

LILI SAMURKOVA

FÍSICA Y ASTRONOMÍA

10^o grado



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА

„Разработване на учебни помагала за обучение по общообразователни учебни предмети на чужд език, оценяване и одобряване на проекти на учебни помагала за подпомагане на обучението, организирано в чужбина, на проекти на учебници и на проекти на учебни комплекти“

МОДУЛ

„Разработване на учебни помагала за обучение по общообразователни учебни предмети на чужд език“

10. Физика и астрономия клас на испански език

Учебно помагало

Разработено от авторски екип
към 164. гимназия с преподаване на испански език
„Мигел де Сервантес“ – София

АЗ·БУКИ

Физика и астрономия за 10. клас на испански език

Учебно помагало, разработено от авторски екип

към 164. гимназия с преподаване на испански език „Мигел де Сервантес“ – София, 2021 г.

Автор на текста: Лили Йорданова Самуркова-Иванова, 2021 г.

Редактор: Ина Максимова Генчева, 2021 г.

Графичен дизайн: Петър Любомиров Хераков, 2021 г.

Илюстрации: Мелиса Висенте Аренияс Аро, 2012 г.

Национално издателство за образование и наука „Аз-буки“

1113 София, бул. „Цариградско шосе“ 125, бл. 5,

тел. 02/4250470; E-mail: azbuki@mon.bg; web: www.azbuki.bg; www.azbuki.eu

Графично оформление: Васил Бочев

Първо издание, 2021 г.

Формат: 210x280 мм; 88 страници

e-ISBN 978-619-7667-03-5

Índice

Introducción	5
Parte I FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS	
1. Ley de Coulomb	6
2. Intensidad del campo eléctrico	8
3. Potencial del campo electrostático.....	10
4. Conductor en un campo electrostático	12
5. Aislante en un campo electrostático. Condensadores.....	14
6. Actividades: cargas eléctricas en un campo electrostático.....	16
7. Campo magnético	18
8. Campo magnético generado por una corriente eléctrica. El motor eléctrico	20
9. Propiedades magnéticas de las sustancias	23
10. Movimiento de partículas cargadas en los campos eléctrico y magnético	25
11. Inducción electromagnética	28
12. Corriente alterna.....	30
13. Transformadores. Transportación de la energía eléctrica.....	32
14. Ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético	34
15. A reparar: cuestiones y problemas de electromagnetismo	36
Parte II LUZ	
16. Propagación de la luz.....	38
17. Reflexión y refracción	40
18. Dispersión.....	42
19. Interferencia y difracción.....	44
20. Radiación térmica de los cuerpos.....	47
21. Efecto fotoeléctrico. Fotones.....	49
22. A reparar: cuestiones y problemas de la óptica.....	52
Parte III DEL ÁTOMO AL COSMOS	
23. Propiedades ondulatorias de las partículas.....	54
24. Estructura del átomo	55
25. Láseres.....	56
26. Rayos X	58
27. Núcleo atómico	60
28. Radiactividad.....	62
29. Desintegración alfa, beta y gamma	64
30. Fisión nuclear.....	66
31. Fusión nuclear	68
32. Partículas elementales. Interacciones fundamentales.....	70
33. Estrellas. Evolución de las estrellas	73
34. El Universo	76
35. A reparar: cuestiones y problemas del átomo al cosmos.....	78
Glosario	80
Apéndice.....	85
Bibliografía.....	87

Уважаеми ученици,

В десети клас продължавате да изучавате физика и астрономия на испански език и вече имате натрупан опит и самочувствие, че можете успешно да се справите. Сега ви предстои да задълбочите и разширите знанията си в областта на електромагнитните явления, светлината и взаимодействието ѝ с веществата, да се запознаете със закономерностите на ядрените реакции, радиоактивността, еволюцията на звездите и развитието на Вселената. Продължавате да усъвършенствате знанията си по испански език и уменията да изразявате мисълта си, да обяснявате и да се аргументирате, като използвате точните физични понятия на испански.

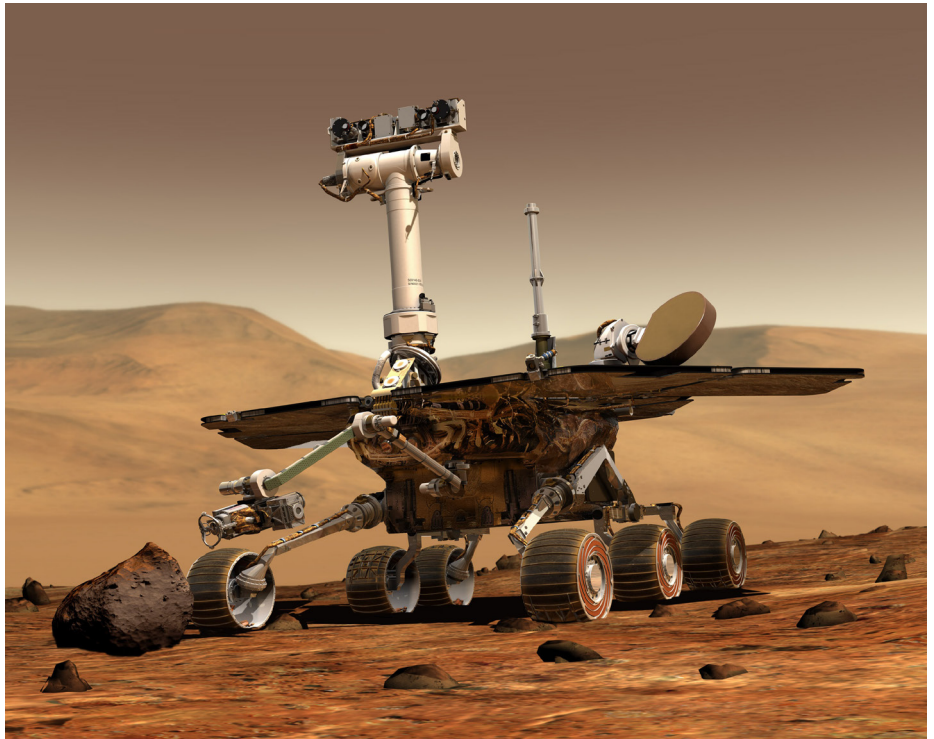
Учебното помагало включва кратко представяне на учебно съдържание, *Terminología* – основни понятия, преведени на български език, и *Actividades* – разнообразни задачи за прилагане на новите знания. Преобладават дейностите, които изискват да приложите мисъл, творчество и въображение. Използвани са ресурсите на интернет. С рубриците *Para saber más* и *Tema para comentar* искаме да предизвикаме интереса ви и да стимулираме активността ви да потърсите самостоятелно информация, да ви провокираме да изкажете мнението си, като приложите знанията си по физика и астрономия. В края на помагалото е включен кратък терминологичен речник – *Glosario*, който ще ви улесни при изпълнението на тези задачи на испански език.

Пожелаваме ви успешна работа!

Авторският екип

Introducción

La ciencia Física estudia objetos de diferente tamaño: desde los electrones y las partículas subatómicas, hasta las estrellas, las galaxias y el Universo. Las leyes fundamentales que actúan entre estos objetos son: la ley de la gravitación universal y las leyes de conservación de la masa y la energía y de conservación de la carga eléctrica. La complejidad de los fenómenos indica que, para la explicación correcta de los procesos de escalas tan diferentes, es necesario aplicar métodos específicos. Así, tenemos la división actual de *física clásica* y *física cuántica*.



Del 9º grado ya conocemos algunas de las partes y las leyes de la física clásica: la mecánica y las leyes de Newton, los fenómenos térmicos y el primer principio de la termodinámica, los casos más simples de la circulación de corriente eléctrica y la ley de Ohm, las oscilaciones y las ondas mecánicas. En el 10º grado, en la parte “**Fenómenos electromagnéticos**” seguimos con los conceptos de campo eléctrico y campo magnético, las ondas electromagnéticas, entre otros. En la parte “**Luz**” vamos a observar los fenómenos ondulatorios de la luz y su naturaleza dual: de una onda o de un haz de partículas. Lo último, lo explica la física cuántica.

La física cuántica explica los fenómenos del mundo subatómico: la emisión y la absorción de energía por los átomos, la distribución de los electrones alrededor del núcleo, la superconductividad, los láseres, las nanotecnologías, entre otros. Se utilizan principios y constantes, como la constante de Planck, que no se aplican en la física clásica. En las lecciones del 10º grado vamos a conocer algunos.

“**Del átomo al cosmos**” resume el conocimiento actual sobre partículas elementales como neutrinos, electrones, positrones y otras, que viajan a través del espacio y el tiempo. Observaremos en breve las propiedades ondulatorias de las partículas, la radiactividad y las reacciones nucleares, la evolución de las estrellas y el Universo desde el Big Bang hasta hoy día.

PARTE I

FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

1. Ley de Coulomb

Históricamente el estudio de las cargas eléctricas y las interacciones entre ellas empieza con la observación de las cargas inmóviles, las **fuerzas eléctricas de atracción y repulsión** y el **fenómeno eléctrico más simple: la electrización**. La interacción entre los cuerpos cargados inmóviles recibe el nombre de **interacción electrostática**. Se observa que la forma de los cuerpos influye sobre la distribución de las cargas. Para que sea más fácil el estudio de estos fenómenos, se introduce y utiliza el **modelo físico de carga puntual**.

La **carga puntual** es objeto idealizado, no existe realmente, y se aplica para designar que la interacción del cuerpo cargado con otras cargas no depende de su forma y de sus dimensiones.

En 1784 el físico francés Charles-Augustin de Coulomb (1736 – 1806) estudia la interacción entre cargas inmóviles y logra determinar el valor de la fuerza de interacción.

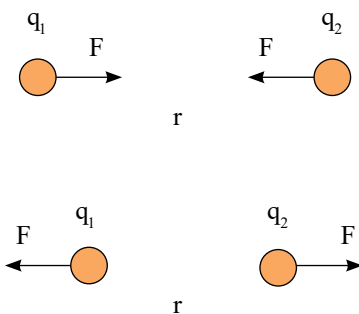
Observemos dos cargas puntuales q_1 y q_2 que se encuentran a una distancia r . Dependiendo de sus signos, las cargas se atraen o se repelen con una fuerza F (Fig. 1). Según lo observado por Coulomb, el valor de la fuerza depende del valor de las cargas y la distancia entre ellas. Además, se establece que la forma, las dimensiones de los cuerpos cargados y el medio donde se encuentran influyen sobre esta fuerza.

A base solo de los experimentos que realiza, Coulomb formula una ley, que es **una de las leyes fundamentales de la naturaleza**. La ley de Coulomb dice:

El valor de la fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas puntuales inmóviles es directamente proporcional al valor de dichas cargas e inversamente proporcional a la distancia entre ellas al cuadrado.

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

Fig. 1. Interacción entre cargas



En esta fórmula F es el módulo de la fuerza de interacción, q_1 y q_2 son los valores de las cargas eléctricas, r es la distancia entre ellas y k es una constante de proporcionalidad. En el Sistema Internacional de unidades (SI) su valor es igual a $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$.

La interacción entre las cargas depende del medio donde se encuentran. Tal como está escrito arriba, la ley de Coulomb se aplica cuando las cargas eléctricas están en vacío o en aire. Si las cargas están en otro medio, se toman en cuenta sus características mediante un coeficiente más.

TERMINOLOGÍA

carga puntual: точков заряд

electrización: наелектризиране

interacción electrostática: електростатично взаимодействие

vacío: вакуум

ACTIVIDADES

1. Dos cargas puntuales negativas, de 10^{-6} C y 10^{-9} C, se encuentran a 3 cm de distancia en el vacío. Calcula el valor de la fuerza con que interaccionan y dibuja su disposición.

2. Dos cargas puntuales positivas, de 3 nC cada una, se colocan en el vacío, primero a una distancia de 9 cm y después a una distancia de 9 mm. Calcula las fuerzas de interacción que actúan en cada uno de los casos. ¿Cuántas veces cambia la fuerza de interacción entre las cargas?

3. Calcula el valor de la carga eléctrica, colocada en aire, que interacciona con otra carga de valor $20 \mu\text{C}$ a una distancia de 40 cm. La fuerza de interacción entre las cargas es 10 N.

4. Explica por qué el medio donde se encuentran las cargas influye sobre su interacción electrostática.

5. Calcula cuántos electrones forman una carga de 1 C. La carga de un electrón es igual a $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

6. Determina cómo va a cambiar la fuerza de interacción entre dos cargas puntuales de igual valor, colocadas en vacío, si la distancia entre las cargas aumenta 3 veces y, al mismo tiempo, el valor de una de las cargas disminuye 3 veces.

Para saber más

Coulomb hace sus experimentos utilizando un dispositivo que se llama “balanza de torsión”. Busca información en qué consiste y cómo la utiliza Coulomb.

2. Intensidad del campo eléctrico

El concepto de campo es muy importante en la Física. Actualmente se acepta que las cargas eléctricas modifican las propiedades del ambiente y originan campos donde se **realiza la atracción o la repulsión eléctrica y magnética**. Algunas de las **características del campo eléctrico** son:

- **Existe siempre** alrededor de las cargas. Si las **cargas** son **inmóviles** decimos que originan un **campo electrostático**.
- Es el **medio donde se realiza la interacción** entre las cargas.
- Se propaga en **todo el espacio** sin limitaciones.
- Disminuye alejándose de la carga.
- **Tiene forma** que depende de la distribución de las fuentes del campo en el espacio.
- **Tiene sentido**: va de las cargas positivas hacia las cargas negativas.
- **Posee energía**.
- Se representa gráficamente mediante **líneas de fuerza** (Fig. 1)¹ y (Fig 2)². Son líneas imaginarias que coinciden con la trayectoria que va a seguir una carga positiva abandonada libremente en el campo. Las líneas de fuerza del campo electrostático son abiertas y no se cruzan. La forma de las líneas indica la forma del campo.
- Es **una de las formas de la materia**.

¿Cómo podemos entender que en un punto del espacio hay campo eléctrico? Tenemos que colocar en ese punto un cuerpo cargado, por ejemplo una bolita electrizada colgada de un hilo, y medir la fuerza que hace desviar este péndulo. Si, a continuación, colocamos la misma carga en diferentes puntos de este campo, ella experimentará diferentes fuerzas. Decimos que el campo es más intenso donde es mayor la fuerza que actúa sobre la carga introducida.

La **intensidad del campo eléctrico y del campo electrostático** en un punto es igual al cociente entre la fuerza F que actúa sobre unidad de carga positiva, introducida en ese punto y el valor de la misma carga q_0 .

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

La unidad de medida de intensidad del campo eléctrico en el SI es

$$\frac{N}{C} \text{ o } \frac{V}{m}$$

Fig. 1. Líneas de fuerza de campos originados por dos cargas

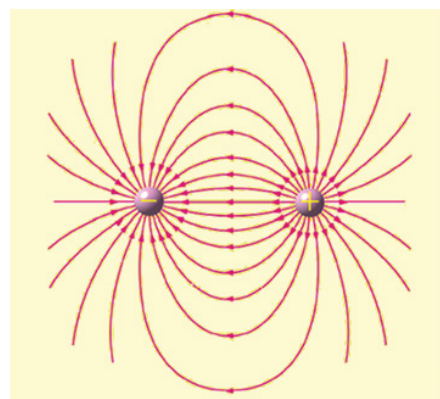
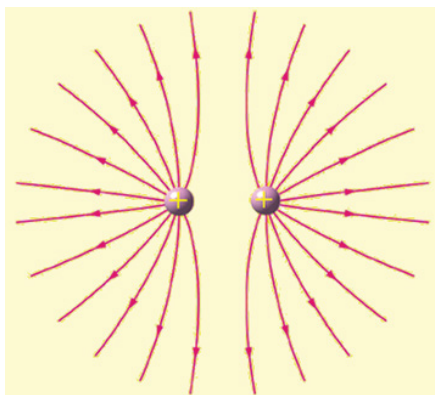
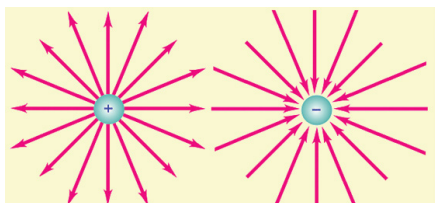


Fig. 2. Líneas de fuerza de campos originados por una carga puntual positiva y una carga puntual negativa



¹ https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Lineas_de_fuerza.png

² <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Cargas3.PNG>

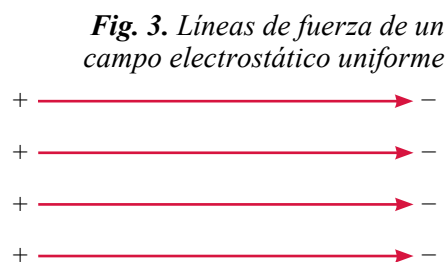
La carga mediante la cual se estudia el campo eléctrico y sus características lleva el nombre de **carga de prueba**.

La **carga de prueba** es un modelo físico. Se define como una carga positiva ($q_0 > 0$) de intensidad despreciable del propio campo eléctrico.

Si la fuente del campo electrostático es una carga puntual de valor q , la intensidad del campo a una distancia r puede expresarse mediante la fórmula:

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

La intensidad del campo electrostático es una magnitud vectorial. Su sentido depende del signo de la carga que origina el campo. Se acepta que la intensidad va desde la carga positiva hacia la carga negativa o hacia el infinito. El sentido de las líneas de fuerzas demuestra el sentido de la intensidad. De la fórmula se ve que la intensidad cambia con la distancia de la fuente del campo electrostático. Sin embargo, hay casos cuando **la intensidad es constante en todos los puntos**. Tal campo gráficamente se expresa mediante líneas de fuerzas paralelas y lleva el nombre de **campo uniforme** (Fig. 3).



TERMINOLOGÍA

campo electrostático: электростатично поле

campo uniforme: однородно поле

carga de prueba: пробен заряд

infinito: безкрайност

intensidad del campo eléctrico: интензитет на електричното поле

línea de fuerza: силова линия

magnitud vectorial: векторна величина

ACTIVIDADES

1. ¿Cómo entendemos que en un punto existe campo eléctrico?
2. ¿En qué pueden diferenciarse dos campos eléctricos?
3. Determina el valor de la fuerza que actúa sobre una carga de 0,1 mC que se encuentra en un punto de un campo electrostático de intensidad 100 N/C.
4. Sobre una carga de 20 μC actúa una fuerza eléctrica de 0,001 N. Determina la intensidad del campo electrostático en este punto.
5. Una carga puntual de valor 40 nC origina un campo electrostático. Determina la intensidad de este campo a 10 cm y a 20 cm de distancia. Determina las fuerzas que van a actuar sobre una carga de 30 μC colocada en estos puntos.

Tema para comentar

La fuerza de interacción entre dos cargas es mayor en vacío que en otros medios.

3. Potencial del campo electrostático

Otra magnitud que caracteriza el campo electrostático es el **potencial**. Esta magnitud está relacionada con la energía potencial eléctrica W que tiene cada carga introducida en el campo. Si la carga de prueba q_0 se encuentra en un punto A del campo, su energía potencial en este punto es W_A . Si en este mismo punto se coloca una carga de prueba de valor $2q_0$, su energía potencial eléctrica será $2W_A$. La misma observación se realiza cuando la carga de prueba se coloca en otro punto del campo B donde la energía potencial de la carga de prueba será W_B . Así se determina que el cociente $\frac{W}{q_0}$ no depende de la carga de prueba y caracteriza el campo electrostático.

El potencial en un punto del campo electrostático es igual al cociente entre la energía potencial eléctrica de una carga de prueba en este punto y el valor de la misma carga.

$$\varphi = \frac{W}{q_0}$$

La unidad de medida de potencial en el SI es el **voltio (V)** y $1V = \frac{1J}{1C}$.

El potencial es una magnitud escalar. Se acepta que, si la carga que origina el campo electrostático es positiva, los potenciales son positivos y si la carga, fuente del campo, es negativa, los potenciales son negativos.

Si sabemos el potencial φ del campo en un punto, podemos determinar la energía potencial W de una carga puntual, colocada en este punto:

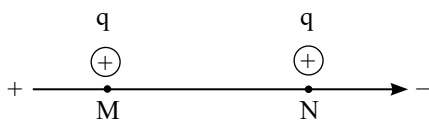
$$W = q\varphi$$

Observemos una carga positiva q que se introduce en un campo creado por otra carga positiva Q . La carga introducida cambia su posición desde el punto M hasta el punto N , se mueve paralelamente a las líneas de fuerza y recorre una distancia l . Por consiguiente, su energía potencial eléctrica experimenta un cambio de W_M a W_N (Fig. 1). El desplazamiento de la carga se produce bajo la acción de la fuerza eléctrica F . El trabajo realizado A por la fuerza eléctrica es igual al cambio de la energía potencial de la carga:

$$A = W_M - W_N = q\varphi_M - q\varphi_N = q(\varphi_M - \varphi_N) = qU$$

La diferencia de los potenciales $\varphi_M - \varphi_N = U$ lleva el nombre de **voltaje** entre dos puntos. Como se deduce de la definición, la unidad

Fig. 1. Movimiento de una carga



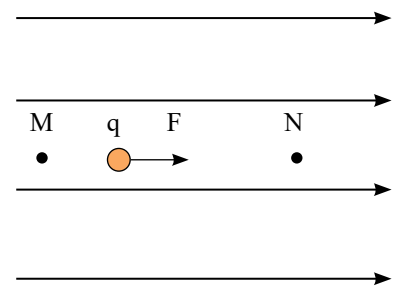
de medida de voltaje en el SI es **voltio (V)**.

