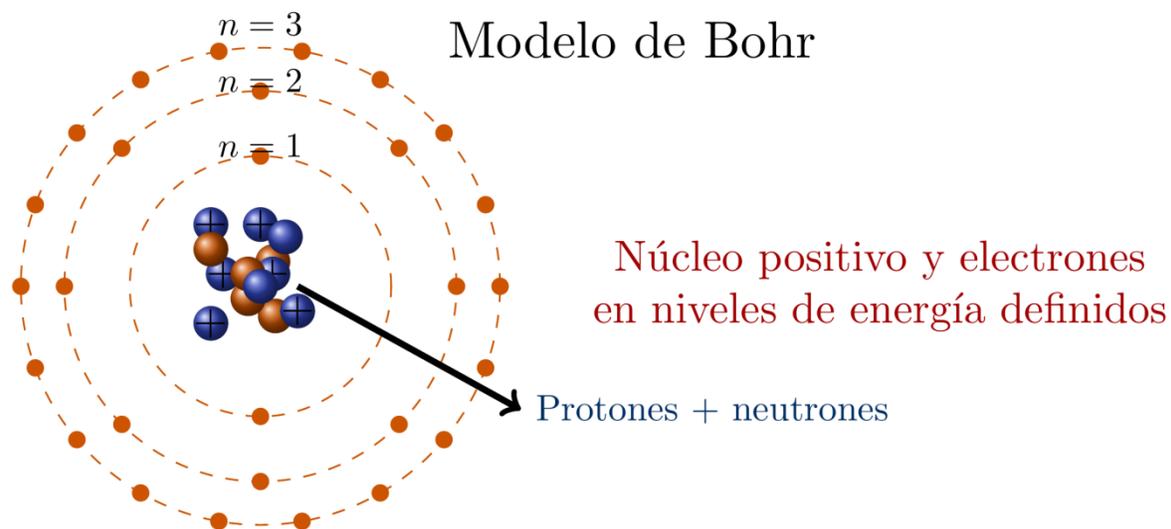
donde $R_H = 2.179 \times 10^{-18}$ Joules. La variable n toma únicamente valores enteros, es decir, $n=1,2,3\dots$

3. Si un electrón pasa de una órbita de mayor energía a una de menor energía, entonces se emite energía en forma de radiación. Por el contrario, si un átomo absorbe energía, un electrón puede pasar de una órbita de baja energía a una de mayor energía.

Posteriormente, el modelo atómico de Bohr se amplió, restringiendo el número de electrones que puede tener cada órbita. La expresión para encontrar el número máximo de electrones en cada órbita está dada por la expresión.

$$N = 2n^2$$

A medida que un átomo tiene mayor cantidad de electrones, va ocupando más órbitas, dando lugar a la configuración electrónica del elemento.



Ejemplo 1: Calcula la energía de un electrón de un átomo de hidrógeno que se encuentra en el segundo nivel de energía.

Solución: La energía para el segundo nivel viene dado por la expresión para E_n , con $n=2$.
Sustituyendo en la fórmula

$$E_2 = \frac{-R_H}{2^2}$$

Realizando las operaciones correspondientes

$$E_2 = - 2.179 \times 10^{-18} / 4 = - 2.179 \times 10^{-18} \text{ Joules.}$$

Ejemplo 2. ¿Cuántos electrones puede haber a lo máximo en el tercer nivel de energía de un átomo según el modelo de Bohr?

Solución: En el tercer nivel de energía, existirán un máximo de $2n^2$ electrones, con $n=3$.

Utilizando la fórmula $N=2n^2$

Sustituyendo el valor de n en la fórmula,

$$N=2(3)^2= 18 \text{ electrones.}$$

Modelos atómicos actuales

Como puedes notar, la idea que tenemos de átomo se ha modificado a lo largo de la historia de la ciencia, siendo cada vez más precisos. En la actualidad nuestra imagen mental del átomo se basa en la teoría cuántica. De manera general, en el modelo cuántico del átomo, los electrones no se mueven en órbitas definidas, sino que lo hacen de acuerdo con las leyes de probabilidad, descritas mediante expresiones matemáticas conocidas como “**funciones de onda**”. Es seguro que, en el futuro, los modelos atómicos seguirán evolucionando, lo que nos ayudará a entender de manera más precisa cómo funciona la naturaleza.