Observemos ahora otro caso: la carga q se mueve en un campo uniforme y recorre la distancia l entre dos puntos M y N del campo entre los cuales el voltaje es U (Fig. 2). Expresamos el trabajo de la fuerza eléctrica F que actúa sobre la carga q y tenemos: $A = Fl$.

Así tenemos dos maneras para expresar el trabajo de la fuerza eléctrica que actúa sobre la carga q : $A = Fl$ y $A = qU$.

Por consiguiente, en el caso de un campo uniforme, existe una relación entre la intensidad del campo, el voltaje entre dos puntos y la distancia entre estos puntos: $U = El$.

Fig. 2. Carga eléctrica en un campo uniforme



TERMINOLOGÍA

diferencia de potencial: потенциална разлика

energía potencial eléctrica: электрична потенциална енергия

magnitud escalar: скаларна величина

magnitud vectorial: векторна величина

potencial del campo electrostático: потенциал на електростатичното поле

voltaje = diferencia de potencial = tensión: напрежение

ACTIVIDADES

1. Explica algunas diferencias y semejanzas entre las magnitudes intensidad y potencial del campo electrostático.

2. En un punto del espacio el potencial es -10 V. Determina la energía potencial que tiene una carga positiva de 5 mC al colocarla en ese punto. ¿Hay puntos en este campo donde la carga tendrá igual energía potencial?

3. Una carga se mueve desde un punto de potencial 30 V hasta otro punto de potencial -50 V. Determina el voltaje entre estos puntos.

4. Determina el trabajo necesario para trasladar una carga negativa de 3 C desde un punto de potencial 5 V hasta otro punto de potencial -5 V.

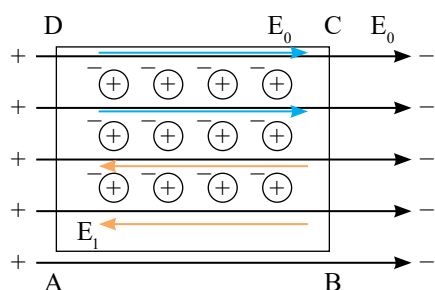
5. Determina el voltaje entre dos puntos a 40 cm de distancia uno del otro en un campo uniforme de intensidad 400 V/m.

6. ¿Cuándo el trabajo de la fuerza eléctrica que actúa sobre una carga en movimiento en un campo uniforme va a ser positivo y cuándo va a ser negativo? ¿Cómo debe moverse la carga para que aumente su velocidad?

4. Conductor en un campo electrostático

Sabemos que los conductores tienen cargas libres que se desplazan si sobre los extremos de tal sustancia se aplica un voltaje. Esto significa que en el interior del conductor se extiende el campo eléctrico que actúa sobre las cargas y que circula una corriente eléctrica.

Fig. 1. Conductor en un campo electrostático



Observemos el caso cuando el conductor ABCD se encuentra en un campo electrostático de intensidad E_0 (Fig. 1). El campo penetra en el interior de la sustancia y actúa sobre las cargas. Los electrones de la última capa, que poseen cierta movilidad, se desplazan y se alejan del resto del átomo, que se convierte en un ion positivo. Así, en el interior de la sustancia, entre los electrones de la última capa y los iones positivos de la red cristalina aparece un campo electrostático interno de intensidad E_1 . El desplazamiento de los electrones libres no dura largo tiempo y cesa cuando este campo interno compensa el campo externo que ha penetrado en el conductor. El campo interno y el campo externo tienen sentidos contrarios y valores iguales. Por consiguiente, la intensidad que se obtiene dentro del conductor es cero. Este proceso lleva el nombre de **inducción electrostática**. Sobre la superficie del conductor aparecen **cargas inducidas**.

De este proceso se pueden deducir algunas de las particularidades cuando un conductor se encuentra en un campo electrostático:

- En el interior del conductor no hay campo electrostático.
- Sobre la superficie del conductor se acumulan cargas no compensadas, denominadas cargas inducidas: positivas y negativas. Las cargas positivas están más cerca del polo negativo del campo externo y las cargas negativas, más cerca del polo positivo del campo externo.

Las particularidades que acabamos de mencionar se utilizan en la práctica para **la protección electrostática**. En el interior de cajas metálicas, bolsas de red metálica fina o películas metalizadas, coches o aviones no hay campos electrostáticos debido al proceso de la inducción electrostática (Fig. 2)³, (Fig. 3), (Fig. 4) y (Fig. 5)⁴. Todo lo que se encuentra en su interior – como dispositivos sensibles, semiconductores, aparatos e incluso personas – está protegido de los campos electrostáticos exteriores.

Fig. 2. La estación meteorológica de Musalá, cubierta de una red metálica



³ <https://tripsjournal.com/galeriq/zaslon-musala>

⁴ <http://www.star-new-material.com/antistatic-bag/shielding-bag/static-protection-electrostatic-discharge.html>

Fig. 3. Símbolos utilizados: componentes electrónicos con riesgo de daño por descarga electrostática y áreas de protección electrostática

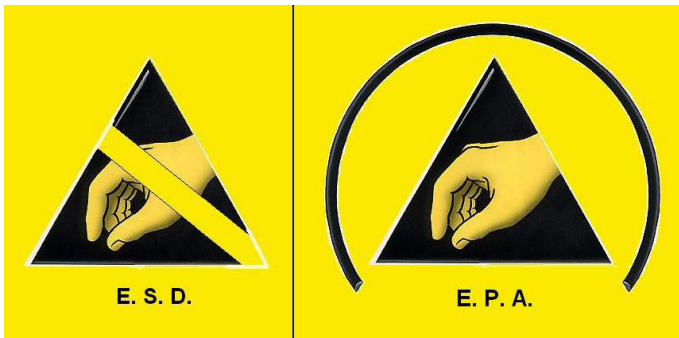


Fig. 5. Película y bolsa de protección electrostática



Fig. 4. El cuerpo metálico del avión protege a los pasajeros de la electricidad atmosférica



TERMINOLOGÍA

cargas inducidas: индуцирани заряди

cargas no compensadas: некомпенсирани заряди

inducción electrostática: електростатична индукция

protección electrostática: електростатична защита (електростатично екраниране)

ACTIVIDADES

1. Explica qué representa el fenómeno de la inducción electrostática.
2. ¿Por qué en el interior de un conductor que se encuentra colocado en un campo electrostático, la intensidad del campo es cero?
3. ¿Por qué cuando se transportan dispositivos electrónicos se colocan en bolsas especiales de protección?
4. Una manera de protección de cargas no compensadas es la conexión a tierra. Explica cómo se realiza y cómo protege a la gente.
5. ¿Por qué no sentimos el campo eléctrico terrestre, aunque entre nuestra cabeza y los pies el voltaje es de orden de 220 – 240 V?

Para saber más

Busca información de qué material están hechas las bolsas electrostáticas.

5. Aislante en un campo electrostático. Condensadores

Recordemos las características generales de los materiales dieléctricos: falta de cargas libres y alta resistencia específica. Estas características se deben a la estructura de las sustancias aislantes. Por ejemplo, algunas sustancias aislantes, como el agua, están formadas por **dipolos eléctricos**. Cada dipolo eléctrico representa un sistema de dos cargas de igual valor y de signo contrario que están enlazados, formando una molécula. Tales cargas vinculadas no pueden separarse por completo si se encuentran en un campo electrostático. Pueden solo girar en el campo y orientarse paralelamente a las líneas de fuerza (*Fig. 1*). Este proceso de orientación de los dipolos lleva el nombre de **polarización dieléctrica**. A consecuencia de la polarización dieléctrica, en el interior del aislante existe un campo electrostático de menor intensidad en comparación con el campo exterior.

Fig. 1. Polarización dieléctrica

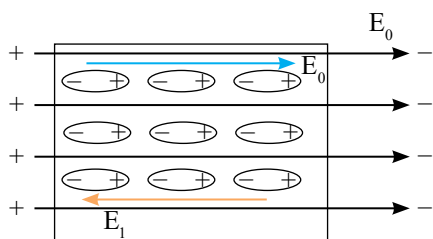
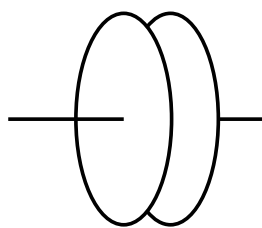
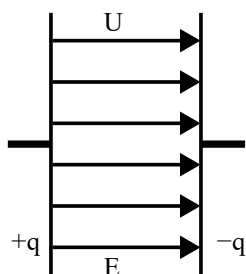


Fig. 2. Esquema de un condensador



El condensador es uno de los dispositivos en que se utilizan los materiales aislantes. Cada condensador tiene **dos electrodos**, entre los cuales hay un material aislante. Sobre los electrodos **se acumulan cargas de igual valor y de signo contrario, entre ellos hay cierto voltaje y se forma un campo electrostático** (*Fig. 2*). El aislante entre los electrodos mantiene las cargas separadas una de otra. El condensador contiene acumulada la energía del campo electrostático y, conectado en los circuitos eléctricos, puede liberar esa energía y regular el funcionamiento del circuito.

Los condensadores se utilizan junto con otros elementos electrónicos: resistencias, diodos, transistores, bobinas, entre otros. Algunas de sus aplicaciones, por ejemplo, son:

por ejemplo, son:

- en las antenas emisoras y receptoras de las ondas electromagnéticas;
- en la radio para detectar la frecuencia deseada;
- en los filtros de frecuencia para mejorar la calidad del sonido o para cortar algunas de las bandas de frecuencia;
- en los rectificadores donde el voltaje alterno se transforma en voltaje continuo;

- en las estaciones de transformación de alto voltaje y muchas más.

Cada condensador se caracteriza mediante la magnitud **capacidad**.

La **capacidad** de un condensador es igual al cociente que se obtiene al dividir el valor absoluto de la carga q sobre uno de los electrodos por el voltaje U establecido entre ellos.

$$C = \frac{q}{U}$$

La unidad de medida de capacidad en el SI se denomina **faradio (F)** en honor al físico Michael Faraday y $1 \text{ faradio} = \frac{1 \text{ culombio}}{1 \text{ voltio}}$.

Frecuentemente se utilizan los submúltiplos del faradio: el microfaradio (μF), el nanofaradio (nF) y el picofaradio (pF). Cada condensador lleva señalado el voltaje a que debe emplearse y la capacidad que posee. Si el voltaje aplicado sobre un condensador es más alto de un valor determinado, la intensidad del campo dentro del condensador aumenta mucho y el material aislante ya no puede detener las cargas no compensadas. Entonces, los electrodos se descargan rápidamente, el material se destruye y el condensador deja de funcionar. Sucede una perforación del dieléctrico.

TERMINOLOGÍA

capacidad: *капацитет*

condensador: *кондензатор*

dieléctrico = aislante: *изолатор*

dipolo eléctrico: *електричен дипол*

electrodo: *електрод*

faradio: *фарад*

perforación del dieléctrico: *пробив на изолатора*

polarización dieléctrica: *диелектрична поляризация*

ACTIVIDADES

1. Dibuja cómo actúan las fuerzas eléctricas sobre un dipolo que se encuentra en un campo electrostático uniforme y explica por qué el dipolo se orienta paralelamente al campo.
2. Explica cómo debe cambiar la carga acumulada sobre los electrodos de un condensador para que el voltaje aumente dos veces.
3. Calcula el voltaje entre los electrodos de un condensador de capacidad $200 \mu\text{F}$ que tiene una carga de $20 \mu\text{C}$ sobre cada uno de sus electrodos.

Para saber más

Acabamos de estudiar el fenómeno de la polarización mediante un campo electrostático. Busca qué otras maneras de polarización existen.

Para saber más

Busca información sobre el aporte científico de Michael Faraday.

6. Actividades: cargas eléctricas en un campo electrostático

1. Escribe el concepto o la definición y rellena la tabla:

<i>Concepto</i>	<i>Definición</i>
	Un campo electrostático representado por líneas paralelas.
Condensador	
	Una magnitud física, igual a la diferencia de los potenciales entre dos puntos del campo eléctrico.
Capacidad	
	Un modelo de cuerpo cargado que tiene propio campo eléctrico de intensidad despreciable.
Intensidad del campo eléctrico	
	La orientación de los dipolos eléctricos paralelamente a las líneas de fuerza del campo electrostático.
Línea de fuerza	
	Un modelo de cuerpo cargado para el cual no se toman en cuenta la forma y las dimensiones del cuerpo.

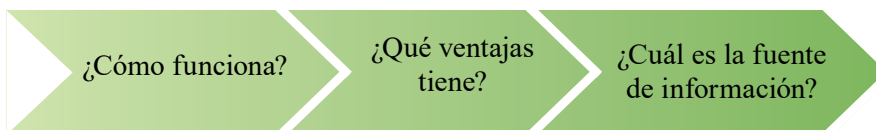
2. Compara las magnitudes energía potencial eléctrica y energía potencial gravitatoria y rellena la tabla:

	<i>Energía potencial gravitatoria</i>	<i>Energía potencial eléctrica</i>
Campo donde se observa		
Fuente del campo		
Fuerza que actúa		
Fórmula para calcular la energía		
Unidad de medida		

Condición para cambiar el valor de la energía		
El cambio de la energía determina...		

3. Explica la naturaleza del rayo siguiendo el razonamiento: **Definición** → **causa** principal → **efectos** beneficiosos → **efectos** perjudiciales → **protección** fuera de la casa → **protección** en casa → **rayo en bola** → **ayuda** en caso de ser alcanzado por un rayo.

4. Busca información sobre el pararrayos. Organiza y presenta la información de la siguiente manera:



5. ¿Por qué se recomienda apagar el televisor y el ordenador y no hablar por teléfono en caso de una tormenta eléctrica?

6. ¿Por qué es peligroso acercarse a las líneas de alta tensión de la red eléctrica? Hay casos cuando la persona está cerca del cable, sin tocarlo, y salta una chispa que quema la persona. ¿Por qué sucede así?

7. Prepárate para presentar. Escoge un tema, busca información, resume y presenta lo que consideres interesante. No te olvides de citar la fuente de información.

La máquina fotocopidora. ¿Qué relación tiene con las cargas eléctricas? ¿Cómo funciona?

Los condensadores. ¿Qué tipos existen? Explica más detalladamente una de sus aplicaciones.

TERMINOLOGÍA

línea de alta tensión: далекопровод с високо напрежение

máquina fotocopidora: копирна машина

rayo: мълния

rayo en bola: кълбовидна мълния

red eléctrica: електрическа мрежа

pararrayos: мълниеотвод



7. Campo magnético

Durante muchos años se consideraba que los fenómenos magnéticos se debían a propiedades de la sustancia, diferentes de la carga eléctrica. Sin embargo, esto no es así, el **magnetismo y la electricidad tienen el mismo origen: la carga eléctrica**. La comprensión de este hecho fue uno de los hitos más importantes de la física del siglo XIX.

Hace más de 2000 años se descubrió que ciertos minerales (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 y otros), procedentes de la región de Magnesia en Asia Menor, atraen el hierro. De ahí viene el nombre de magnetita con que se denominan estos materiales, llamados también **imanes naturales**. Su magnetización no cambia con el tiempo y por eso estos imanes se clasifican también como **imanes permanentes**. Hacia el año 1600, William Gilbert descubre la razón por la cual la brújula se orienta siempre en dirección Norte-Sur de la Tierra: **la Tierra misma es un imán** (Fig. 1). Más tarde se elabora el **electroimán** que posee propiedades magnéticas solo cuando pasa corriente por él y por eso se clasifica también como un **imán temporal**. La magnetización de los imanes temporales cambia con el tiempo.

Fig. 1. Campo magnético de la tierra

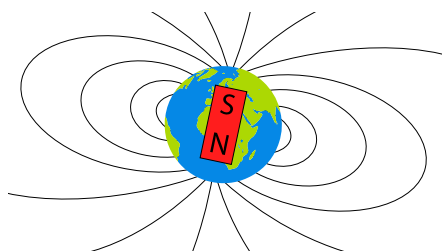


Fig. 2. Imán recto

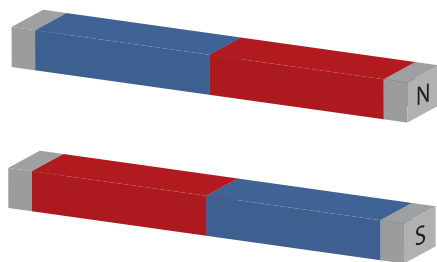
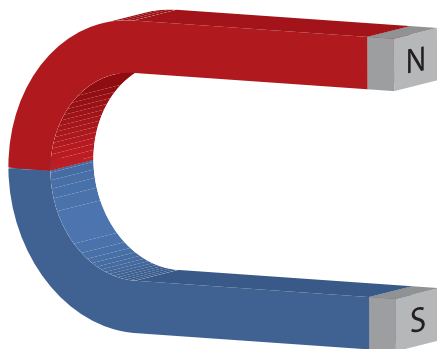


Fig. 3. Imán en forma de herradura



Los imanes se pueden clasificar también según su forma. Existen **imanes rectos, cilíndricos, en forma de herradura, en forma de cinta** y otros (Fig. 2 y 3). Cada imán posee dos zonas, denominadas **polos**, que designan **Norte y Sur**. Alrededor de cada imán existe un campo magnético, **la interacción** entre los imanes se realiza en este campo y consiste en **repulsión o atracción**. Midiendo la intensidad de la **fuerza magnética** que actúa sobre un imán en un punto del espacio, podemos hacer una conclusión sobre el campo magnético en este punto. Igual que el campo eléctrico, el campo magnético se propaga en todo el espacio, posee energía y es una de las formas de la materia.

Otras características específicas para el campo magnético son:

- se origina por cargas eléctricas en movimiento;
- actúa mediante una fuerza magnética solo sobre cargas en movimiento.
- solo desvía de su trayectoria principal las partículas cargadas y no las acelera;
- se representa gráficamente mediante **líneas de inducción magnética**. Se acepta que las líneas “salen” del polo magnético Norte y “entran” por el polo Sur. La forma de las líneas indica la forma del campo.

Para saber si en un lugar el campo magnético es más fuerte o débil es necesario medir la fuerza magnética que actúa sobre una carga q que se mueve con cierta velocidad v . El valor de la fuerza magnética

varía dependiendo del sentido del movimiento de la carga en el campo.

La magnitud **inducción magnética** se marca con la letra **B** y se define de la siguiente manera:

En cada punto del campo magnético la inducción magnética **B** es igual al cociente entre la fuerza magnética máxima F_{MAX} que en este punto actúa sobre una carga **q** que se mueve con velocidad **v** y el producto **qv**

$$B = \frac{F_{MAX}}{qv}$$

La unidad de medida de inducción magnética en el SI es el **tesla (T)** en honor al físico Nikola Tesla (1870 – 1943).

La inducción magnética es **1 T** cuando sobre un conductor de longitud **1 m**, por el cual circula corriente de intensidad **1 A** y está dispuesto perpendicularmente al campo magnético, actúa una fuerza de **1 N**.

Igual que la intensidad del campo eléctrico, la inducción magnética es una magnitud vectorial y tiene sentido.

TERMINOLOGÍA

imán artificial: изкуствено създаден магнит

imán cilíndrico: цилиндричен магнит

imán en forma de cinta: лентовиден магнит

imán en forma de herradura: магнит във форма на подкова

imán natural: природен магнит

imán permanente: постоянен магнит

imán recto: прав магнит

imán temporal: променлив във времето магнит

inducción magnética: магнитна индукция

líneas de inducción magnética: магнитни индукционни линии

ACTIVIDADES

1. Clasifica los razonamientos en dos grupos: los que se refieren a un imán permanente y los que se refieren a un electroimán.

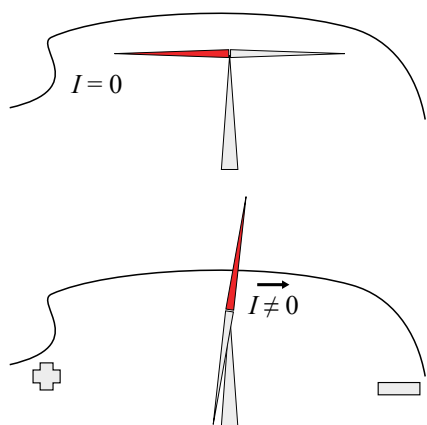
A una distancia fija, la inducción del campo puede variar.	imán permanente
Alejándose del imán, la inducción magnética disminuye.	
Al cesar la corriente el campo magnético desaparece.	electroimán (imán temporal)
El sentido del campo magnético puede cambiar.	
El sentido del campo magnético no puede cambiar.	

Para saber más

Busca información sobre el campo magnético terrestre: su inducción, influencia sobre la gente y los animales, cambios y otros hechos interesantes. Pre-séntala ante tus compañeros de clase.

8. Campo magnético generado por una corriente eléctrica. El motor eléctrico

Fig. 1. Experimento de Oersted



A principios del siglo XIX empieza el estudio de la corriente eléctrica y los efectos que produce. En aquellos años trabajan Alejandro Volta, Michael Faraday, Georg Ohm que descubren algunas de las particularidades de la corriente eléctrica y formulan leyes que seguimos utilizando. Los experimentos que realizan los físicos Oersted y Ampère en los años 1820 – 1822 demuestran por primera vez **la relación entre el campo magnético y la corriente eléctrica**. Oersted observa el comportamiento de una aguja magnética que está cerca de un conductor por el cual pasa corriente eléctrica. Él nota que la aguja, inicialmente paralela al conductor, se desvía de su posición y se orienta perpendicularmente cuando empieza la corriente (Fig. 1). Oersted descubre cómo se propaga el campo magnético alrededor del conductor rectilíneo: las líneas de inducción magnética son círculos concéntricos alrededor del conductor (Fig. 2). El sentido del campo se determina mediante **la regla de los dedos plegados de la mano derecha**: si el pulgar indica el sentido de la corriente, los dedos contraídos indican el sentido del campo magnético alrededor del conductor (Fig. 3)⁵.

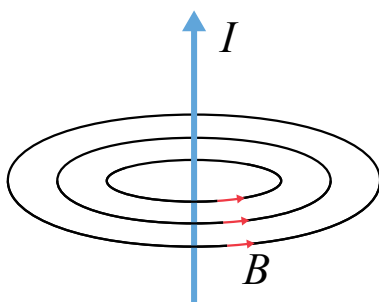


Fig. 2. Campo magnético de un conductor rectilíneo

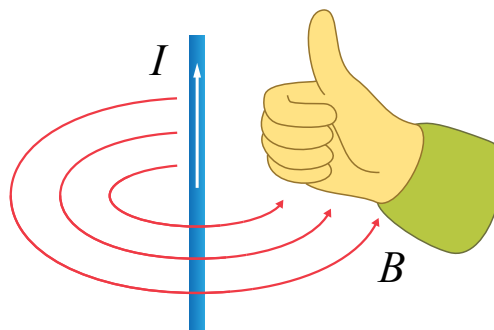


Fig. 3. Regla de los dedos plegados de la mano derecha

Se concluye que la inducción magnética es directamente proporcional a la intensidad de la corriente e inversamente proporcional a la distancia del conductor. La forma del campo magnético depende de la forma del conductor y si cambia el sentido de la corriente, cambia el sentido del campo magnético.

El campo magnético originado por un conductor se puede regular mediante el valor y el sentido de la corriente eléctrica.

⁵ <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Manoderecha.svg>

En la práctica, frecuentemente se utilizan las bobinas. Una **bobina** es un **conjunto de espiras arrolladas** (Fig. 4). Si en el interior de la bobina se introduce un núcleo de hierro o de acero, el dispositivo recibe el nombre de **solenoid**. Lo último se hace para que aumente la inducción del campo magnético creado por el dispositivo. Las líneas de inducción que crea el solenoide o la bobina demuestran que fuera de la bobina la forma del campo magnético es idéntica al campo magnético creado por un imán recto. Dentro de la bobina el campo magnético es uniforme. **Los electroimanes** funcionan así: si pasa corriente, aparece un campo magnético; si la corriente deja de circular, el campo magnético desaparece. Los electroimanes tienen numerosas aplicaciones: en interruptores, altavoces, timbres eléctricos, etc.

Los estudios de Ampère están relacionados con la fuerza magnética que actúa sobre un conductor con corriente eléctrica, colocado en un campo magnético. Ampère descubre que la fuerza magnética F depende de la inducción del campo magnético B , la longitud del conductor L , la intensidad de la corriente que circula I y la orientación del conductor respecto las líneas de inducción. La fuerza magnética tiene valor máximo si el conductor está dispuesto perpendicularmente al campo (Fig. 5). Ampère determina la relación entre estas magnitudes y formula una ley que lleva su nombre:

La fuerza magnética máxima F_{max} que actúa sobre un conductor con corriente I , colocado perpendicularmente a las líneas de inducción, es directamente proporcional a la inducción magnética B , la intensidad de la corriente eléctrica y la longitud del conductor L .

$$F_{MAX} = BIl$$

El sentido de la fuerza magnética se determina por **la regla de los dedos extendidos de la mano derecha**: si la mano derecha se orienta de tal manera que el dedo pulgar indica la corriente o el sentido de movimiento de una carga positiva y los demás dedos indican las líneas de inducción, el sentido de la fuerza magnética queda fuera de la palma, perpendicularmente a ella (Fig. 6)⁶. El sentido de la fuerza magnética siempre es perpendicular al plano que forman la fuerza magnética y el movimiento de la carga o la corriente eléctrica (Fig. 7). Por esta particularidad, las cargas eléctricas cambian sus trayectorias y el sentido de movimiento cuando están en un campo magnético, pero no cambian el valor de su velocidad. Este hecho encuentra varias aplicaciones prácti-

Fig. 4. Bobina

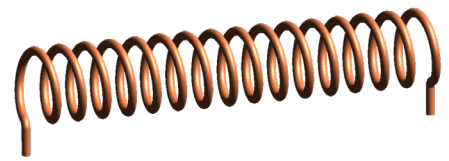


Fig. 5. Conductor en un campo magnético

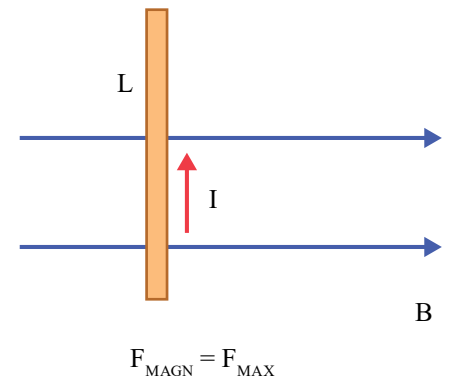
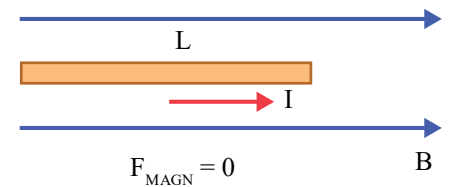


Fig. 6. Regla de los dedos extendidos de la mano derecha

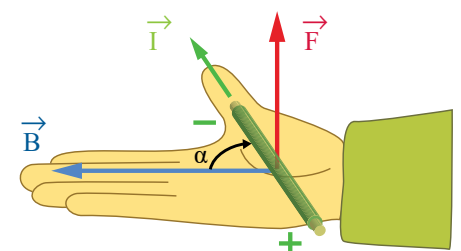
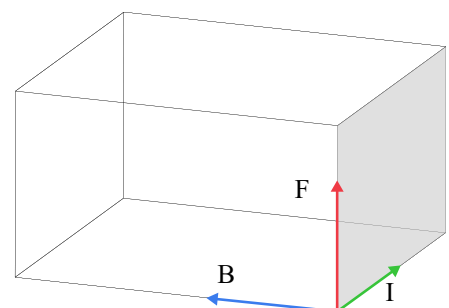
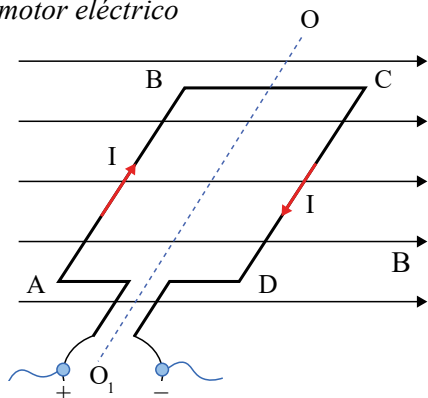


Fig. 7. Sentido de la fuerza magnética



⁶ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Regla_mano_derecha_Laplace.svg

Fig. 8. Esquema de un motor eléctrico



cas que vamos a observar a continuación.

El funcionamiento de **los motores eléctricos** se basa en la ley de Ampère. Las partes AB y CD del conductor son de sentido contrario; las fuerzas magnéticas que actúan tienen igual valor y sentidos contrarios, lo que hace girar la espira que se encuentra en el campo magnético uniforme (*Fig. 8*). Cada motor eléctrico tiene tres partes: el rotor, el estator, el colector.

TERMINOLOGÍA

arrollamiento: намотка

arrollar: навивам, намотавам

bobina: бобина

solenoides: соленоид

colector: колектор

espira: навивка

estator: статор

motor eléctrico: электромотор

regla de los dedos plegados: правило на свитите пръсти

regla de los dedos extendidos: правило на опънатите пръсти

rotor: ротор

ACTIVIDADES

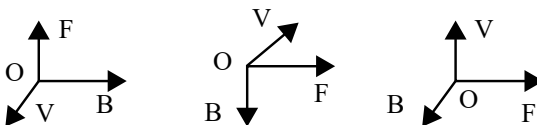
1. Calcula la fuerza que va a actuar sobre un conductor de 10 cm de longitud, recorrido por una intensidad de corriente de 5 A, si se coloca perpendicularmente a un campo magnético de inducción de 2 mT.

2. Aplica la ley Ampère y la regla de la mano derecha para explicar el funcionamiento del motor eléctrico (*Fig. 8*) ¿Por qué la espira empieza a girar? ¿En qué sentido va a girar la espira?

3. Busca información y explica el papel de cada una de las tres partes principales del motor eléctrico. Organiza tu respuesta en una tabla:

Parte del motor eléctrico	Papel
rotor	
estator	
colector	

Fig. 9.



4. Determina el signo de la carga que se mueve con una velocidad v en un campo magnético uniforme de inducción B y experimenta la acción de una fuerza magnética F (*Fig. 9*).

9. Propiedades magnéticas de las sustancias

En la década de los años 50 del siglo XIX, Faraday demuestra que todas las sustancias poseen propiedades magnéticas y que el grado y el carácter de su interacción con el campo magnético son distintos según sean los materiales. Una de las primeras explicaciones de las propiedades magnéticas la da Ampère. Distinguimos tres tipos de sustancias, a saber: **diamagnéticas**, **paramagnéticas** y **ferromagnéticas**.

En la *figura 1*⁷ puedes ver un líquido ferromagnético cuando se encuentra en un campo magnético.

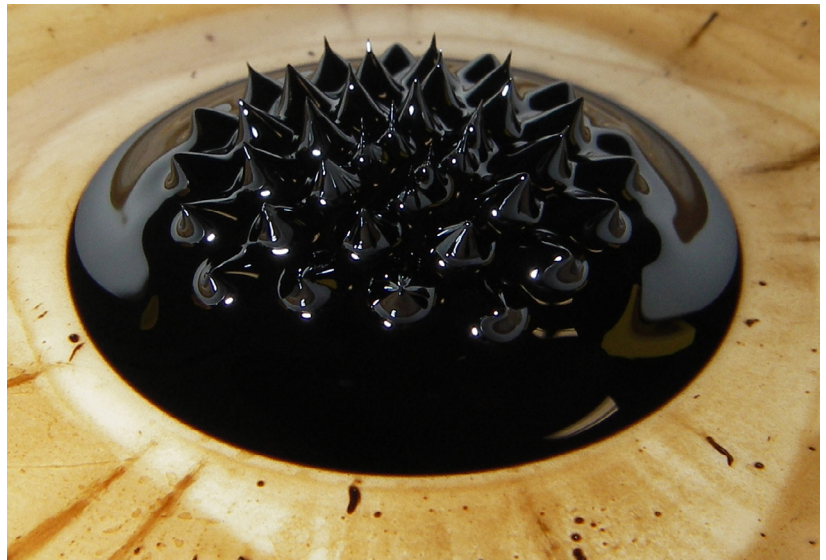
Las diferencias entre los tres tipos de materiales se relacionan con el cambio que sufre la inducción de un campo magnético externo B_0 (en vacío) cuando penetra en una sustancia.

- **Sustancias diamagnéticas.** La inducción magnética B dentro de ellas disminuye ligeramente en comparación con la inducción en vacío $B < B_0$. Se magnetizan débilmente en el sentido opuesto al del campo magnético aplicado. Resulta así que aparece una fuerza de repulsión sobre el cuerpo respecto del campo aplicado. Ejemplos de tales sustancias son: el agua, el oro, la plata, el bismuto, el cobre, el hidrógeno, entre otras.

- **Sustancias paramagnéticas.** Dentro de tales materiales la inducción magnética B aumenta en comparación con la inducción en vacío $B > B_0$. Estas sustancias no son imanes permanentes pero en presencia de un campo magnético externo se magnetizan. En ellas el proceso de magnetización y desmagnetización es reversible, dependiendo del valor de la inducción externa. Ejemplos de tales sustancias son: el cromo, el manganeso, el aluminio, el oxígeno, entre otras.

- **Sustancias ferromagnéticas.** El campo magnético en su interior es mucho más intenso que el campo en vacío $B \gg B_0$. De ellos se elaboran imanes permanentes. Ejemplos de tales sustancias son: el hierro y sus aleaciones, el cobalto, el níquel, entre otras. Poseen

Fig. 1. Líquido ferromagnético en un campo magnético



⁷ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ferrofluid_in_magnetic_field.jpg

una magnetización y desmagnetización compleja. Su estructura se compone de **dominios**: pequeñas zonas de igual orientación de los campos magnéticos atómicos. Cada dominio tiene su propio campo magnético que se orienta en el mismo sentido si el material se introduce en un campo externo. Es la causa por la cual se intensifica el campo magnético interno. Cada sustancia ferromagnética se caracteriza por una temperatura, denominada **temperatura de Curie**, por encima de la cual la sustancia se convierte en paramagnética. Las sustancias ferromagnéticas tienen varias aplicaciones: en los motores eléctricos, transformadores, electroimanes, altavoces, timbres, interruptores electromagnéticos, filtros magnéticos, separadores magnéticos. Entre las aplicaciones destacamos también la aplicación en nanoestructuras, el transporte de fármacos, la resonancia magnética nuclear, la grabación magnética de información.

TERMINOLOGÍA

dominio: домен

proceso reversible: обратим процес

sustancia diamagnética: диамагнитно вещество

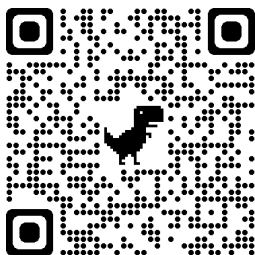
sustancia ferromagnética: ферромагнитно вещество

sustancia paramagnética: парамагнитно вещество

temperatura de Curie: температура на Кюри

ACTIVIDADES

1. ¿Cómo puede explicarse el hecho de que el aumento de la temperatura influye mal sobre la magnetización de las sustancias?
2. ¿Qué representan los dominios?
3. ¿Cómo puede explicarse la magnetización fuerte de las sustancias ferromagnéticas?
4. Usa el código QR y resume en breve la información que encuentras.



Para saber más

Algunos de los imanes permanentes se elaboran de neodimio. Busca las características físicas y químicas de esta sustancia y resúmelas en breve.

10. Movimiento de partículas cargadas en los campos eléctrico y magnético

Como ya hemos visto el campo eléctrico y el campo magnético se generan por las cargas eléctricas y actúan sobre ellas de diferente manera. Resumamos en breve, comparando cómo actúan los dos campos sobre las cargas eléctricas:

Tabla 1. Comparación entre el campo eléctrico y el campo magnético

¡A comparar!	Campo eléctrico	Campo magnético
Se genera por:	cargas en reposo o en movimiento	cargas en movimiento
Actúa sobre:	cargas en reposo o en movimiento	cargas en movimiento
En el campo actúa:	fuerza eléctrica, de atracción o de repulsión	fuerza magnética, de atracción o de repulsión
Se caracteriza mediante la magnitud:	la intensidad del campo eléctrico	la inducción magnética
El valor de la fuerza:	no depende del sentido de movimiento de la carga	depende del sentido de movimiento de la carga
El sentido de la fuerza:	la fuerza eléctrica es paralela a la intensidad	la fuerza magnética es perpendicular a la inducción magnética
Bajo la acción de la fuerza la carga cambia:	el valor de su velocidad	el sentido de la velocidad (la trayectoria)
Aplicación en los dispositivos:	cargas aceleradas, aumento de su energía	cargas desviadas de su trayectoria inicial

Esta comparación nos indica que **para modificar la energía y la trayectoria de las cargas eléctricas hay que aplicar los dos campos.**

Se introduce y se usa la unidad de energía **electronvoltio (eV)** en vez de julio. **Cuando el electrón se mueve entre dos puntos de voltaje 1 voltio, él adquiere una energía de 1 electronvoltio** y tenemos:

$$1 eV = 1,6 \cdot 10^{-19} C \cdot 1V = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

Algunas de las aplicaciones de movimiento de partículas cargadas en campo eléctrico y magnético son:

Fig. 1. Microscopio electrónico

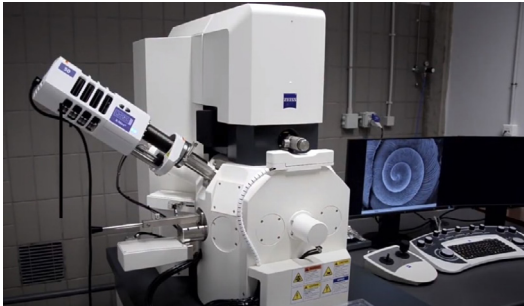


Fig. 2. Acelerador de partículas cargadas



- **El microscopio electrónico (Fig. 1)**⁸: los electrones se aceleran en un campo eléctrico y mediante un campo magnético se desvían de su trayectoria principal, concentrándose en un foco de la misma manera que la lente de vidrio concentra los rayos luminosos. Mediante este microscopio se distinguen estructuras de tamaño del orden de nanómetros.

- **Los aceleradores de partículas cargadas (Fig. 2)**⁹: los protones se aceleran mediante un campo eléctrico hasta velocidades cercanas a la de la luz y bajo la acción de la fuerza magnética tienen una trayectoria circular.

- **El selector de partículas (iones)**: para algunas de las operaciones tecnológicas de la microelectrónica se requiere obtener partículas (iones) con cierta energía cinética. Mediante un campo magnético del haz de iones se separan solo las que poseen una velocidad previamente determinada.

- **El espectrómetro de masas**: un átomo o molécula desconocida puede identificarse por su masa. Los átomos se ionizan, se aceleran mediante un campo eléctrico y entran en una cámara de vacío donde se aplica un campo magnético uniforme. Los iones empiezan a moverse siguiendo trayectorias semicirculares. Se comprueba que el radio de la trayectoria es directamente proporcional a la masa de la partícula. De tal manera, al medir el radio de la trayectoria se determina la masa del ion.

Algunos fenómenos naturales se explican mediante la acción del campo magnético:

- **La aurora boreal (Fig. 3)**: se debe a las partículas cargadas procedentes del Sol, capturadas por el campo magnético terrestre. Las partículas no caen sobre la tierra sino quedan en las zonas altas de la atmósfera en las regiones polares donde ceden su energía a las partículas de la atmósfera que, por su parte, desprenden luz.

Fig. 3. Aurora boreal



⁸ <https://www.cientifiko.com/microscopio-electronico/>

⁹ <https://home.cern/news/news/accelerators/waltz-lhc-magnets-has-begun>

• **La tormenta magnética:** las partículas cargadas procedentes del Sol crean su propio campo magnético que interacciona con el campo magnético terrestre y provoca las alteraciones conocidas bajo este nombre. Existe una relación directa entre la actividad solar y las alteraciones del campo magnético terrestre.

TERMINOLOGÍA

acelerador de partículas cargadas: ускорител на заредени частици

alteración = cambio: изменение

aurora boreal: полярно сияние

espectrómetro de masas: масспектрометър – уред за определяне на масата на частици

selector de partículas: селектор (филтър) на заредени частици – устройство за отделяне на частици с еднакви velocidades

semicircular: полукръгъл

tormenta magnética: магнитна буря

ACTIVIDADES

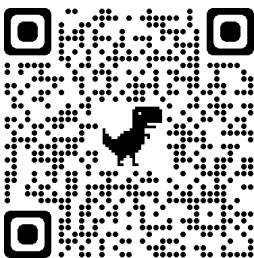
1. Un electrón y un protón se mueven con la misma velocidad. Al penetrar en un campo magnético, perpendicularmente a las líneas de inducción, ambos curvan su trayectoria. Teniendo en cuenta que la dirección del campo magnético es perpendicular a la hoja y “sale” de ella, dibuja las posibles trayectorias de las dos partículas.

2. ¿Qué relación existe entre la tormenta magnética y la actividad solar? ¿Qué consecuencias tienen las tormentas magnéticas sobre la vida?

3. ¿Por qué las auroras boreales se observan con mayor frecuencia en las zonas polares?

4. Compara el microscopio electrónico y el microscopio óptico. Busca imágenes obtenidas mediante un microscopio electrónico.

5. Usa el código QR y explica de qué institución científica se trata y qué parte de su trabajo figura en la página. Observa el vídeo que está allí y resume en breve lo que te impresiona. Puedes utilizar también el enlace: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/11-cosas-que-no-sabias-sobre-lhc-cern_13139/4



Para saber más

Busca información cómo funcionan el selector de partículas y el espectrómetro de masas. ¿Cuáles son las semejanzas en su funcionamiento?