Practicando

Resuelve los siguientes problemas.

Calcula la energía que radia un electrón del átomo de hidrógeno al pasar del segundo nivel de energía al primer nivel de energía.

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

Completa la siguiente tabla, para calcular el número total de electrones permitidos en cada nivel de energía de un átomo.

Nivel de energía	Número máximo de electrones ($N=2n^2$)
1	$N = 2(1)^2 = 2$
2	
3	
4	

Un átomo neutro contiene en total 35 protones en su núcleo. ¿Cuántos electrones tiene?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

¿Cuántos niveles de energía tiene ocupados un átomo neutro que tiene en total 20 protones?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	



Autoevaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Logro identificar los diferentes modelos atómicos.		
Puedo realizar un diagrama sobre la estructura de un átomo, localizando los protones, electrones y neutrones.		
Soy capaz de calcular el número de protones y electrones en un átomo neutro.		
Puedo calcular el número de niveles de energía que tiene ocupado un elemento, si sé cuántos electrones tiene.		
Puedo explicar la diferencia entre un átomo y una molécula.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Es Ciencia (2020). Modelos atómicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y Chadwick). Disponible en: <https://youtu.be/8lX8FjjLKhc>
- Date un Voltio (2018). Todo lo que te han enseñado sobre los átomos es FALSO. Disponible en: <https://youtu.be/uswkXJipM9o>.
- KhanAcademyEspañol (2016). El átomo de Bohr | Química | Khan Academy en Español. Disponible en: <https://youtu.be/Flg-1VgeZ10>.

Referencias

- McGraw Hill (s.f). Física y Química. Recuperado de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448191544.pdf> (Consultado el 6 de octubre de 2021)
- Armas-Díaz, E. (sf). Modelos atómicos. Recuperado de <https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r126270.PDF> (Consultado el 7 de octubre de 2021)
- Chang, R. (2002). Química. Séptima edición. McGraw Hill. Recuperado de <https://sacaba.gob.bo/images/wsacaba/pdf/libros/quimica/Chang-QuimicaGeneral7thedicion.pdf> (Consultado el 7 de octubre de 2021)

Imágenes creadas y adaptadas

- A partir de código Látex de <https://tikz.net>

Lección 13. Teoría de la Relatividad



Explorando

Buscar las palabras escondidas en la sopa de letras y describe su relación con la Física.

A F E X V A Q W E R T Y U I O P Ñ L K J
X Z I A S T D C O N S T A N T E R F G H
C V C B N I M A G N E T I C O S A N M P
T D I O I E U Y T R E W Q A S D Y F G H
I A F J K R L Ñ Z N X C V B N M O M O N
E D R B V R C X I Z A S D F G H D S I J
M I E K L A Ñ E P O T E O R I A E E C I
P V P U Y T T R E W Q M N B V C L T A C
O I U X Z S E N O I C A U C E A U I P S
D T S F N G H V A R I A B L E J Z M S K
L A R I Ñ P O I U Y T R E W Q A S I E D
F L E G H J K L Ñ M P A R T I C U L A N
B E P V C X Z E L E C T R I C O S S A D
D R I F G M A T E R I A H J K L Ñ P O I
I U H Y T R E W Q S D G B C F S N K H Y
D R E L A T I V I D A D G E N E R A L G

- TIEMPO
- RELATIVIDAD GENERAL
- EINSTEIN
- ELÉCTRICOS
- ECUACIONES
- MAGNÉTICOS
- TEORÍA
- CONSTANTE
- LIMITES
- RELATIVIDAD
- HIPERSUPERFICIE
- MATERIA
- PARTÍCULA
- TIERRA
- RAYO DE LUZ
- ESPACIO
- VARIABLE