Tema para comentar

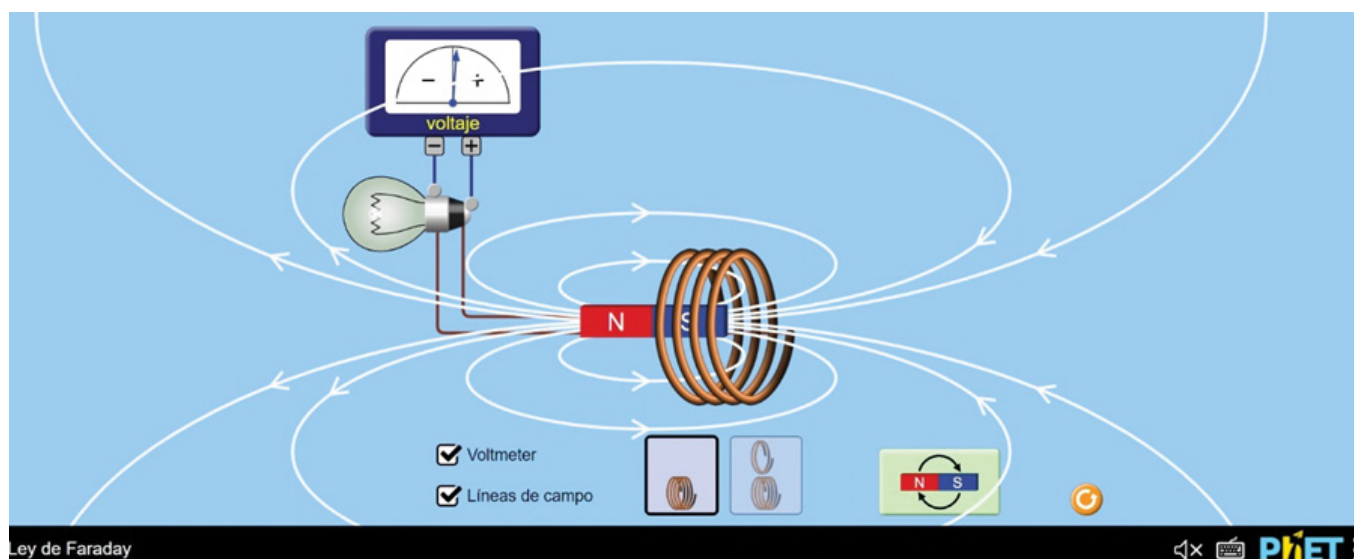
La ciencia actual avanza gracias al microscopio electrónico.

11. Inducción electromagnética

Hemos explicado ya que la corriente eléctrica origina un campo magnético. Hacia el año 1822, el científico inglés Michael Faraday se plantea la pregunta si se podría producir el fenómeno contrario. Mediante experimentos Faraday comprueba una vez más la relación entre la electricidad y el magnetismo y enuncia que el cambio del campo magnético origina un campo eléctrico: descubre el fenómeno de la **inducción electromagnética**.

La inducción electromagnética es un fenómeno que se observa en un conductor cerrado cuando está atravesado por un campo magnético variable (*Fig. 1*). Por el conductor empieza a circular (se induce) corriente eléctrica y en sus extremos aparece una **fuerza electromotriz inducida**.

Fig. 1. Inducción electromagnética
(Laboratorio virtual PhEt)



Los factores que determinan la intensidad de la corriente inducida son:

- La rapidez con la cual cambia el campo magnético que atraviesa el conductor cerrado. Los experimentos de Faraday demuestran que **la fuerza electromotriz inducida es directamente proporcional al cambio del campo magnético que atraviesa la superficie del conductor cerrado**. Esta afirmación se conoce como **ley de Faraday**. Si el campo magnético que atraviesa el conductor no cambia, no se induce fuerza electromotriz y no pasa corriente.

- La resistencia del conductor – es válida la relación derivada de la ley de Ohm – manteniendo constante la fuerza electromotriz inducida.

da, la intensidad de la corriente inducida es inversamente proporcional a la resistencia del conductor.

Los cambios del campo magnético pueden realizarse de dos maneras:

- al mover uno respecto a otro un imán y un conductor cerrado (*Fig. 1*);
- sin mover el imán, solo cambiando la intensidad de la corriente que origina un campo magnético variable.

Desde los años de su descubrimiento, la inducción electromagnética encuentra su aplicación en la técnica. Varios dispositivos basan su funcionamiento en ese fenómeno:

- los generadores de energía eléctrica. Las corrientes inducidas que aparecen cuando existe un movimiento relativo entre conductores y campos magnéticos son la base del funcionamiento de todas las centrales eléctricas, excepto las fotovoltaicas.
- el transformador: para reducir o aumentar el voltaje alterno.

TERMINOLOGÍA

corriente inducida: индуциран ток

fuerza electromotriz inducida: индуцирана електродвижеща сила (електродвижещо напрежение)

inducción electromagnética: електромагнитна индукция

ACTIVIDADES

1. ¿Por qué es posible inducir corriente eléctrica utilizando un electroimán?

2. Un conductor cerrado se mueve en un campo magnético uniforme sin cambiar su orientación. ¿Se va a observar inducción magnética o no? Explica la respuesta.

3. La longitud de un conductor disminuye 2 veces. ¿Cómo va a afectar esto la intensidad de la corriente inducida, manteniendo las otras condiciones invariables?

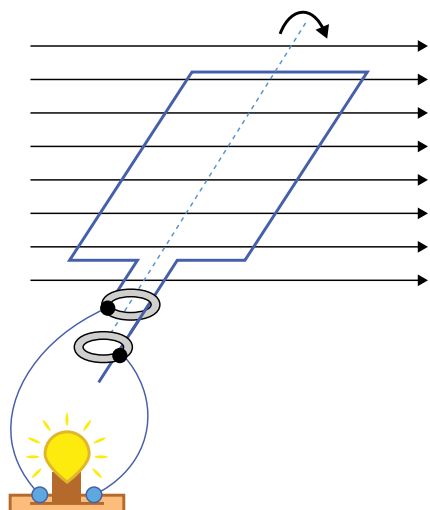
4. ¿Es posible mover un conductor cerrado en un campo magnético sin inducir corriente en él?

5. Visita la página del laboratorio virtual de PhEt y experimenta la inducción electromagnética, resultado de varios movimientos del imán. Observa y explica de qué depende el valor de la corriente inducida. ¿En qué situación no se induce corriente eléctrica? Utiliza el enlace:

https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_es.html

12. Corriente alterna

Fig. 1. Modelo de alternador



La energía que mantiene el movimiento del conductor puede ser de diferentes tipos: térmica, nuclear, hidráulica, eólica, mareomotriz, etc. Las partes principales son las mismas, como en el motor eléctrico: el estator, el rotor y el colector.

Históricamente la primera corriente utilizada fue la corriente continua. Debido a las grandes pérdidas que implicaba su transporte, se usaba en lugares próximos al sitio donde se generaba. El uso de corriente alterna permitió el transporte de la energía eléctrica a grandes distancias con unas pérdidas aceptables.

El dispositivo donde se genera el **voltaje alterno** se denomina **alternador**. La corriente alterna aparece debido al voltaje alterno. El funcionamiento de los alternadores se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética.

Un conductor en forma rectangular se encuentra en un campo magnético uniforme creado por un imán permanente (Fig. 1). A los dos extremos del conductor están conectados dos anillos metálicos, que giran junto con el conductor. Los anillos, por su parte, entran en contacto con dos escobillas. Las escobillas se conectan con los consumidores. El conductor gira uniformemente en el campo y la energía mecánica de la rotación se convierte en energía eléctrica. Durante este movimiento la espira atraviesa varias líneas de inducción, y por consiguiente, cambia el campo magnético que la atraviesa. Así, de acuerdo con la ley de Faraday, en la espira se induce una fuerza electromotriz que origina una corriente eléctrica.

La espira gira uniformemente, pero la corriente inducida no es constante. Su valor y su sentido cambian periódicamente. Durante un tiempo T , denominado período, la corriente cambia varias veces: aumenta y alcanza su valor máximo ($T/4$), después disminuye y se hace igual a cero ($T/2$), empieza a aumentar en sentido contrario hasta su valor máximo ($3T/4$) y disminuye de nuevo hasta cero ($4T/4$). Este proceso se repite con el tiempo (Fig. 2).

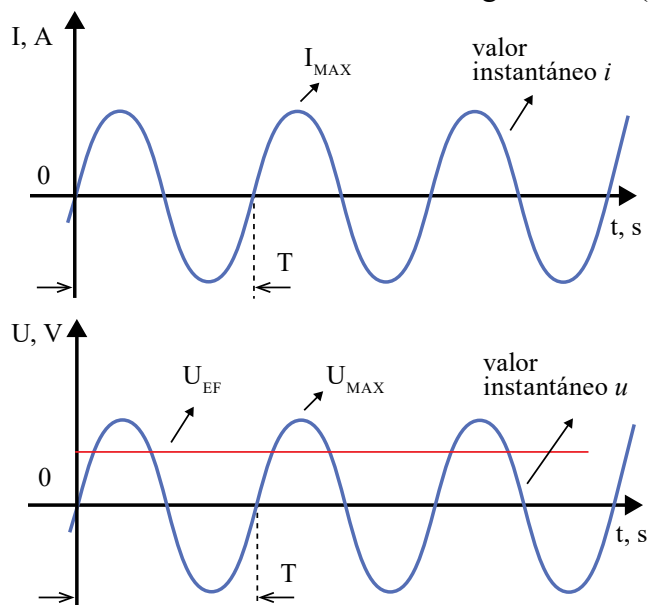
Cada proceso periódico, incluso la generación de corriente alterna, se caracteriza por período T (s) y frecuencia ν (Hz). Recordemos que estas magnitudes son inversamente proporcionales y $\nu = \frac{1}{T}$.

La frecuencia de la corriente alterna se determina por el centro de producción. En Europa la frecuencia es de 50 Hz. En los EE. UU. es de 60 Hz.

Para la corriente alterna y el voltaje alterno se definen las siguientes magnitudes que podemos ver marcadas en la figura 2:

- Las **amplitudes** I_{MAX} y U_{MAX} de la corriente y

Fig. 2. Gráfica de la corriente alterna



del voltaje. Son los valores máximos de la corriente alterna y el voltaje alterno. Cuando en el circuito hay solo resistencias que solamente disipan calor (se llaman resistencias óhmicas), el valor máximo de la corriente se alcanza al mismo tiempo que el valor máximo del voltaje alterno U_{MAX} . Entonces, decimos que la corriente y el voltaje están en fase. En las instalaciones eléctricas que utilizamos en casa $U_{MAX} = 311$ V.

- Los **valores instantáneos i y u** . Son los valores de la corriente y del voltaje en cada momento. Los valores instantáneos cambian y representan unas funciones sinusoidales del tiempo.

- El **valor efectivo de la corriente I** . Es igual al valor de la corriente continua que, durante un intervalo de tiempo, disipa la misma cantidad de calor que la corriente alterna dada.

- El **valor efectivo del voltaje alterno U** . En el circuito eléctrico en los hogares su valor es 220 V.

Cuando sobre los extremos de un conductor de resistencia R se aplica un voltaje alterno de valor efectivo U , el valor efectivo de la corriente I se determina según la ley de Ohm: $I = \frac{U}{R}$

La potencia P de la corriente alterna se expresa mediante las fórmulas conocidas:

$$P = UI, P = \frac{U^2}{R} \text{ y } P = I^2R$$

Los valores efectivos y los valores máximos están relacionados y se establece que:

$$I = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}} \text{ y } U = \frac{U_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

TERMINOLOGÍA

alternador: алтернатор – генератор на променливо напрежение

función sinusoidal del tiempo: синусова функция на времето

resistencia óhmica: омово съпротивление

ACTIVIDADES

1. Explica cómo se transforma la energía cuando se genera corriente eléctrica.
2. Calcula el período que corresponde a la frecuencia de 50 Hz.
3. ¿Cuántas veces se alcanzan los valores máximos de la corriente y del voltaje durante un período?
4. ¿Cómo se realizan las condiciones necesarias para la inducción electromagnética cuando se genera la corriente alterna?

Para saber más

Busca información cómo se genera la energía eléctrica en una central eléctrica hidráulica. ¿Qué partes principales tienen estas centrales eléctricas?

Tema para comentar

La corriente alterna tiene relación con el desarrollo industrial de los países.

13. Transformadores. Transportación de la energía eléctrica

Los transformadores son dispositivos que se utilizan para producir variaciones del voltaje alterno, sin cambiar su frecuencia. Pueden actuar como **reductores** o **elevadores** del voltaje alterno dependiendo del valor del voltaje de salida en comparación con el voltaje de entrada.

Fig. 1. Esquema de un transformador

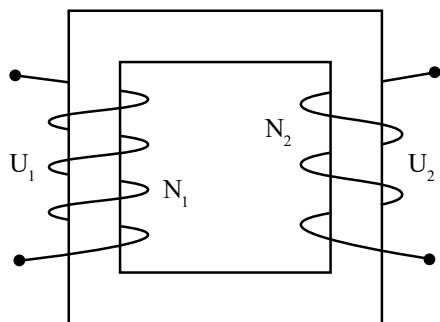


Fig. 2. Transformador real



Cada transformador está compuesto por un núcleo de hierro dulce y dos arrollamientos de diferente número de espiras N_1 y N_2 (Fig. 1). Uno de estos arrollamientos se conecta con el voltaje U_1 que se quiere modificar y se denomina **arrollamiento primario**. De los extremos del otro arrollamiento sale el voltaje modificado U_2 y se denomina **arrollamiento secundario**. A la bobina secundaria se conectan los consumidores que funcionan bajo este voltaje modificado. Si el transformador va a aumentar o reducir el voltaje entrante depende de la relación entre las espiras de los dos arrollamientos. En el caso de los transformadores reales, las dos espiras están una sobre la otra para minimizar las pérdidas de energía (Fig. 2).

El funcionamiento de los transformadores se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética: cuando sobre los extremos del arrollamiento primario se aplica un voltaje alterno U_1 , por el conductor empieza a circular corriente alterna que origina un campo magnético variable. Mediante el núcleo ferromagnético, las líneas de inducción de este campo alcanzan el arrollamiento secundario. Podemos aceptar, sin equivocarnos, que todas las líneas de inducción que atraviesan las espiras N_1 también atraviesan las espiras N_2 del segundo arrollamiento. Por lo tanto, en ella se induce una corriente, y sobre sus extremos se mide un voltaje alterno U_2 .

En cada transformador la potencia del arrollamiento primario se transfiere a potencia del arrollamiento secundario. Si las pérdidas de energía son mínimas $P_1 = P_2$ y, por consiguiente, $U_1 I_1 = U_2 I_2$. Tenemos también la relación:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

Se ha comprobado que las pérdidas de energía se minimizan cuando la energía eléctrica se transporta a alta tensión, del orden de 100 – 400 kV (Fig. 3). Durante este proceso los transformadores se utilizan primero para elevar el voltaje y después, para reducirlo y se conocen bajo el nombre de

Fig. 3. Poste eléctrico de alto voltaje y transformador



estaciones transformadoras (Fig. 4). El voltaje se reduce en los centros de consumo hasta 220 V. En otros casos – en los tubos de rayos X – se eleva hasta 75 kV, mientras que los circuitos integrados de los ordenadores se alimentan con no más de 5 a 10 V. Así, desde el momento de producción hasta el momento de uso, el voltaje cambia varias veces con la ayuda de los transformadores.

Fig. 4. Estación transformadora



TERMINOLOGÍA

arrollamiento primario: първична намотка

arrollamiento secundario: вторична намотка

bobina: бобина

estación transformadora: трансформаторна станция

hierro dulce: магнитно меко желязо

núcleo ferromagnético: желязна сърцевина

transformador: трансформатор

transformador elevador: повишаващ трансформатор

transformador reductor: понижаващ трансформатор

voltaje de entrada: входно напрежение

voltaje de salida: изходно напрежение

ACTIVIDADES

1. ¿Por qué el transformador no funciona cuando se alimenta con un voltaje continuo?
2. ¿De qué depende si un transformador es reductor o elevador?
3. ¿Para qué sirve el núcleo ferromagnético del transformador?
¿Por qué se elabora utilizando hierro dulce?
4. Un transformador reduce 10 veces el voltaje aplicado sobre el arrollamiento primario que se compone de 1000 espiras. Determina el número de espiras del arrollamiento secundario.
5. Explica por qué las pérdidas de energía se minimizan cuando la energía eléctrica se transporta a alta tensión. ¿De qué fórmulas se deduce la respuesta?

Utiliza las expresiones siguientes: *transporte rentable de corriente, disipación de calor, ley de Joule-Lenz, longitud fija de los conductores, abaratar el coste, sección transversal, pesado, grueso, estación transformadora, cable, transformador reductor, transformador elevador, centro de consumo, red eléctrica nacional, menor intensidad de la corriente, alto voltaje.*

14. Ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético

A lo largo de todo el siglo XIX se estudian diferentes aspectos de los fenómenos eléctricos y magnéticos. El físico escocés James Maxwell resume los resultados obtenidos del estudio del electromagnetismo. En 1873 publica un trabajo en el que formula cuatro ecuaciones, conocidas como ecuaciones de Maxwell. Las ecuaciones definen las propiedades del **campo electromagnético** y contienen una hipótesis muy importante acerca de la existencia y la propagación de las ondas electromagnéticas. Más tarde, en 1887, el alemán Heinrich Hertz comprueba esta hipótesis, demostrando que las **ondas electromagnéticas** existen realmente. De esta manera, se abre paso al rápido desarrollo de la técnica: emisión y recepción de ondas de radio, la televisión, los hornos de microondas, las comunicaciones cósmicas, los teléfonos móviles, etc.

Maxwell llega a la conclusión que **el campo electromagnético es un objeto material que relaciona los campos eléctrico y magnético**. Él resume sus características: el campo electromagnético tiene energía, se propaga en todo el espacio, se origina por las cargas en movimiento y actúa sobre las cargas en movimiento. Si cambia de cierta manera el campo electromagnético, puede propagarse en forma de ondas electromagnéticas.

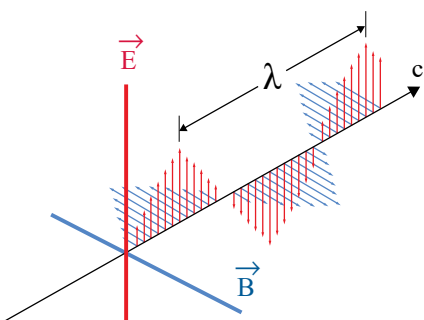
Las ondas electromagnéticas se generan solo por las cargas eléctricas aceleradas. Una carga inmóvil o en movimiento uniforme no irradia energía y no genera ondas electromagnéticas. Las fuentes de ondas electromagnéticas son:

- naturales: estrellas, átomos y moléculas de las sustancias, cuerpos calientes, etc.
- artificiales: antenas, láseres, lámparas, etc.

Algunas de las propiedades de las ondas electromagnéticas son:

- En cada momento el campo eléctrico y el campo magnético son perpendiculares entre sí y, a su vez, perpendiculares a la dirección de propagación de la onda: son ondas transversales (*Fig. 1*).
- Se propagan sin soporte material, a diferencia de las ondas mecánicas. Pueden propagarse en vacío.
- En vacío su velocidad es la máxima posible, igual a $c = 3.10^8$ m/s.
- En todos los otros medios, su velocidad de propagación es me-

Fig. 1. Las ondas electromagnéticas son transversales



nor y depende de las propiedades eléctricas y magnéticas del medio.

- Se caracterizan mediante su longitud de onda λ y frecuencia ν .

La relación entre ellas y la velocidad de propagación es:

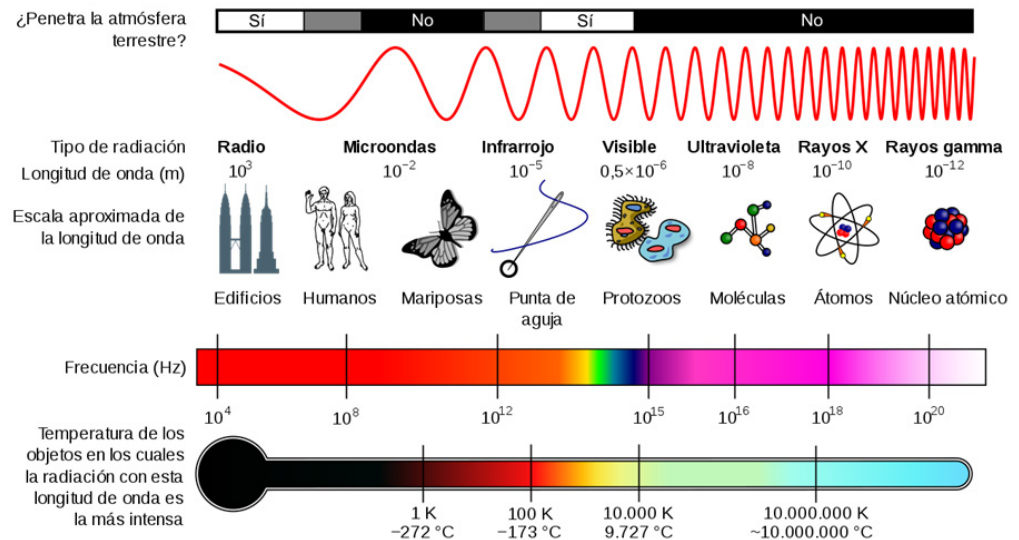
$$c = \lambda \nu$$

- No transportan sustancia, sino solamente energía.

Fig. 2. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es el conjunto formado por todos los tipos de ondas electromagnéticas.

Sin límites precisos, se clasifican en los siguientes grupos, dependiendo de su frecuencia o longitud (*Fig. 2*): rayos gamma, rayos X, rayos ultravioletas, luz visible, rayos infrarrojos, microondas, ondas radio.



TERMINOLOGÍA

- espectro: спектр
 onda transversal: напречна вълна
 propagación: разпространение
 propagarse: разпространявам се
 radiación ionizante: йонизиращо лъчение
 rayos gamma: гама лъчи
 rayos X: рентгенови лъчи

ACTIVIDADES

1. Ordena las ondas electromagnéticas según su longitud: *rayos X*, *microondas*, *luz roja*, *radioondas*, *rayos ultravioletas*
2. ¿Compara de qué depende la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas y las ondas mecánicas?
3. Determina la frecuencia de una onda de longitud 670 nm (la luz roja). La onda se propaga en vacío.
4. Visita la página <https://concepto.de/espectro-electromagnetico/> y resume los usos de las ondas del espectro electromagnético.
5. Busca información sobre la aplicación de los diferentes tipos de ondas electromagnéticas. Resume y ordena la información en una tabla.

Para saber más

Busca más información sobre la vida y las investigaciones de Hertz. ¿Por qué sus trabajos son tan importantes para el electromagnetismo?

Tema para comentar

Los seres vivos emiten ondas electromagnéticas.

15. A repasar: cuestiones y problemas de electromagnetismo

1. ¿Hay puntos alrededor de una carga eléctrica puntual con igual valor de la intensidad del campo eléctrico?
2. Observemos dos puntos que se encuentran a 20 cm y a 60 cm de una carga negativa que origina un campo electrostático. Representa el campo mediante líneas de fuerza y determina su sentido. ¿En cuál de los dos puntos la intensidad del campo es menor? Explica por qué.
3. Un electrón se mueve en sentido de un campo uniforme. Representa el caso en un esquema. Explica cómo va a cambiar la velocidad del electrón.
- 4 Lee la explicación dada en el Diccionario Oxford-Complutense de Física de un aparato muy conocido y utilizado. ¿De qué aparato se trata? Dibújalo utilizando la explicación.

La explicación dada en el diccionario	Tu dibujo
<p>“Dispositivo en el que un martillo operado electromagnéticamente golpea una campana. Presionando el pulsador, se cierra el circuito, iniciando un flujo de corriente desde la batería o transformador a través de un electroimán. El electroimán atrae un trozo de hierro dulce unido al martillo que golpea la campana y al mismo tiempo abre el circuito. El martillo vuelve a su posición original por medio de un resorte, cerrando el circuito y haciendo que el imán atraiga al hierro dulce otra vez. Este proceso continúa hasta que el pulsador sea soltado.”</p>	Empty space for the student's drawing

5. Un hilo metálico de 5 g de masa y de 20 cm de longitud, por el cual circula corriente, cuelga horizontalmente de dos cuerdas y se encuentra en un campo magnético uniforme de inducción 10 mT. Determina el valor y el sentido de la corriente para que la tensión de la cuerda sea igual a cero.
6. Un campo eléctrico uniforme de intensidad 10 kV/m se aplica en sentido Norte-Sur. En él entra un ion positivo, moviéndose perpendicularmente a las líneas de fuerza en sentido Este-Oeste con una velocidad de 10^5 m/s. Representa el caso en un esquema. ¿Cómo debe aplicarse un campo magnético para que el ion no cambie su trayectoria? Calcula la inducción del campo magnético que se va a aplicar.

7. En la tabla tienes enumeradas algunas de las aplicaciones del efecto acelerador del campo eléctrico. Busca información y rellena la tabla:

Aplicación	Tipo de partículas utilizadas	Esfera donde se utiliza	Voltaje aplicado (aproxim.)	¿Cómo se utiliza la energía de las cargas y en qué se convierte?
Tubo de rayos X				
Implantación iónica				
Purificación de gases				
Tecnologías de corte y soldadura mediante haces electrónicos				

8. Enumera aparatos en los que debe haber transformadores. Explica su papel en cada uno de los casos.

9. Un transformador reduce el voltaje de 120 V a 9 V. El arrollamiento secundario tiene 50 espiras y la corriente que pasa por él es 400 mA. Calcula el número de espiras del arrollamiento primario y la corriente que pasa por él.

10. Utiliza la información dada y determina cuáles de las ondas electromagnéticas tienen efecto ionizante y cuáles no:

- *Ondas que tienen pequeña frecuencia, no son perjudiciales para los organismos, pero dependiendo de su intensidad y tiempo de exposición pueden causar quemaduras, cansancio, irritaciones e indisposición, entre otros efectos. A este grupo pertenecen las ondas radio, las microondas, la luz visible y los rayos infrarrojos.*

- *Provocan transformaciones químicas en las células. Este efecto, por su parte, lleva a cambios en el funcionamiento de las células, del metabolismo, de la reproducción de los organismos, etc. La absorción de esta radiación es perjudicial. A ese grupo pertenecen la radiación ultravioleta, los rayos X y la radiación gamma. Los que están en contacto con estas radiaciones deben protegerse de las fuentes adecuadamente: mantenerse lo más lejos posible, utilizar la fuente durante el menor tiempo posible, utilizar blindaje de plomo, etc.*



PARTE II

LUZ

16. Propagación de la luz

La luz atrae la atención del ser humano desde tiempos remotos. Científicos antiguos como Euclides (330 – 265 a.C.) y Ptolomeo (100 – 170 d.C.) estudian propiedades físicas como la propagación rectilínea y la refracción, introducen el concepto de rayo, pero no pueden explicar correctamente la naturaleza y las causas de lo observado. En el siglo XVII Isaac Newton (1642 – 1727) alza la teoría que la luz es un chorro de partículas, conocida como teoría corpuscular a la que se opone el modelo ondulatorio, propuesto por Christiaan Huygens (1629 – 1695). Tienen que pasar dos siglos de trabajo de varios científicos para llegar, a principios del siglo XX, al entendimiento actual que **la luz es una onda electromagnética y tiene una naturaleza dual: en diferentes fenómenos presenta las propiedades de una onda o de un haz de partículas – fotones que son porciones de radiación electromagnética con cierta energía.**

Fig. 1. Propagación rectilínea de la luz y los rayos luminosos



Ya hemos aclarado que **la luz visible** es parte del espectro electromagnético con longitudes de ondas comprendidas **entre 400 nm y 700 nm**. En medios isótropos la luz se propaga rectilíneamente a velocidad constante que depende de las propiedades eléctricas y magnéticas de la sustancia (*Fig. 1*). La velocidad de la luz en vacío, designada con la letra c , tiene el valor aproximado de $c = 3 \cdot 10^8$ m/s y es la máxima posible tanto para el espectro visible, como para las otras ondas electromagnéticas. En cualquier otro medio, la velocidad es menor y se

suele designar con la letra u .

El cociente entre la velocidad de la luz en vacío y la velocidad en otro medio determina **el índice de refracción:**

$$n = \frac{c}{u}$$

Como todas las ondas, la luz se caracteriza también con frecuencia ν y longitud de la onda λ . La frecuencia depende de las características de la fuente y no cambia si la luz pasa de un medio a otro. Si una luz monocromática pasa de vacío donde su longitud es λ_0 a otro medio, cambia su longitud: $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$.

El sentido de propagación de la luz se representa mediante rayos luminosos que parten de la fuente. La onda tiene frentes que indican la posición de las crestas en un momento determinado. La distancia entre dos frentes consecutivos es igual a la longitud de la onda. Si la fuente luminosa está lejos del observador, no tomamos en cuenta sus dimensiones y la consideramos una fuente puntual. Las ondas emitidas por una fuente puntual son esféricas. Lejos de tal fuente las ondas son planas.

TERMINOLOGÍA

- espectro visible: видим спектър
- frente (*m.*) de la onda: фронт на вълната
- frente (*f.*) puntual: точков източник
- índice de refracción: показател на пречупване
- luz monocromática: монохроматична светлина
- rayo luminoso: светлинен лъч
- teoría corpuscular: корпускулярна теория
- cresta: гребен

ACTIVIDADES

1. Utiliza el esquema de la figura 2 e indica: la fuente, la longitud de la onda, el frente, los rayos luminosos. ¿Qué forma tiene el frente cerca de la fuente? ¿Y lejos de la fuente? Dibuja un frente plano. Para que te sea más fácil, recuerda lo estudiado en el 9º grado sobre las ondas mecánicas.

2. En la tabla tienes los índices de refracción de cuatro medios. Calcula la velocidad de una luz monocromática en cada uno de estos medios. ¿En qué medio la velocidad es menor? Toma $c = 3 \cdot 10^8$ m/s

Sustancia	Índice de refracción, n	Velocidad de la luz calculada, u m/s
aire	1,000	
agua	1,333	
cuarzo	1,544	
diamante	2,417	

3. Calcula las longitudes que va a tener una onda monocromática de frecuencia $5 \cdot 10^{14}$ Hz que se propaga en vacío, agua y cuarzo. Toma los datos necesarios del problema anterior.

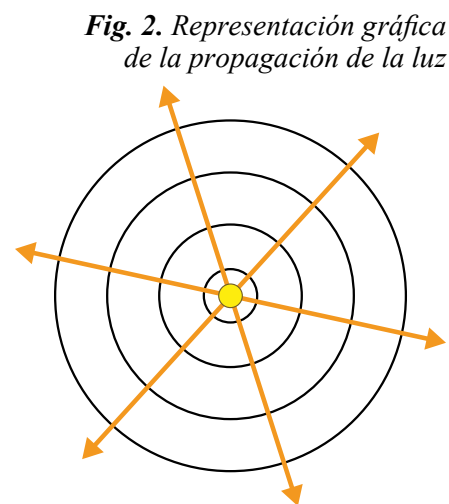


Fig. 2. Representación gráfica de la propagación de la luz

17. Reflexión y refracción de la luz

Observemos el caso cuando un rayo luminoso alcanza el límite de dos sustancias transparentes con índices de refracción n_1 y n_2 . Tal ejemplo tenemos si el rayo se propaga en el aire y alcanza la superficie de un lago. Una parte del **rayo incidente** vuelve hacia atrás y la otra parte entra en el agua. Se observan los fenómenos de **la reflexión y la refracción** (Fig. 1, 2, 3).

En la reflexión se cumplen las siguientes leyes:

- el ángulo de **incidencia** α_1 y de **reflexión** α_2 son **iguales**;
- el ángulo de **incidencia**, la **normal** y el ángulo de **reflexión** están en el **mismo plano**.

Fig. 1. Una superficie lisa refleja la luz en una sola dirección. Tenemos una reflexión especular o regular.



Durante la reflexión, el rayo luminoso no cambia su velocidad de propagación porque queda en el mismo medio. El rayo que entra en el segundo medio y se refracta cambia la velocidad de su propagación.

Fig. 2. Una superficie rugosa refleja los rayos en todas las direcciones. Tenemos una reflexión difusa



Las leyes de la refracción son:

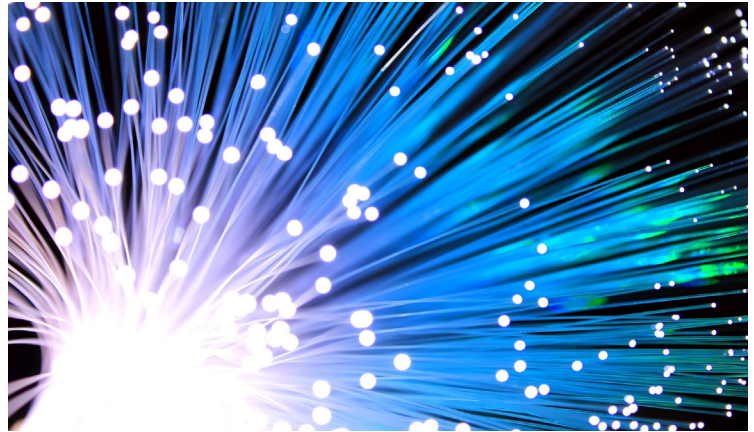
- el rayo **incidente**, el rayo **refractado** y la **normal** están en el **mismo plano**;
- **la ley de Snell** relaciona los senos de los ángulos de incidencia α_1 y de refracción α_2 y los índices de refracción de los dos medios. Según esta ley:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Fig. 3. La imagen de la cucharita es distorsionada por la refracción



Fig. 4. En las fibras ópticas se utiliza la reflexión total de la luz



Los experimentos demuestran que, si el rayo se propaga de **un medio con mayor índice de refracción (mayor densidad óptica) a un medio con menor índice de refracción (menor densidad óptica)**, por ejemplo, de agua al aire, el rayo refractado se aleja de la normal. Se alcanza un ángulo, denominado **ángulo límite α_{lim}** , cuando **el ángulo de refracción es 90°** . En este caso los rayos que inciden bajo ángulos $\alpha > \alpha_{lim}$ no entran en el otro medio y se observa el fenómeno de la **reflexión total**. Este fenómeno se utiliza en **las fibras ópticas** (Fig. 4). Sus aplicaciones son diversas: en las telecomunicaciones para transmitir grandes volúmenes de información; en la medicina como endoscopios; como sensores o elementos decorativos.

TERMINOLOGÍA

ángulo de incidencia: ъгъл на падане
ángulo límite: граничен ъгъл
reflejar: отразявам
reflexión: отражение
refracción: пречупване
refractar: пречупвам
reflexión especular: огледално отражение
reflexión difusa: дифузно отражение
reflexión total (interna): пълно вътрешно отражение
normal (f.): перпендикуляр
densidad óptica: оптична плътност
fibra óptica: оптично влакно

ACTIVIDADES

1. Utiliza el esquema que demuestra dos medios transparentes con índices de refracción $n_1 < n_2$ (Fig. 5) e indica en él: *la normal, el rayo incidente, el rayo reflejado, el rayo refractado, el ángulo de incidencia, el ángulo de reflexión, el ángulo de refracción.*
2. Utiliza el esquema de la figura 5 e indica cómo debe incidir un rayo para que se observe la reflexión total.
3. Visita la página del laboratorio virtual PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_es.html y experimenta con varios ángulos de incidencia y medios. Captura y guarda cuatro imágenes que demuestren las leyes de reflexión y refracción, incluso la reflexión total. Explica lo observado.

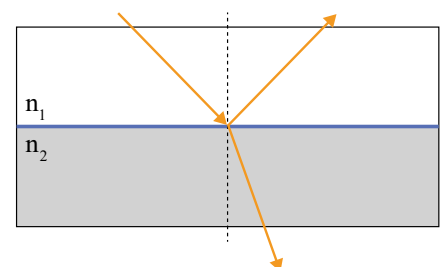


Fig. 5.

Tema para comentar

La fibra óptica revoluciona las comunicaciones.

18. Dispersión

Las ondas electromagnéticas se propagan en vacío con igual velocidad. Cuando penetran en otro medio transparente, cambia la velocidad según la longitud y, por consiguiente, cambia el índice de refracción.

Fig. 1. El arco iris es ejemplo de la dispersión de la luz

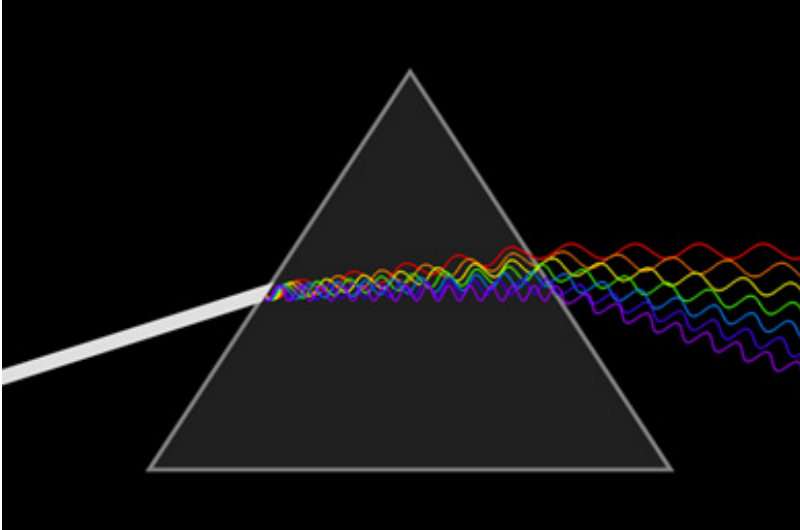


De manera experimental se ha determinado que el índice de refracción disminuye al aumentar la longitud de la onda en vacío.

La dispersión es la dependencia entre el índice de refracción n y la longitud de la onda λ_0 en vacío: $n(\lambda_0)$.

Observando el paso de una luz blanca por un prisma, se nota que al atravesar el prisma los rayos se separan y se desvían de su sentido inicial según su color: la luz roja tiene menor índice de refracción y menor desviación de su

Fig. 2. Dispersión de luz blanca



(Fig. 2). Sobre una pantalla se va a observar el espectro de la luz blanca – los siete colores aparecen siempre en el mismo orden: rojo, anaranjado, amarillo, verde, celeste, azul y violeta.

El fenómeno de la dispersión tiene varias aplicaciones. Se han construido dispositivos, llamados **espectrómetros**, mediante los cuales se registran las ondas emitidas por el objeto estudiado. **La espectroscopia** es una rama de la ciencia que analiza las longitudes de estas ondas y así se determinan varias características como la estructura interna, la

temperatura y la composición química.

TERMINOLOGÍA

dispersión: дисперсия

prisma: призма

espectrómetro: спектрометр

espectroscopia: спектроскопия

Fig. 3. Diamante

ACTIVIDADES

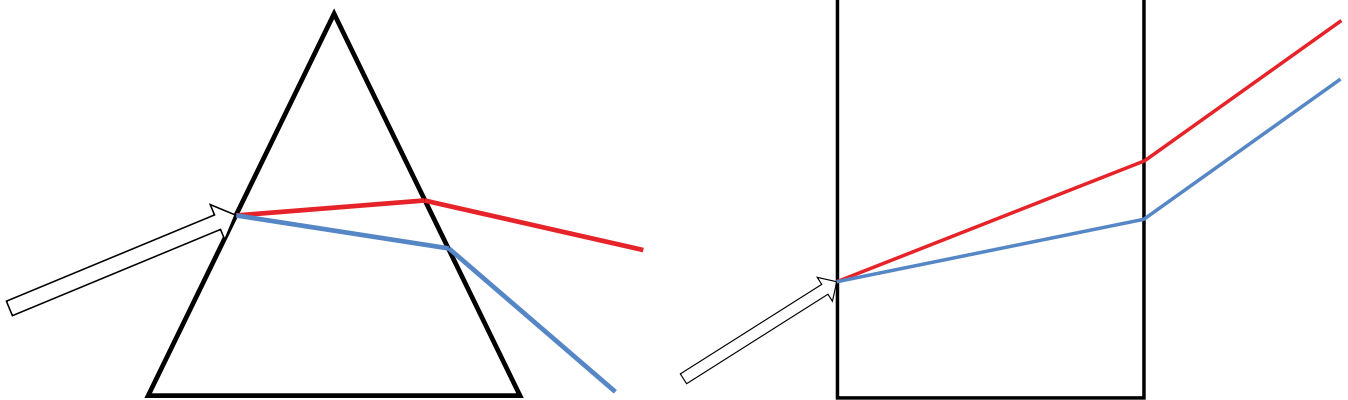
1. Los diamantes y las otras piedras preciosas utilizadas en la industria joyera tienen muchas caras y brillan con todos los colores del espectro al ser iluminados por luz blanca (Fig. 3). ¿Cuál es la causa?

2. Experiencia casera: inventa una manera para demostrar la reflexión total. Puedes servirte del vídeo https://www.youtube.com/watch?v=_CGrqkdbbqQ y repetir el experimento que está dado. Explica lo observado.

3. ¿Por qué hay una diferencia en lo que se observa cuando un rayo de luz blanca incide y atraviesa un prisma triangular y cuando el mismo rayo atraviesa un prisma rectangular de caras paralelas (Fig. 4)? ¿En qué consiste la diferencia? Para responder puedes servirte del vídeo y la explicación que presenta. https://www.youtube.com/watch?v=_eYGEh0YiWM



Fig. 4. Prismas



4. Explica la formación del arco iris. Busca información en internet. Puedes utilizar el esquema en la página web <https://www.fisicalab.com/apartado/dispersion-luz>

5. Un vídeo con la explicación de la dispersión puedes encontrar aquí: <https://www.youtube.com/watch?v=8becW9uWHTs>. Resume lo que se presenta.

Para saber más

Busca información quién introduce el término *espectro de la luz* y qué experimentos hace.

Puedes usar el vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=n2s-slAy5wfm>.

Tema para comentar

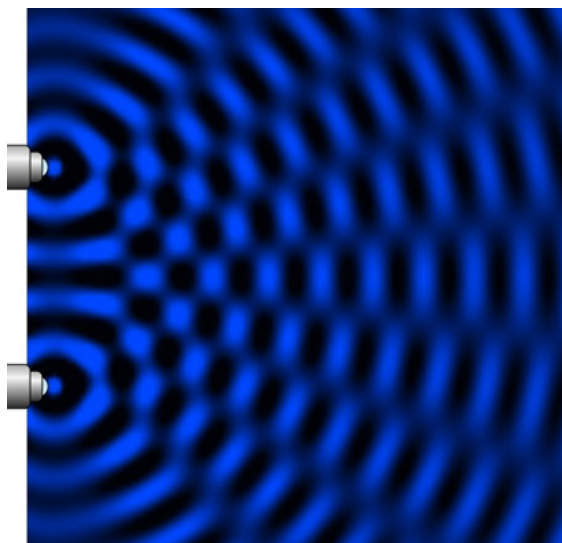
¡Las maravillas de la naturaleza! Los colores que ve la abeja se diferencian de los que ve el hombre.

19. Interferencia y difracción

En este tema vamos a estudiar dos fenómenos que son típicos para las ondas, tanto electromagnéticas como mecánicas, cuando se cumplen ciertas condiciones.

Observemos primero el caso cuando en un medio se **propagan simultáneamente dos ondas electromagnéticas** que tienen la **misma frecuencia y la misma velocidad de propagación**. Si se observan los puntos a los que llegan las ondas, se ve un **cuadro simétrico de franjas iluminadas y oscuras** (Fig. 1)¹. Las ondas se superponen y se observa **el fenómeno de la interferencia**.

Fig. 1. Interferencia de dos ondas



- En las franjas iluminadas la amplitud de las dos ondas se suma y la amplitud resultante aumenta. Es la **interferencia constructiva**.