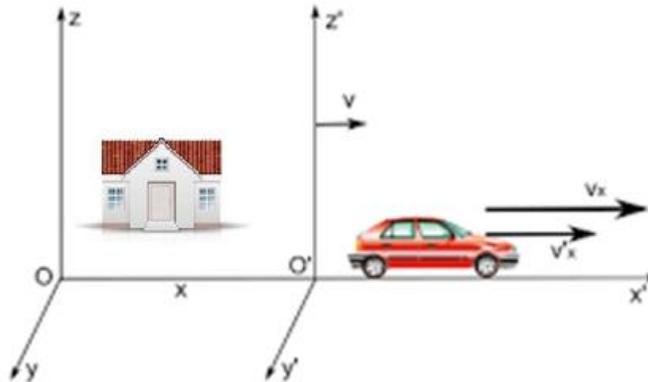
Teoría de la relatividad

En 1905, el físico alemán Albert Einstein dio a conocer su Teoría especial de la relatividad. Sus trabajos dieron fundamento a los procesos de la fisión nuclear, como el que ocurre en la detonación de las bombas atómicas y en los de la fusión nuclear, que sucede en el origen de la emisión de energía en el interior de las estrellas.

También se corroboró que los cuerpos cuando se mueven a velocidades cercanas a la velocidad de la luz experimentan transformaciones en el espacio y en el tiempo, lo que la mecánica de Newton no puede explicar.

A la luz de estos postulados, Einstein inició estudios de los sistemas inerciales para cuerpos en reposo y en movimiento. Lo anterior se conoce como las transformaciones de Galileo.

1. Las transformaciones de Galileo y el teorema de composición de las velocidades. Imagina que observas una casa mientras te desplazas en un carro con una **velocidad constante (v)**.



La casa en el sistema inercial tiene las coordenadas (x, y, z) mientras que el carro en movimiento posee las coordenadas (x', y', z') como se observa en la figura. Si el automóvil solamente se desplaza en la dirección del eje X, entonces para cualquier tiempo se tendrá: $y = y', z = z'$.

Pero no sucede lo mismo con el eje X, dado que el vehículo se aleja con una velocidad (v) respecto de la casa, entonces a un tiempo (t) el vehículo se habrá desplazado de la casa una distancia dada por $v t$. Por lo tanto;

$$x' = x - v t$$

Ahora bien, te preguntarás ¿Qué sucede con el tiempo? La mecánica clásica responde que los acontecimientos son simultáneos, es decir, en el mismo instante en que el observador percibe la casa mientras se desplaza, un observador desde el sistema

inercial S (la casa) vería alejarse al carro y al observador del sistema S'. de acuerdo con este razonamiento, el tiempo en ambos sistemas es igual, lo que implica $t = t'$.

A las expresiones:

$$X' = x - vt \quad y' = y \quad z' = z \quad t' = t$$

se les conoce como transformaciones directas de Galileo.

2. Las transformaciones de Lorentz y los resultados de la teoría de la relatividad especial

Sin embargo, el irlandés George Francis Fitzgerald en 1892, y tres años después el holandés Henrick Antoon Lorentz, al estudiar los cuerpos con carga eléctrica, propusieron que éstos experimentan una contracción que altera su longitud, cuando se mueven en otros sistemas inerciales.

A pesar de los esfuerzos de algunos investigadores que trabajaron a finales del siglo XIX, la contracción de Fitzgerald – Lorentz no pudo ser medida. La dificultad estribó en que la velocidad de la Tierra, de unos 30 km/s es aún muy pequeña en comparación con la velocidad de la luz (300 000 km/s). No obstante, en la actualidad muchos sistemas toman en consideración el factor de Lorentz.

Al tomar el factor de contracción de Fitzgerald – Lorentz, Einstein demostró que la longitud de los objetos en movimiento sufre una contracción dada por:

$$l = l_0 (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

Donde (l) es la longitud que mide un observador en reposo; (l_0), la longitud propia del observador en movimiento, (v) su velocidad; y (c) la velocidad de la luz.

Mientras que el tiempo se dilata para un observador en reposo. En este caso;

$$t = t_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

Aquí, (t_0) es el tiempo propio del observador en movimiento, (v) su velocidad; (t) el tiempo medido por el observador en reposo; y (c) la velocidad de la luz.

El último de los artículos publicado por Albert Einstein en 1905 sirvió de complemento a la teoría de la relatividad especial. En este trabajo expuso su famoso principio de equivalencia entre la masa y la energía; **“la masa de un cuerpo constituye una medida de la energía que contiene”**.