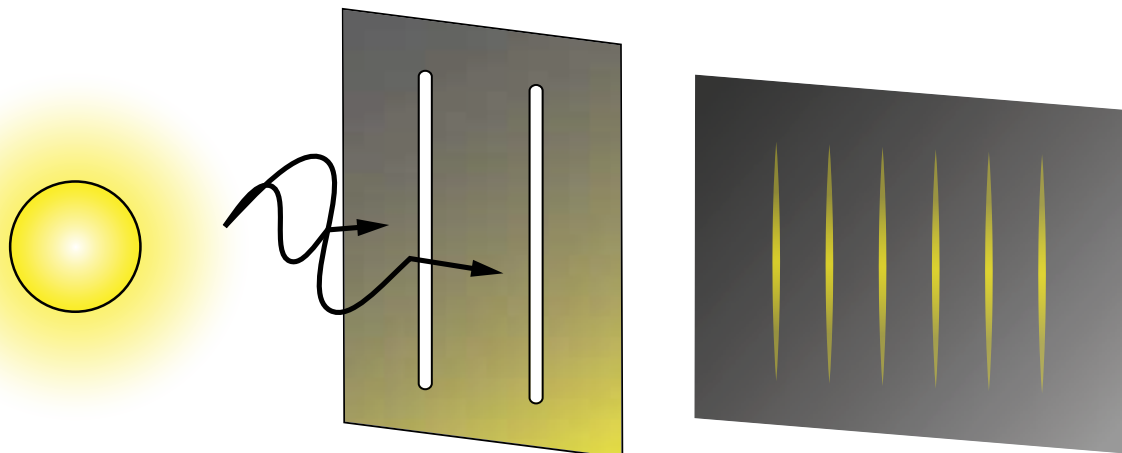
- En las franjas oscuras la amplitud de las dos ondas se resta y la amplitud resultante disminuye. Es la **interferencia destructiva**.

Los máximos de interferencia tenemos en los puntos cuya diferencia de distancias a los focos emisores es $\Delta r = r_2 - r_1 = m\lambda$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$.

Los mínimos de interferencia tenemos en los puntos cuya diferencia de distancias a los focos emisores es $\Delta r = r_2 - r_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Por primera vez este fenómeno lo observó el físico inglés Thomas Young (1773 – 1829) en el año 1801 y así demostró la naturaleza ondulatoria de la luz. En su experimento Young utilizó un haz estrecho, lo dividió en dos haces mediante dos rendijas y sobre una pantalla proyectó el cuadro (Fig. 2). Observó zonas de iluminación y oscuridad alternantes.

Fig. 2. Experimento de Young



¹ https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_en.html

El otro fenómeno es **la difracción**. Para que se observe este fenómeno **la onda tiene que pasar por un orificio comparable con su longitud o bordear un obstáculo**. Se nota en este caso que **la onda se desvía de su propagación rectilínea detrás del borde o del obstáculo** (Fig. 3). Se forman franjas iluminadas y oscuras y figuras que no son iguales a la figura original y son causadas por la interferencia de las ondas tras la abertura. La difracción se observa mediante **rejillas de difracción** que tienen un **conjunto de rendijas de separación d** por los cuales pasa la luz.

Si sobre la rejilla incide una **luz blanca**, cada uno de los colores difracta y forma su propio cuadro de difracción. De tal manera, al atravesar la rendija o al reflejarse en ella, la luz blanca se descompone y forma **espectros de difracción**. El papel de una rejilla reflectora puede desempeñar un CD que tiene aproximadamente 650 líneas/mm o el DVD con 1200 líneas/mm (Fig. 4). La difracción por una abertura se puede ver en la figura 5².

La **explicación** de estos fenómenos se hace a partir del **principio de Huygens**, enunciado en el año 1678. Según este método geométrico:

- Cada punto de un frente de ondas se comporta como un foco de ondas secundarias. La velocidad de propagación y la frecuencia de estas ondas secundarias son las mismas que las de la onda original.
- La superficie tangente a todas las ondas secundarias en un determinado instante es el siguiente frente de ondas.

TERMINOLOGÍA

cuadro de difracción: дифракционна картина

difracción: дифракция

doble rendija: решетка с два процепа

separación entre las rendijas: разстояние между процепите = константа на дифракционната решетка

espectros de difracción: дифракционен спектър

foco de ondas secundarias: източник на вторични вълни

interferencia: интерференция

interferencia constructiva: усиление на трептенето

interferencia destructiva: отслабване на трептенето

máximo de interferencia: интерференчен максимум

mínimo de interferencia: интерференчен минимум

rejilla: решетка

rendija: процеп

tangente: допирателна

Fig. 3. Difracción producida por un láser rojo sobre una rendija estrecha

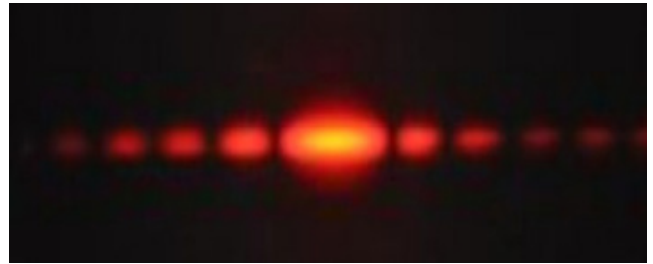
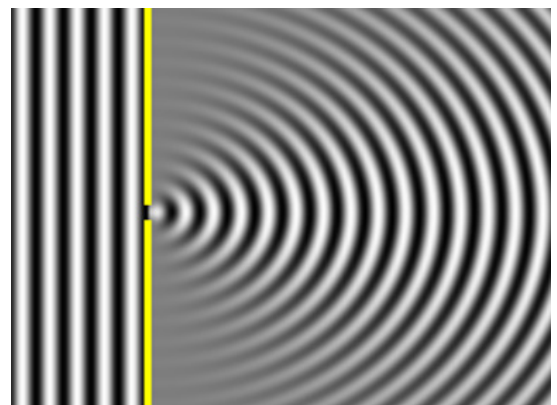


Fig. 4. Difracción de la luz blanca por un disco



Fig. 5. Difracción por una abertura pequeña



² <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wavelength%3Dslitwidth.gif>

ACTIVIDADES

Fig. 6. Burbujas de jabón



1. Compara los fenómenos de la interferencia y la difracción. Enumera algunas diferencias y algunas semejanzas.

2. Observa la imagen formada por burbujas de jabón (*Fig. 6*). Busca información y explica por qué vemos colores.

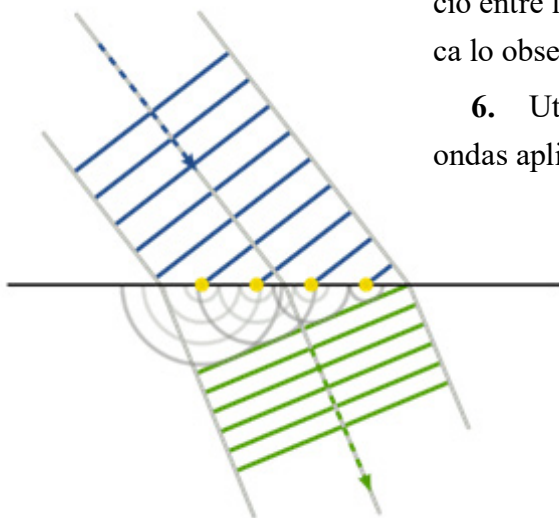
3. Después de ver el vídeo que presenta el experimento de Young, explica en qué consiste y por qué es tan importante en la física este experimento. <https://www.youtube.com/watch?v=F5uuAQprw84>

4. Visita la página del laboratorio virtual PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_es.html. Observa la interferencia de ondas electromagnéticas cambiando la anchura de la ranura, el número de las ranuras, la longitud de la luz. Captura y guarda tres o cuatro imágenes. Explica lo observado.

5. Visita la página del laboratorio virtual PhET https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_es.html. Observa la difracción de ondas electromagnéticas en varias situaciones. Cambia la longitud de la onda, el diámetro, el desorden y el espacio entre los círculos. Captura y guarda tres o cuatro imágenes. Explica lo observado.

6. Utiliza el esquema³ de la *figura 7* y explica la refracción de las ondas aplicando el principio de Huygens.

Fig. 7. Refracción de una onda



Tema para comentar

No se puede observar interferencia de dos ondas si las fuentes luminosas son dos lámparas en nuestra sala de estar.

Para saber más

Busca información sobre los efectos negativos de la difracción. ¿Qué esferas se ven afectadas?

³ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Refraction_-_Huygens-Fresnel_principle.svg

20. Radiación térmica de los cuerpos

Los cuerpos emiten ondas electromagnéticas constantemente a todas temperaturas. El estudio cómo se realiza y de qué depende la emisión se efectúa a través del **modelo de cuerpo negro**. Es un modelo físico de cuerpo que **absorbe toda la radiación electromagnética** que alcanza y después irradia todas las longitudes de ondas formando un espectro continuo (Fig. 1)⁴. Se determinó que la energía electromagnética desprendida por el cuerpo negro depende de la temperatura absoluta T y de la longitud de la onda λ . Los cuerpos más calentados desprenden luz azul – blanca mientras que estos de menor temperatura, emiten luz de color rojo, incluso hay cuerpos cuya radiación está en la parte infrarroja del espectro. Los experimentos a finales del siglo XIX demostraron que:

- para cada temperatura T existe una longitud de onda λ a la que la energía desprendida es máxima;
- si aumenta la temperatura, la máxima radiación se alcanza a longitudes menores.

Los resultados encontraron su expresión matemática en dos leyes.

Ley de Wien. El producto de la longitud de onda en la que la energía irradiada por un cuerpo negro es máxima y la temperatura absoluta es constante.

$$\lambda_{MAX}T = 2,897 \cdot 10^{-3} \text{ mK} = \text{constante}$$

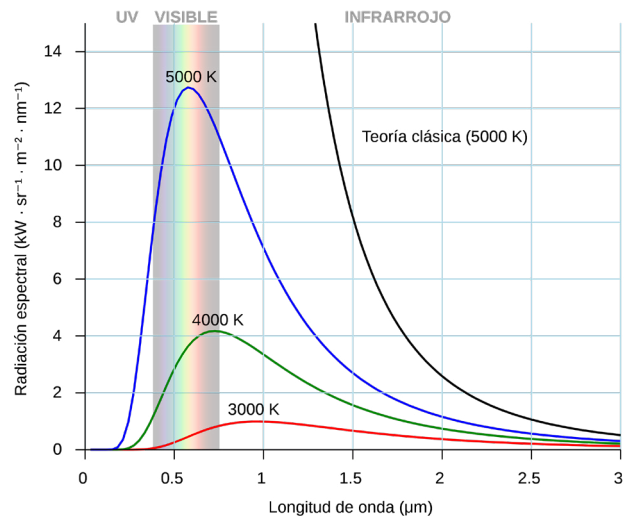
Ley de Stefan. La potencia de la emisión de un cuerpo negro es directamente proporcional a su área y la cuarta potencia de la temperatura absoluta.

Con la letra σ se designa una constante, llamada constante de Stefan. Su valor es $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

$$P = \sigma ST^4$$

Estas leyes no podían ser explicadas mediante la teoría electromagnética de Maxwell y los científicos se dieron cuenta de que era necesario introducir nuevos conceptos. El primero que se atrevió a hacerlo fue el físico alemán Max Planck.

Fig. 1. Emisión de un cuerpo negro



⁴ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_body_es.svg

TERMINOLOGÍA

espectro continuo: непрекъснат спектър

irradiar: излъчвам

luz azul-blanca: синкаво-бяла светлина

modelo de cuerpo negro: модел черно тяло

potencia: степен (мат.); мощност

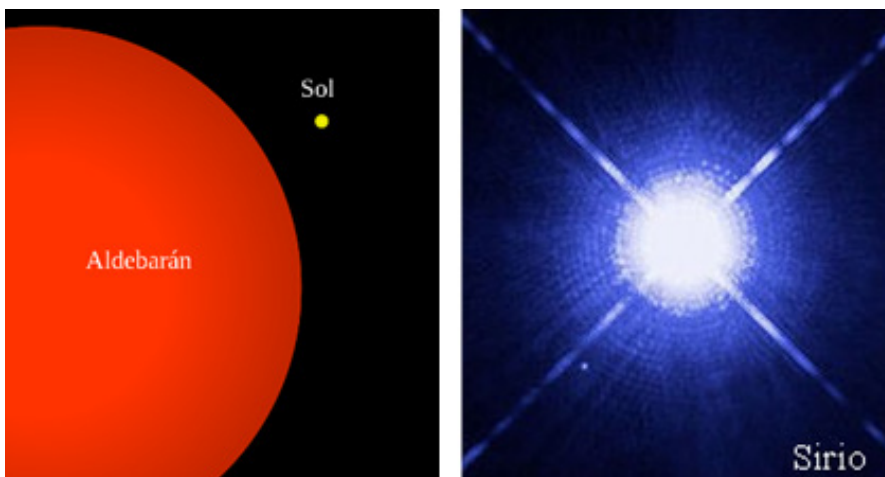
radiación térmica = emisión térmica: топлинно излъчване

temperatura absoluta: температура, измерена в градуси Келвин

ACTIVIDADES

1. Una estrella tiene el valor máximo de su radiación $\lambda_{\text{max}} = 400 \text{ nm}$. Determina su temperatura absoluta.
2. La temperatura de un cuerpo negro cambia de 7°C a 37°C . ¿Cuántas veces cambia la potencia de su radiación?
3. Una pieza metálica está calentada a 1500°C . ¿Qué longitud tiene la onda emitida? Considera la emisión de la pieza como si fuese la de un cuerpo negro.
4. Explica a qué se deben los distintos colores de los cuerpos.
5. Observa las imágenes de las estrellas Aldebarán (gigante naranja), Sirio (estrella binaria blanca) y el Sol (enana amarilla) y determina cómo se ordenan según sus temperaturas absolutas superficiales. Apoya con argumentos tu respuesta (*Fig. 2*)⁵.
6. La temperatura absoluta de un cuerpo aumenta tres veces. ¿Cuántas veces cambia la potencia de su emisión? Consideramos que se trata de un cuerpo negro.
7. El área de un cuerpo aumenta tres veces. ¿Cuántas veces cambia la potencia de su emisión? Consideramos que se trata de un cuerpo negro.

Fig. 2.



⁵ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sirius_A_and_B_Hubble_photo.jpg

21. Efecto fotoeléctrico. Fotones

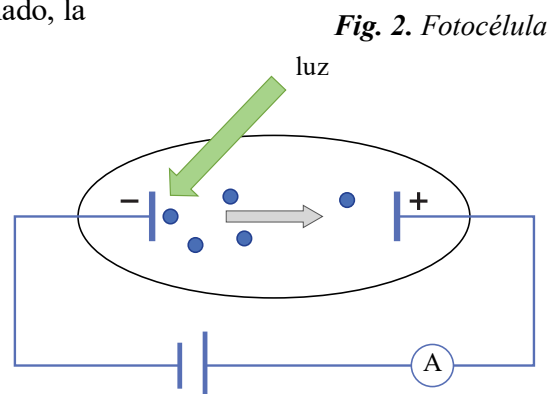
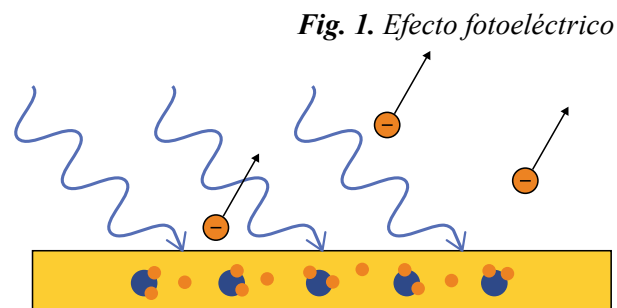
El **efecto fotoeléctrico** fue descubierto por el físico alemán Heinrich Hertz en el año 1887. Él observó que después de ser iluminada una placa metálica, de su superficie se desprenden electrones (*Fig. 1*).

Las particularidades de este fenómeno se investigan mediante la **fotocélula** (*Fig. 2*). En un tubo de vacío hay dos electrodos (ánodo y cátodo) y un voltaje aplicado entre ellos. Así se forma un circuito eléctrico. Se conecta en el circuito un amperímetro sensible y mediante él se determina la corriente que circula. Si no se ilumina el cátodo, de él no se desprenden electrones y por el circuito no pasa corriente. Si el metal se ilumina, se desprenden electrones que se dirigen hacia al ánodo y por el circuito pasa una corriente eléctrica.

Los experimentos demuestran que al aumentar el voltaje aplicado aumenta la corriente que circula. Si se alcanza un voltaje determinado, la corriente ya no aumenta más porque todos los electrones que se desprenden por unidad de tiempo llegan hasta el ánodo: es la corriente de saturación. Se observa que la **corriente de saturación** crece si aumenta la intensidad de la luz. Es así porque cuanto más intensa es la luz, más electrones se desprenden por unidad de tiempo. Si cambia el sentido del voltaje aplicado, sobre los electrones actúa una fuerza eléctrica que impide su movimiento hacia el ánodo. Solo los electrones con mayor energía cinética pueden alcanzar el ánodo y la corriente disminuye. Si se alcanza un voltaje determinado, denominado **voltaje de retardo**, la corriente cesa.

Este fenómeno tiene las siguientes características principales:

- El número de los electrones desprendidos por unidad de tiempo es directamente proporcional a la intensidad de la luz monocromática que ilumina el metal.
- Para cada metal existe una frecuencia mínima ν_{\min} por debajo de la cual no se desprenden electrones no importa la intensidad de la luz. De la fórmula $c = \lambda\nu$ podemos deducir que para cada metal existe una longitud de onda máxima λ_{\max} por encima de la cual no se desprenden electrones.
- La energía cinética máxima de los electrones desprendidos no depende de la intensidad de la luz sino de su frecuencia en una relación lineal.
- Los electrones empiezan a desprenderse casi inmediatamente después de la iluminación, incluso cuando la intensidad de luz es baja.



A finales del siglo XIX los científicos se dieron cuenta de que estas particularidades no se podían explicar mediante la teoría electromagnética.

En 1905 Albert Einstein dio una explicación correcta a este fenómeno. Einstein desarrolló la hipótesis de Max Planck que la **energía electromagnética** no solo se emite sino también se absorbe en **porciones**, denominados **cuantos** o **fotones** (en el caso de la luz).

Los **fotones** se propagan con la velocidad de la luz, no se pueden detener y tienen energía E que es directamente proporcional a la frecuencia ν de la onda electromagnética. Su energía se calcula mediante la fórmula propuesta por Planck en el año 1901:

$$E = h\nu$$

donde $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ se denomina **constante de Planck** y ν es la frecuencia de la onda.

Los fotones se parecen a las partículas porque tienen una energía determinada y siempre se emiten y se absorben un número entero de fotones.

El trabajo necesario para que un electrón abandone el metal es diferente según la sustancia y se conoce como **trabajo de extracción** A_e .

La fórmula que une las magnitudes que expresa la ley de conservación de la energía es:

$$h\nu = A_e + E_{cin\ max}$$

Esta fórmula se conoce bajo el nombre de **ecuación de Einstein para el efecto fotoeléctrico**.

Einstein explicó las particularidades del efecto fotoeléctrico de la siguiente manera:

- Un electrón absorbe solamente un fotón; el proceso es muy rápido, por lo cual el efecto fotoeléctrico aparece inmediatamente después de la iluminación.
- El número de los fotones que alcanzan la superficie del metal por unidad de tiempo es directamente proporcional a la intensidad de la luz. Cuanto mayor es el número de los fotones, mayor es el número de los electrones que los absorben y se desprenden del metal.

- Si $h\nu < A_e$, no se observa efecto fotoeléctrico porque la energía del fotón no es suficiente. La frecuencia mínima del fotón por debajo de la cual no se observa el efecto fotoeléctrico es $h\nu = A_e$. Por consiguiente, la longitud máxima por encima de la cual tampoco se observa el efecto fotoeléctrico es $\lambda_{max} = \frac{c}{\nu_{min}} = \frac{ch}{A_e}$

- De la ecuación de Einstein se deduce que la $E_{cin\ max}$ depende de la frecuencia del fotón de manera lineal.

Los trabajos de Einstein y Planck impulsaron el entendimiento de los procesos subatómicos y el desarrollo de la física cuántica.

TERMINOLOGÍA

corriente de saturación: ток на насищане

cuanto: квант

efecto fotoeléctrico: фотоефект

fotocélula: фотоклетка

fotón: фотон

trabajo de extracción: отделителна работа

tubo de vacío = válvula de vacío: вакуумна тръба

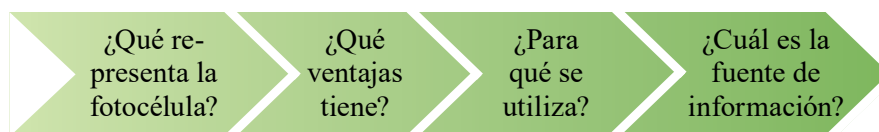
voltaje de retardo: спиречно напрежение

ACTIVIDADES

1. En la tabla tienes los trabajos de extracción de tres metales. Utiliza los datos y calcula la longitud máxima y la frecuencia mínima de la onda para que se observe un efecto fotoeléctrico. Toma $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Sustancia	Trabajo de extracción, eV	Longitud máxima, nm	Frecuencia mínima, Hz
potasio	1,75		
aluminio	4,08		
platino	6,35		

2. Busca información sobre la fotocélula. Organiza y presenta la información de la siguiente manera:



3. Calcula la energía de un fotón de frecuencia $4 \cdot 10^{14}$ Hz. Transforma esta energía en electronvoltios.

Tema para comentar

A diferencia de los electrones, los fotones no se pueden detener.

22. A repasar: cuestiones y problemas de óptica

1. El Sol se considera un cuerpo negro a temperatura 5800 K. ¿A qué longitud de onda la energía irradiada es máxima?

2. La longitud máxima de onda de un metal es 360 nm. Determina la frecuencia mínima de la luz necesaria para causar efecto fotoeléctrico. ¿Va a causar efecto fotoeléctrico una onda de frecuencia 10^{10} Hz?

3. Una célula fotoeléctrica se ilumina con una luz de longitud 500 nm y el trabajo de extracción del metal del cátodo es de 2 eV. ¿Habrá efecto fotoeléctrico con esta luz?

4. Determina el índice de refracción de un medio en el cual una luz monocromática se propaga con una velocidad igual a $0,6 \cdot 10^8$ m/s. Toma $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

5. Calcula el ángulo de incidencia de una luz monocromática para que el rayo reflejado y el rayo refractado sean perpendiculares.

6. ¿Cuántas veces va a cambiar la potencia de la radiación de un cuerpo negro si su área aumenta dos veces y la temperatura absoluta disminuye 2 veces?

7. Explica los fenómenos presentados en las imágenes (*Fig. 1*).

Fig. 1.



8. Utiliza las explicaciones en cuanto a los fotones y el efecto fotoeléctrico y responde:

a) ¿Por qué la cantidad de los electrones emitidos depende de la intensidad de la luz con que se ilumina la superficie del metal?

b) ¿Por qué la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la luz?

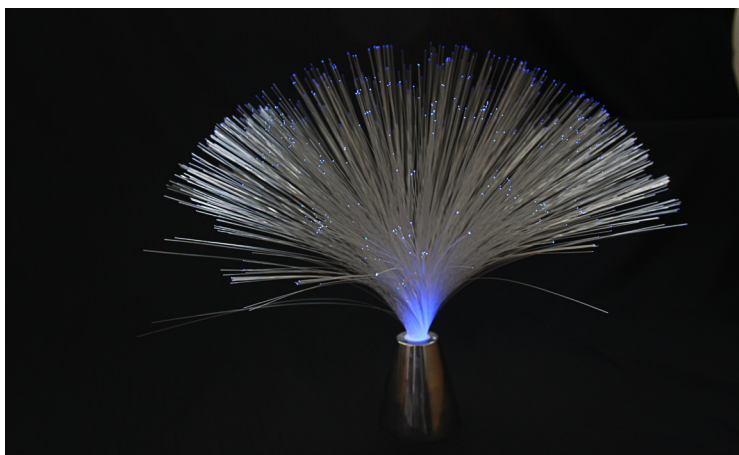
9. Prepárate para presentar. Escoge un tema, busca información, resume y presenta lo que consideres interesante. No te olvides de citar la fuente de información.

Las fibras ópticas. Sus características y aplicaciones ¿De qué material se elaboran?

El espejismo. ¿Qué representa este fenómeno? ¿En qué condiciones se observa?

La espectroscopia. Da ejemplos de esferas en que se utiliza.

10. Escribe un breve comentario relacionado con cada una de las imágenes y los fenómenos que presentan.



PARTE III

DEL ÁTOMO AL COSMOS

23. Propiedades ondulatorias de las partículas

El estudio de diferentes fenómenos naturales indica que los objetos pueden presentar dos tipos de propiedades: de partículas o de ondas. Por una parte, los fotones poseen cierta energía $E = h\nu$, se absorben y emiten en porciones enteras y, por otra, se caracterizan a través de la longitud de onda y participan en los fenómenos ondulatorios como la interferencia y la difracción.

Los científicos admiten la simetría y lógicamente aceptan la posibilidad que **las partículas, por su parte, presentan propiedades ondulatorias**. El físico francés Louis de Broglie alzó esta hipótesis y calculó la longitud de onda que debería corresponder a las partículas.

Según sus cálculos, cuando una partícula de masa m se mueve con una velocidad v , a ella se refiere una longitud de onda igual a

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

La longitud de la onda calculada de esta manera se conoce bajo el nombre de **onda de De Broglie**.

En 1927 los físicos estadounidenses Clinton Davisson y Lester Germer comprobaron experimentalmente esta hipótesis para los electrones. Ellos observaron la **difracción de electrones** y calcularon la longitud de la onda que corresponde a la onda difractada. Esta longitud coincidió con los cálculos de Louis de Broglie. Más tarde se observaron difracciones de neutrones y de núcleos de helio.

Una de las particularidades de la difracción de partículas es que la rejilla de difracción puede ser solo una red cristalina. Es así porque en el caso de partículas, las longitudes de las ondas son del orden de la distancia entre los átomos y no se puede elaborar otra rejilla adecuada.

Los descubrimientos mencionados demuestran que en **condiciones determinadas el mismo objeto puede demostrar propiedades ondulatorias o propiedades corpusculares**. Este hecho es uno de los principios de la física cuántica.

TERMINOLOGÍA

onda de De Broglie: вълна на дьо Бройл

24. Estructura del átomo

En la primera década del siglo XX quedó claro que el átomo tiene una estructura interna. Se acumularon datos y se formularon preguntas que necesitaban una explicación: los espectros de emisión y absorción del átomo del hidrógeno, la estabilidad del átomo, la falta de irradiación continua de energía, la distribución de los electrones. Entre los científicos destacó el nombre del físico danés Niels Bohr que presentó en el año 1913 un modelo cuántico del átomo de hidrógeno lo que resultó un modelo revolucionario. Posteriormente las ideas de Bohr se desarrollaron para átomos con más de un electrón. **Según el conocimiento actual:**

- La energía del átomo tiene **valores determinados**. Cada uno de estos valores caracteriza un **estado cuántico**, denominado también **nivel energético**. El estado de menor energía es el básico y los demás son **estados excitados**.

- En condiciones normales el átomo se encuentra en su **estado básico** y pasa a otro estado cuando recibe energía. Dentro de muy poco tiempo el átomo emite la energía absorbida volviendo a su estado básico o a otro estado de menor energía.

- **El átomo absorbe o emite energía en cuantos**. El cambio de la energía $E_2 - E_1$ corresponde a una transición de un nivel energético a otro (Fig. 1).

Mediante estas afirmaciones **se explican los espectros de emisión y absorción del hidrógeno, la radiación de un cuerpo negro, el funcionamiento de los láseres, la luminiscencia, etc.**

TERMINOLOGÍA

estado básico: основно състояние

estado cuántico: квантово състояние – състояние с точно определена енергия

estado excitado: възбудено състояние

luminiscencia: луминисценция

nivel energético: енергетично ниво

ACTIVIDADES

1. ¿Por qué es difícil la observación de una difracción de electrones?
2. ¿Qué representa la onda de De Broglie?
3. ¿Cuándo los átomos no emiten energía?
4. Compara los espectros de absorción y de emisión del hidrógeno (Fig. 2)⁶. ¿Qué conclusiones se pueden hacer?

Fig. 1. Absorción y emisión de energía por el átomo. Un electrón absorbe un cuanto de energía

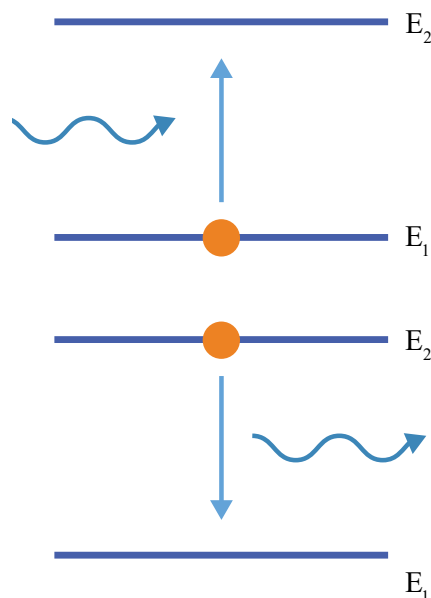
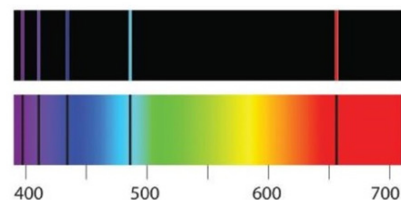


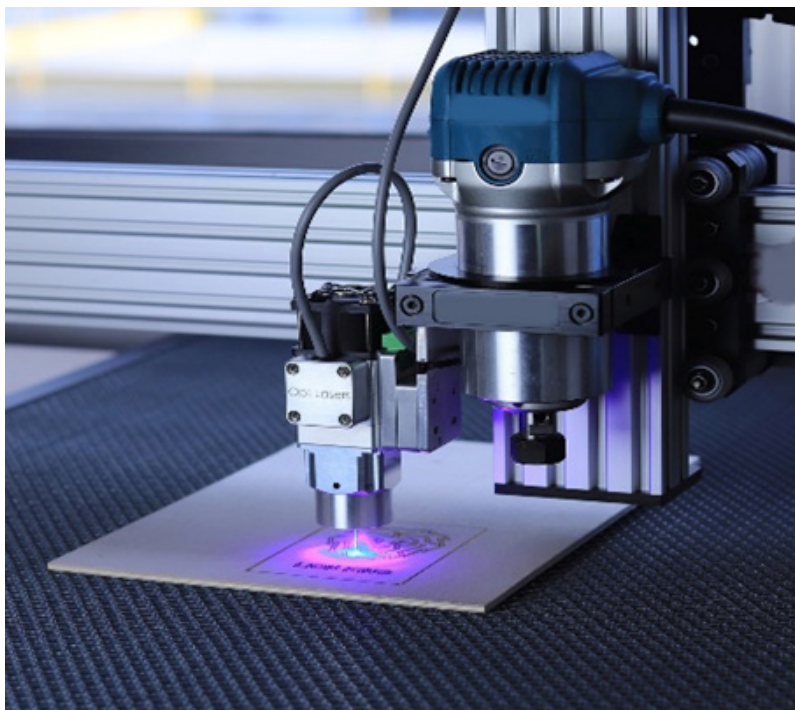
Fig. 2. Espectros de emisión y absorción del hidrógeno



⁶ [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_Chemistry_-_The_Central_Science_\(Brown_et_al.\)/06._Electronic_Structure_of_Atoms/6.3%3A_Line_Spectra_and_the_Bohr_Model](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_Chemistry_-_The_Central_Science_(Brown_et_al.)/06._Electronic_Structure_of_Atoms/6.3%3A_Line_Spectra_and_the_Bohr_Model)

25. Láseres

Fig. 1. Los láseres en la industria



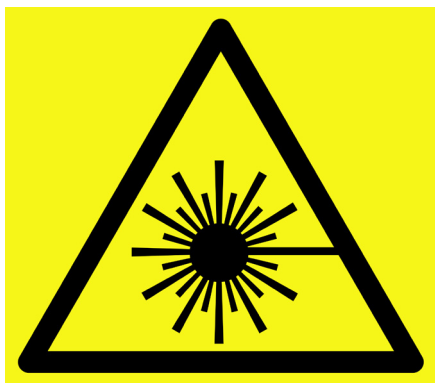
La **transición** de un átomo de un nivel de energía a otro, es un proceso espontáneo y por eso los cuantos emitidos tienen diferentes frecuencias y sentidos. De tal manera las fuentes luminosas emiten un conjunto de frecuencias. La **emisión** que se realiza en este caso es **espontánea**. Otra posibilidad, que se realiza en los láseres, es la **emisión estimulada**: todos los fotones tienen igual frecuencia y sentido y la onda emitida es monocromática.

Los láseres son fuentes de energía electromagnética monocromática que utilizan emisión estimulada para amplificar la luz.

Las características principales de los rayos láser son: haz enfocado, luz monocromática, gran intensidad del rayo, gran

variedad de potencias (Fig. 2), (Fig. 3)⁷.

Fig. 2. Símbolo "Radiación láser"



Cada láser se compone de un medio activo, una fuente externa de bombeo (fuente de energía) y un resonador.

Para que se realice la emisión de un rayo láser es necesario:

- Tener un **medio activo**. Es la sustancia que emite el rayo láser. Puede ser una sustancia sólida, una mezcla de gases o un líquido. De esta sustancia se determina la potencia del láser y la longitud de la onda emitida.

- Asegurar una **inversión de población**. Esto significa tener la mayoría de los átomos en un nivel energético más alto que en el nivel básico.

- Tener una **fuentes de bombeo**. Mediante la energía introducida se provoca la excitación de los átomos y se mantiene la inversión de población. La energía se puede introducir con la ayuda de un campo eléctrico o una lámpara flash.

- Tener una **emisión estimulada**. Se consigue cuando fotones emitidos provocan la emisión de otros fotones con la misma energía y en el mismo sentido.

- Tener un **resonador**. Es un conjunto de dos espejos paralelos. Entre ellos se encuentra el medio activo. Uno de los espejos es **parcial-**

Fig. 3. Tarjeta informativa



⁷ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laser_label_2.jpg

mente reflectante y por él sale el rayo láser generado. El otro refleja totalmente y asegura que los fotones pasen por el medio activo varias veces y estimulen la emisión de otros fotones.

Los láseres tienen numerosas aplicaciones: la impresora láser, el corte de metal y de madera; en la medicina, la cosmética, la dermatología, la comunicación, los sistemas de seguridad, la industria textil; para escanear códigos de barra, medir distancias, producir efectos visuales, y muchas más (Fig. 1), (Fig. 4).

Fig. 4. Efectos visuales mediante láseres



TERMINOLOGÍA

amplificar: усиливам

emisión espontánea: спонтанно излъчване

emisión estimulada: принудено (стимулирано) излъчване

fuelle de bombeo: източник за напompване

lámpara flash: светкавица

medio activo = medio láser activo: активна среда

parcialmente reflectante: частично отразяващ

inversión de población: инверсна населеност

GaAs (arseniuro de galio): галиев арсенид

Nd: YAG (neodimio-YAG): итриев алуминиев гранат, легиран с неодим

ACTIVIDADES

1. Compara la luz emitida por una lámpara de incandescencia y un láser. ¿Cuáles son las diferencias principales?
2. ¿Para qué sirve el medio activo en los láseres?
3. Busca información sobre la longitud de onda emitida, la potencia y la aplicación de los medios activos: GaAs (arseniuro de galio), Nd: YAG (neodimio-YAG), CO₂ (dióxido de carbono), Ar (argón), Kr (kriptón), HeNe (helio-neón). Resume la información en una tabla.
4. Escoge una aplicación concreta de los láseres, busca información y preséntala ante tus compañeros de clase. Sigue las pautas:

¿Cuál es la aplicación? Un esquema, si lo hay

¿Qué láser se utiliza?

¿Qué ventajas tiene?

¿Se aplica en Bulgaria?

¿Cuál es la fuente de información?

26. Rayos X

Los rayos X son parte del espectro electromagnético. Tienen una longitud de onda en el intervalo entre 10nm y 10^{-3}nm , poseen alta energía y pertenecen al grupo de las radiaciones ionizantes. El efecto ionizante los hace peligrosos para los seres y cuando se trabaja con ellos siempre se toman medidas de precaución. El físico alemán Wilhelm Roentgen descubrió estas ondas en el año 1895 y, en 1901, fue el primer físico galardonado con el Premio Nobel por este descubrimiento.

Emisores naturales de rayos X son algunas estrellas. En laboratorios y hospitales se utilizan tubos de rayos X. Son **tubos de vacío** en los cuales están introducidos dos electrodos: el cátodo (polo negativo) y ánodo (polo positivo). Entre ellos se aplica alto voltaje del orden de $50\text{--}60\text{kV}$. Del cátodo se emiten electrones que se aceleran por el campo eléctrico hacia el ánodo. Al ser bombardeado el ánodo con estos electrones de alta energía, la sustancia absorbe su energía y emite los rayos X (Fig. 1). Como gran parte de la energía se convierte en calor, el ánodo tiene que ser enfriado constantemente.

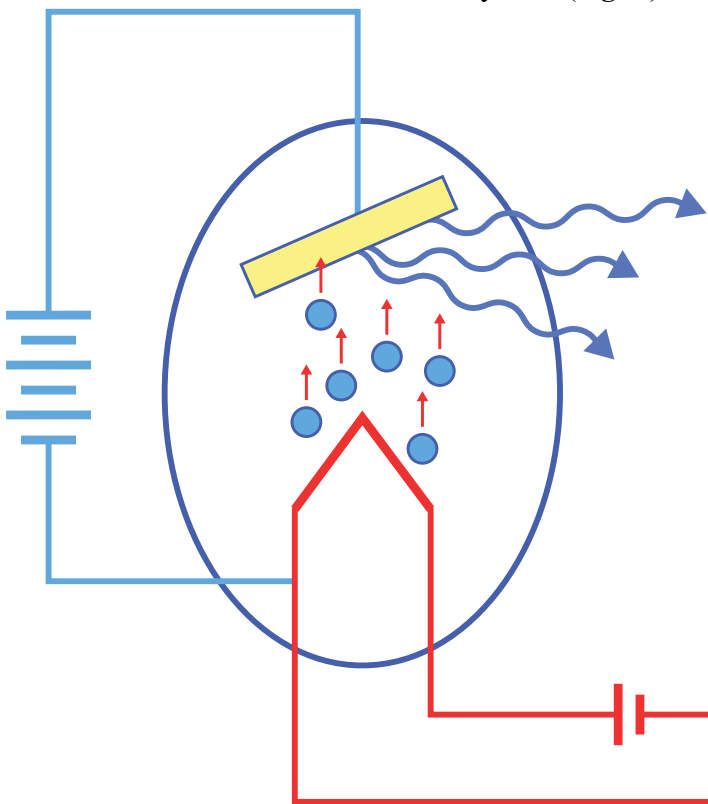
La sustancia del ánodo emite dos tipos de rayos X.

- **La radiación de frenado (o los rayos X de frenado):** los electrones acelerados disminuyen bruscamente su velocidad al chocarse contra los núcleos de la sustancia del ánodo. Una parte de la energía cinética de los electrones se transforma en energía de los rayos X. Los rayos emitidos por los electrones tienen un espectro continuo que depende de la energía cinética de los electrones y no depende de la sustancia del ánodo.

- **La radiación característica (o los rayos X característicos):** los átomos de la sustancia bombardeada por los electrones emiten rayos X. El espectro de esta emisión se compone de

líneas espectrales de gran intensidad. Las longitudes de ondas emitidas dependen del tipo de la sustancia. Estas líneas sobrepone el espectro continuo de la emisión de frenado.

Fig. 1. Tubo de rayos X



A causa de su energía, los rayos X son muy penetrantes. Se absorben por los huesos y sustancias de alta densidad como el plomo. Tienen gran aplicación en **la medicina** y en el **análisis de estructuras**.

La aplicación en la medicina empezó casi inmediatamente después de su descubrimiento y hasta hoy día sigue utilizándose para hacer diagnóstico del esqueleto y de los huesos. Esta aplicación se debe al diferente grado de absorción de los rayos X al atravesar los tejidos del cuerpo humano.

Otra aplicación de los rayos X es el **análisis de estructuras**. Se utiliza la difracción de los rayos X cuando pasan por los cristales. La red cristalina sirve como una rejilla de difracción y el cuadro que se observa depende de la distribución de los átomos. Mediante este método de investigación se hace conclusión sobre la estructura de la sustancia: la ordenación de los átomos, la distancia entre ellos, defectos, etcétera.

TERMINOLOGÍA

análisis estructural mediante rayos X: рентгеноструктурен анализ

espectro lineal: линеен спектър

radiación característica = rayos X característicos: характерно рентгеново лъчение

radiación de frenado = rayos X de frenado: спирачно рентгеново лъчение

tubo de vacío: вакуумна тръба

ACTIVIDADES

1. ¿En qué consiste el peligro de los rayos X?
2. ¿Cuál es la diferencia entre la radiación de frenado y la emisión característica de rayos X?
3. ¿Qué medidas de precaución toman los que trabajan con rayos X?
4. ¿Por qué los huesos y los tejidos se visualizan de diferente manera utilizando rayos X?
5. ¿Por qué es necesario enfriar el ánodo?
6. ¿Para qué se utiliza el voltaje que se aplica sobre el cátodo?

27. Núcleo atómico

La Física nuclear empezó su desarrollo a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Ernst Rutherford descubrió que la carga del núcleo atómico es positiva y equivale a la carga total de los electrones, tiene un tamaño muy pequeño en comparación con el tamaño del átomo, pero, por otra parte, concentra casi toda la masa del átomo. (Fig. 1)⁸. Él realizó la primera reacción nuclear. Hoy día sabemos

que el núcleo contiene protones y neutrones, conocidos como **nucleones**. Cada núcleo se caracteriza mediante:

- el **número másico A** que es igual a la suma de los protones y neutrones;
- el **número de los protones** que es igual al número de los electrones y al **número en la tabla periódica Z**.

Los **isótopos** son átomos de un elemento químico que tienen diferente número de neutrones.

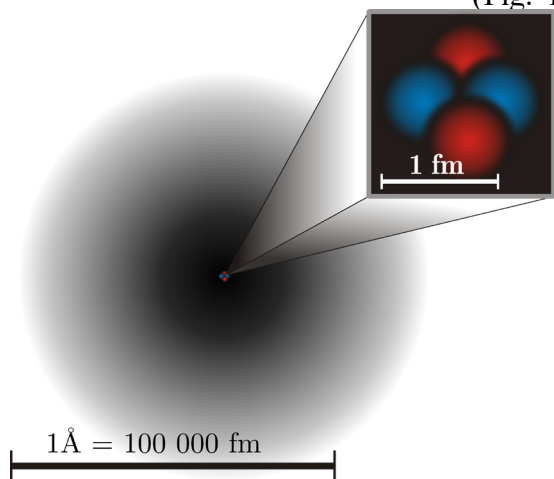
Entre los protones y los neutrones en un núcleo actúan las **fuerzas nucleares**. Ellas determinan la estabilidad de los núcleos y tienen las siguientes características:

- son de corto alcance, es decir actúan solo a distancias del orden del radio de los núcleos;
- no dependen de la masa de las partículas;
- no dependen de la carga de las partículas;
- son fuerzas de atracción, pero si las distancias entre los nucleones disminuyen, se convierten en fuerzas de repulsión;
- se saturan;
- no son fuerzas centrales;
- son las más intensas en comparación con las fuerzas eléctricas, magnéticas y gravitatorias.