Desde finales del siglo XIX, Lorentz había sospechado que la masa de los electrones no se mantiene constante con el movimiento. Además, los experimentos de Kaufmann y las investigaciones teóricas de Abraham mostraban que la masa de los electrones era de origen electrodinámico, mientras que su masa mecánica era prácticamente nula. En 1904, el matemático francés Henri Poincaré, ya sabía de la variación de la masa de los electrones en movimiento y extendió esta variación a las masas mecánicas también.

Que la masa de un cuerpo en movimiento sea diferente a la masa de un cuerpo en reposo, no estaba contemplado por la Física clásica. Para ésta, la masa es una cantidad que permanece constante con independencia del sistema inercial elegido. Sin embargo, las evidencias apuntaban a considerar que la masa crece cuando se mueve.

De este modo, si la masa también se ve afectada al moverse y se incrementa en la proporción dada por el factor de Lorentz, entonces si (m_0) es la masa del cuerpo en reposo y (v) su velocidad; la masa resultante es:

$$m = m_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$$

Al partir de esta ecuación, Einstein derivó su famoso principio de equivalencia masa - energía.

$$E = mc^2$$

Es decir, la energía (E) de un cuerpo es igual al producto de su masa (m) por el cuadrado de la velocidad de la luz (c^2).

Aciertos y problemas pendientes de la teoría de la relatividad

Desde su primera formulación en 1905 y hasta la versión general de 1919, la Teoría de la relatividad, ha pasado diferentes pruebas, logrando fortalecer la figura de Albert Einstein. A continuación, se mencionan algunas de las pruebas más importantes:

- El efecto Einstein.
- La precesión orbital en la órbita del planeta Mercurio.
- El efecto Doppler relativista.
- Los agujeros negros.
- El retarda miento de las señales electromagnéticas causado por un campo gravitacional.
- La desviación de la luz de su trayectoria rectilínea en las proximidades de un cuerpo celeste.
- El crecimiento de la masa con la velocidad.
- La dilatación del tiempo.
- La transformación de la masa en energía.
- Las ondas gravitacionales.

Pero la teoría de la relatividad también tiene asuntos pendientes:

- **La posible variación de la constante de gravitación universal.**
- **La posibilidad de que existan partículas con velocidades mayores a la de la luz.** Algunas investigaciones suponen que hay objetos o partículas que se desplazan a velocidades superlumínicas, de ser cierto esto la Teoría de la relatividad y la Física sufrirían una revolución.

Ejemplo 1. Encuentra la energía contenida en una tonelada de materia cuando se desintegra. Si la capacidad de generación de energía eléctrica en el año 2014, en México, fue de $49\,861 \times 10^6 \text{ w}^2$ ¿Cuánto tiempo tardaría en emplearse esa energía?

Solución.

Empleamos la ecuación $E = mc^2$ con $m = 1 \text{ kg}$ y $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$:

Se sustituyen los valores

$$E = (1000 \text{ kg}) (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 9 \times 10^{19} \text{ J}$$

Recordando que la energía se puede escribir como la potencia por el tiempo, entonces:

$$t = E/P = (9 \times 10^{19} \text{ J}) / (49861 \times 10^6) = 1\,805\,017\,950 \text{ s} = 20\,891.41 \text{ días}$$

$$t = 57.24 \text{ años}$$

Es decir, si se pudiera convertir una tonelada de materia en energía, el país entero cubriría sus necesidades energéticas, al ritmo actual, por más de 50 años.

Ejemplo 2. Una hipotética nave espacial viaja a una velocidad de 298 000 km/s. Si el observador en movimiento registra un tiempo de dos años de viaje, ¿Cuánto tiempo ha transcurrido para el observador en movimiento?

Solución. Utilizamos la ecuación $t = t_o / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$

Se sustituyen los valores

$$t = (\text{dos años}) / (1 - (298\,000 \text{ km/s})^2 / (300\,000)^2)^{1/2} = 17.34 \text{ años}$$

Para el observador en reposo habrían transcurrido más de 17 años.

Ejemplo3. Un electrón es acelerado en un ciclotrón hasta una velocidad de 299 000 km/s, ¿Cuál es ahora la masa del electrón en movimiento?

Solución.

Sustituimos la masa del electrón en reposo $m_o = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$ y la velocidad $v = 299\,000 \text{ km/s}$ en la ecuación $m = m_o / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$

$$m = (9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}) / (1 - (299\,000 \text{ km/s})^2 / (300\,000)^2)^{1/2}$$
$$m_o = 1.116 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

En este caso, la masa del electrón en movimiento es poco más de 12 veces el valor de su masa en reposo.

Ejercicio 4. ¿Cuál es el cambio en la longitud que experimentaría un objeto estelar de $6 \times 10^6 \text{ m}$ que adquiriera una velocidad de 285 000 km/s en la vecindad de un agujero negro?

Solución.

Sustituimos en la ecuación $l = l_o (1 - v^2/c^2)^{1/2}$. $l_o = 6 \times 10^6 \text{ m}$ y $v = 285\,000 \text{ km/s}$

$$l = (6 \times 10^6 \text{ m}) / (1 - (285\,000 \text{ KM/S})^2 / (300\,000)^2)^{1/2}$$
$$l = 1.87 \times 10^6 \text{ m}$$

Esto es, para el observador en reposo, el objeto se redujo a poco menos de su tercera parte.

Aplicaciones de la teoría de la relatividad

Muchos avances científicos y tecnológicos en la actualidad son inconcebibles sin el legado de Einstein y su Teoría de la relatividad, a continuación, se mencionan algunas aplicaciones en las que aparece directa o indirectamente esta teoría.

La exactitud del GPS (Sistema de Geoposicionamiento Global)



Los reactores nucleares



Las bombas de hidrógeno



Viajes espaciales



La precisión de los planetas



Las bombas atómicas





Practicando

Indica en el cuadro, el número correspondiente a cada punto.

- | | | |
|--|--|--------------------------|
| 1. Aciertos de la teoría de la relatividad | La constante cosmológica
Es posible viajar en el tiempo
La gravedad no es una fuerza.
La gravedad es la curvatura del espacio-tiempo. | <input type="checkbox"/> |
| 2. Desaciertos de la teoría de la relatividad | Navegador GPS
Dispositivos láser
Células fotoeléctricas | <input type="checkbox"/> |
| 3. Aplicaciones de la teoría de la relatividad | Electricidad producida por el desprendimiento de electrones de una sustancia sometida a un bombardeo de fotones. | <input type="checkbox"/> |
| 4. Efecto fotoeléctrico | El tiempo es variable
La velocidad de la luz es absoluta
Todos los marcos de referencia son igualmente, válidos. | <input type="checkbox"/> |

Resuelve correctamente los problemas.

En una reacción de fisión nuclear se desintegra 106×10^{-6} kg de uranio. Encuentra la energía que se libera en este proceso.

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

Un muón tiene un tiempo de vida en reposo de 1×10^{-6} s. ¿Cuál es el tiempo de vida de esta partícula cuando viaja a una velocidad de 293 000 km/s?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

¿Qué velocidad debe adquirir un electrón para que su masa en movimiento sea 10 veces mayor que su masa en reposo?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	

¿Cuál es la masa de una partícula que al desintegrarse libera una energía de 1×10^{-18} J?

Datos:	Fórmulas:
Situación y Operaciones:	
Resultados:	



Auto evaluación

Indicadores	¿Puedo lograrlo?	¿Tengo dudas?
Reconozco cuales son los aciertos de la teoría de la relatividad.		
Identifico las fórmulas a utilizar para la solución de los problemas de la teoría de la relatividad .		
Soy capaz de enunciar algunas aplicaciones de la teoría de la relatividad.		
En el caso de que hayas respondido "Tengo dudas" en alguno de los indicadores, refiere el tema en que necesitas más asesoría.		



Investigando

Te sugerimos consultar los siguientes recursos para facilitar tu práctica de asesoría académica:

- Historia de la teoría de la relatividad. Disponible en: <http://goo.gl/96g3qZ>
- Time Travel, History Chanel. Disponible en: <http://goo.gl/Xl00tD>
- Diferentes artículos de interés sobre la teoría de la relatividad. Disponible en: <http://goo.gl/CB6cmu>

Referencias

- Héctor Pérez Montiel. (2015). 5ª. Edición. Física General. Grupo Editorial Patria.
- Yuri Posadas Velázquez. (2014). Temas de Física. Progreso Editorial.

Imágenes tomadas de:

- <https://www.canva.com/>
- <https://es.wikipedia.org/>