Los estudios realizados a principios del siglo XX descubrieron que la suma de las masas de los protones y neutrones como partículas separadas no es igual y es mayor que la masa del núcleo formado por estas partículas. Esta diferencia tiene el nombre de **defecto de masa Δm** . La causa de esta diferencia es la **energía de enlace**.

La energía de enlace ΔE es igual a la energía necesaria para des-

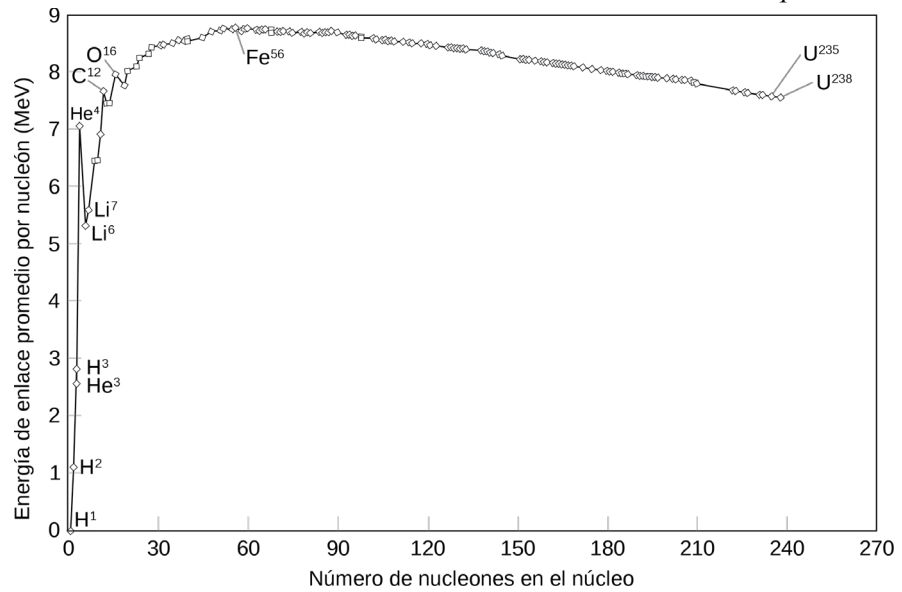
Fig. 1. El núcleo del helio, comparado con el átomo. $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$.



⁸ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helium_atom_QMuniv.svg

Fig. 2. Energía de enlace por un nucleón por un nucleón

componer el núcleo de partículas inmóviles separadas. El valor de esta energía depende del número de los nucleones en el núcleo y se mide en megaelectronvoltios (MeV). Se utiliza también la energía de enlace por nucleón $\frac{\Delta E}{A}$ (Fig. 2).



Einstein demostró la relación entre masa y energía: cada cuerpo inmóvil con masa m_0 posee energía en reposo E_0 y la relación entre estas dos magnitudes es mediante la velocidad de la luz en vacío c al cuadrado. Según Einstein la fórmula es:

$$E_0 = m_0 c^2$$

Si la misma fórmula se aplica para la energía de enlace y el defecto de masa, obtenemos:

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

TERMINOLOGÍA

- defecto de masa: масов дефект
- energía de enlace: енергия на връзката
- energía de enlace por nucleón: специфична енергия на връзката
- fuerza de corto alcance: късодействаща сила
- nucleón: нуклон
- número másico: масово число

ACTIVIDADES

1. Determina el número de los protones y los neutrones de los núcleos ${}^{235}_{92}\text{U}$ y ${}^{238}_{92}\text{U}$. ¿Cuál es la diferencia entre estos núcleos?
2. ¿En qué se diferencian y en qué se parecen los isótopos de un elemento químico?
3. ¿A qué se debe el defecto de masa?

Para saber más
¿Qué aplicaciones tienen los isótopos radiactivos?

28. Radiactividad

Fig. 1. Símbolo de muestras y sustancias radiactivas



Los núcleos se diferencian en su estabilidad. Los núcleos inestables emiten de manera espontánea rayos alfa, beta o gamma. Este fenómeno se conoce bajo el nombre de **radiactividad**. Según su origen la radiactividad puede ser de dos tipos: **natural** y **artificial**. Los tres tipos de radiación son invisibles, tienen alta energía y efecto ionizante. Lo típico de la radiactividad es que no depende de ningunos factores externos e influencias. Ella depende solo del núcleo y de su estabilidad. Entre los elementos radiactivos podemos destacar el uranio, el torio o el radio.

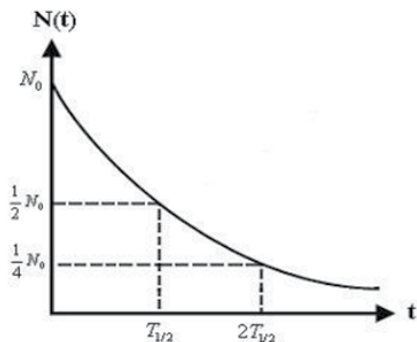
Todos los núcleos de una sustancia radiactiva no se desintegran a la vez sino es un proceso espontáneo y no se puede determinar en qué momento se va a desintegrar cada uno de los núcleos. Está demostrado experimentalmente que cada isótopo radiactivo se caracteriza por un **tiempo determinado tras el cual se desintegra la mitad de los núcleos iniciales**. Este tiempo lleva el nombre de **período de semidesintegración** $T_{1/2}$, no depende de factores externos o del número inicial N_0 de los núcleos y puede tener valores muy diferentes: desde partes de milisegundos hasta miles de millones de años.

Independientemente el valor del tiempo y el núcleo, se comprueba que entre el número N de los núcleos que quedan en un momento t , el número inicial de núcleos N_0 y el tiempo $T_{1/2}$, siempre es válida la misma relación, conocida como **ley de la desintegración radiactiva**. La fórmula es:

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^n N_0 \text{ y } n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

La representación gráfica de la ley vemos en la *figura 2*.

Fig. 2. Ley de la desintegración radiactiva



Como ya hemos explicado, las emisiones radiactivas llevan gran cantidad de energía y son ionizantes. La absorción de su energía es perjudicial para las células y los organismos. El daño de estas emisiones consiste en la destrucción de enlaces químicos, la destrucción de moléculas o la formación de compuestos que no son típicos. Se clasifican en dos grupos:

- daños que afectan al organismo expuesto a la radiación;
- daños genéticos que afectan a las generaciones.

El efecto depende del tiempo de la radiación, su tipo, la cantidad de la energía absorbida, denominada **dosis absorbida D**.

La dosis absorbida D es **1 Gray** si un **1 kilogramo** de sustancia absorbe **1 Julio** de energía ionizante.

$$1\text{Gy} = \frac{1\text{J}}{1\text{kg}}$$

El efecto biológico depende del tipo de la emisión y su energía. La medida del efecto dañino esperado tiene el nombre de **dosis equivalente H**. La dosis equivalente se calcula de la siguiente manera:

$$H = kD$$

La unidad de medida en el SI es el **Sievert (Sv)**.

El coeficiente **k** tiene diferentes valores dependiendo del tipo de la emisión: $k = 1$ para los rayos β y $k = 15$ para los rayos α . Así, del valor del coeficiente se concluye que los rayos alfa son más peligrosos que los rayos beta.

Las emisiones radiactivas provienen del **fondo radiactivo natural** y de **emisiones artificiales de origen técnico**. Todas las fuentes radiactivas que se utilizan en laboratorios, hospitales, centrales nucleares, incluso en caso de accidentes, se regulan por organizaciones internacionales y nacionales. Se usa el símbolo de la *figura 1* para indicar la existencia de una sustancia radiactiva. Existen normas de seguridad radiactiva que determinan la dosis efectiva admisible: para la población en general y para los profesionales que trabajan con sustancias radiactivas.

TERMINOLOGÍA

dosis absorbida: погълната доза

dosis equivalente: еквивалентна доза

fondo radiactivo natural: естествен радиоактивен фон

ley de la desintegración radiactiva: закон за радиоактивното разпадане

radiactividad: радиоактивност

radiactividad artificial: изкуствена радиоактивност

radiactividad natural: естествена радиоактивност

período de semidesintegración (semivida): период на полуразпадане

ACTIVIDADES

1. El período de semidesintegración de un isótopo es 30 años. Dentro de cuánto tiempo la cantidad de núcleos radiactivos va a disminuir 8 veces.

2. Una muestra de 8 mg contiene isótopo radiactivo. Dentro de 50 días en la muestra quedan 0,5 mg. Determina el tiempo de semidesintegración de este isótopo.

Para saber más

Busca información sobre los descubrimientos de Marie Curie.

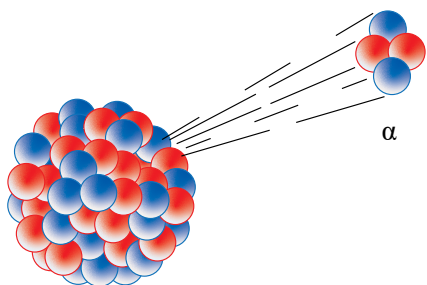
Tema para comentar

Los trabajos de Antoine Henri Becquerel y Marie Curie dan comienzo al conocimiento de la radiactividad.

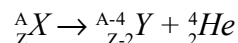
29. Desintegración alfa, beta y gamma

Durante las desintegraciones alfa, beta y gamma se cumplen las leyes de conservación de la masa y la energía y la conservación de la carga eléctrica. A base de ellas se determina el producto de la desintegración.

Fig. 1. Radiactividad tipo alfa

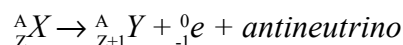


La **desintegración alfa** es típica para los núcleos pesados con $Z > 82$. Del núcleo se desprende una partícula alfa que es un núcleo del helio (Fig. 1). La reacción se expresa de la siguiente manera:



Un ejemplo de una emisión alfa: ${}^{238}_{92} \text{U} \rightarrow {}^{234}_{90} \text{Th} + {}^4_2 \text{He}$

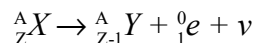
La **desintegración beta** puede ser de dos tipos: **beta+** y **beta-** dependiendo si se desprenden electrones o positrones. Los cálculos de la energía antes y después de la desintegración demuestran que durante estas emisiones deben existir otras partículas: **neutrino** y **antineutrino** (Fig. 2). La existencia del neutrino fue comprobada teóricamente en el año 1930 y experimentalmente, en el año 1956. El neutrino no tiene carga eléctrica, tiene pequeña masa e interacciona poco con la sustancia. Estas características determinaron su descubrimiento experimental tardío. La desintegración **beta-** se expresa de la siguiente manera:



Un ejemplo de una emisión **beta-**: ${}^{14}_6 \text{C} \rightarrow {}^{14}_7 \text{N} + {}^0_{-1} e + \text{antineutrino}$

Como en el núcleo no hay electrones, durante la desintegración **beta-** un neutrón se convierte en protón y aparece un electrón: ${}^1_0 n \rightarrow {}^1_1 p + {}^0_{-1} e$

La desintegración **beta+** se expresa de la siguiente manera:



Un ejemplo de una emisión **beta+**: ${}^{12}_7 \text{N} \rightarrow {}^{12}_6 \text{C} + {}^0_1 e + \text{neutrino}$

En este caso un protón se convierte en neutrón y aparece un positrón: ${}^1_1 p \rightarrow {}^1_0 n + {}^0_1 e$

La **radiación gamma** se relaciona con la existencia de estados con diferente energía del núcleo. Se considera que existe un estado principal del núcleo con energía mínima y otros estados con mayor energía. Si el núcleo pasa de estado con mayor a estado con menor energía, se emite un cuanto de onda electromagnética – cuanto de

Fig. 2. Radiactividad beta

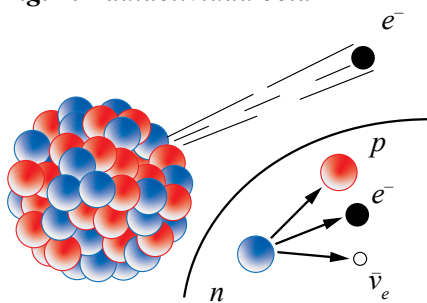
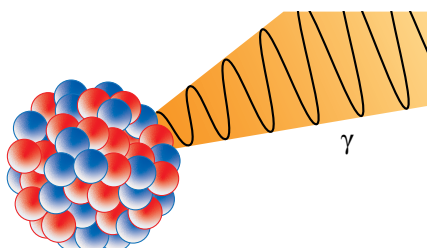
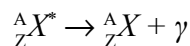


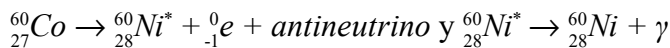
Fig. 3. Radiactividad gamma



rayos gamma – (Fig. 3). Durante la emisión gamma el núcleo queda el mismo y solo su energía disminuye.



Un ejemplo de radiación gamma que sucede después de una emisión beta es:



TERMINOLOGÍA

antineutrino: антинейтрино

cuanto de rayo gamma: гама квант

desintegración: разпадане

neutrino: нейтрино

positrón: позитрон

ACTIVIDADES

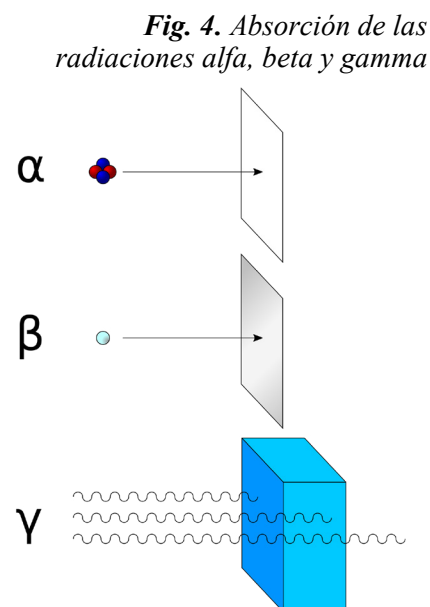
1. ¿Cómo cambia el número de los protones durante una emisión alfa y una emisión beta-?

2. ¿Qué leyes se cumplen durante las radiaciones alfa, beta y gamma? ¿Cuál es su influencia sobre los cambios de los núcleos?

3. Explica cómo se cumple la ley de conservación de la carga durante las emisiones beta+ y beta-.

4. Después de ver los dos videos <https://www.youtube.com/watch?v=xTh9NOMKIN0> y <https://www.youtube.com/watch?v=MHcoFBV5z8s>, responde a las preguntas: ¿Qué tipos de neutrinos existen? ¿Por qué es difícil detectar el neutrino? ¿Qué método para detección se utiliza?

5. La imagen⁹ de la figura 4 presenta el grado de absorción de los rayos alfa, beta y gamma. Explica lo que demuestra la imagen.

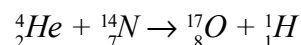


⁹ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alfa_beta_gamma_radiation.svg

30. Fisión nuclear

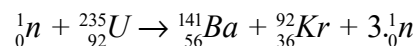
Las reacciones nucleares están relacionadas con **cambios del número de las partículas dentro de un núcleo**. Como resultado se obtienen nuevos núcleos, partículas y/o se desprende energía. **Durante cada reacción nuclear se cumplen las leyes fundamentales de conservación de la masa y la energía y de conservación de la carga eléctrica.**

Las reacciones nucleares pueden ocurrir de manera espontánea o pueden ser provocadas. Las reacciones son provocadas cuando dos núcleos colisionan o cuando el núcleo se bombardea con partículas: protones, neutrones o partículas alfa. Un ejemplo es la reacción realizada por Rutherford en 1919: el núcleo del nitrógeno se bombardea por partículas alfa.



Dependiendo de los productos finales, las reacciones nucleares pueden ser: **reacción de fisión y reacción de fusión**

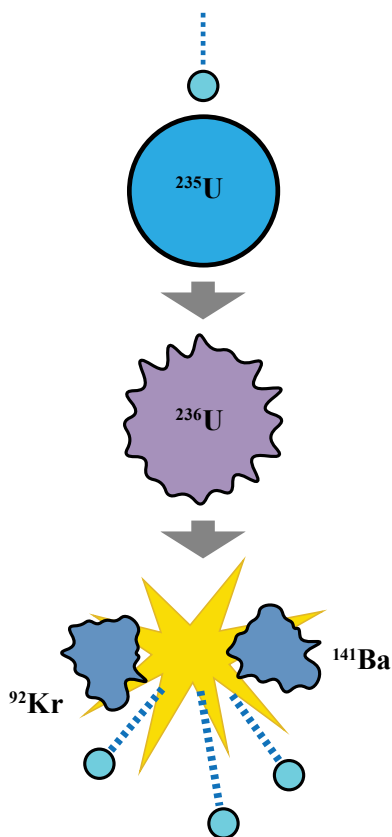
Un ejemplo de la **fisión nuclear es la descomposición del núcleo del uranio** al ser bombardeado por neutrones de baja energía. La reacción puede expresarse de la siguiente manera:



La descomposición del núcleo del uranio-235 se acompaña por el desprendimiento de gran cantidad de energía y se conoce bajo el nombre de **reacción en cadena** (Fig. 1). Para la reacción en cadena es obligatorio que la masa del uranio-235 sea mayor que una **masa crítica**.

Las centrales nucleares funcionan mediante la fisión nuclear. El dispositivo principal de una central nuclear es **el reactor**. El combustible es **el uranio enriquecido**: uranio-238, enriquecido con uranio-235 hasta 3–5%, colocado en cilindros, llamados **barras de combustible**. En el interior del reactor también se disponen **las barras de control**, hechas de sustancias que absorben los neutrones: cadmio, boro y otros más. Allí se encuentra también **el moderador**: sustancia que reduce la energía de los neutrones hasta el valor necesario que puede ser agua ligera, agua pesada o grafito. En el reactor se encuentra también una sustancia **refrigerante** que absorbe el calor de la reacción nuclear y la transmite al circuito secundario: puede ser agua, gas CO_2 u otras sustancias. Constantemente funcionan bombas que mueven el refrigerante para que este ceda su calor al circuito secundario. De tal manera no se acumula demasiado calor en el interior del reactor. El cuerpo de reactor está cubierto de **un blindaje** de gruesas paredes de hormigón. Entre las medidas de seguridad están los dos ciclos de refrigeración.

Fig. 1. Reacción en cadena



De tal manera el líquido que enfría el reactor no entra en contacto directo con la turbina.

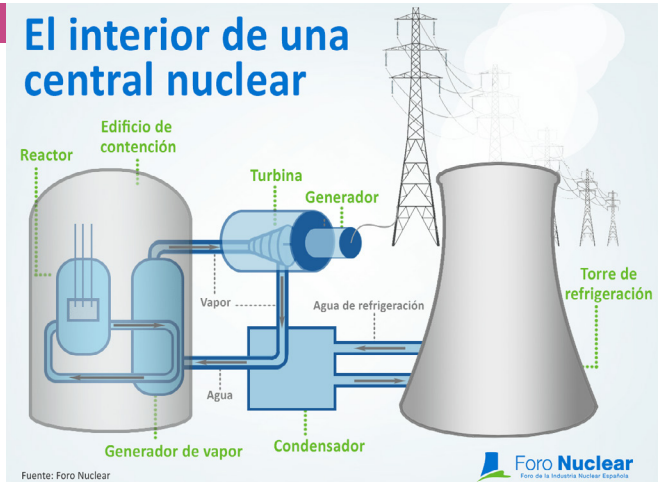
El funcionamiento de los reactores nucleares tiene ventajas y desventajas que provocan discusiones internacionales desde hace años. Entre los argumentos contra esta manera de producción de energía cabe destacar los residuos radiactivos y el riesgo de accidentes graves.

Fig. 2. Partes de una central eléctrica nuclear

TERMINOLOGÍA

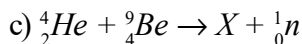
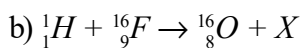
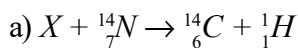
- barras de combustible: касети с гориво
- barras de control: контролиращи пръти
- blindaje: защитен корпус на реактора
- bomba: помпа
- fisión nuclear: ядрено делене
- fusión nuclear: ядрен синтез
- hormigón: бетон
- masa crítica: критична маса
- moderador de neutrones: забавител на неутрони
- reacción en cadena: верижна реакция
- uranio enriquecido: обогатен уран

El interior de una central nuclear



ACTIVIDADES

1. Explica la diferencia entre el uranio y el uranio enriquecido.
2. Determina el núcleo X que se obtiene durante las reacciones nucleares:



3. Enumera argumentos en pro y argumentos en contra del uso de la fisión nuclear. Utiliza el esquema:

<ul style="list-style-type: none"> • Polución con óxidos de azufre y nitrógeno • Combustible • Cantidad de energía producida • Coste de la energía • Producción de isótopos • Independencia económica • Precio estable y predecible 	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; background-color: #f9e79f;">mayor</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; background-color: #d9ead3;">menor</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; background-color: #d9ead3;">grande</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; background-color: #d9ead3;">riesgo</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; background-color: #f9e79f;">seguridad</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes graves • Residuos radiactivos • Contaminación radiactiva del ambiente • Coste de mantenimiento • Producción de armas • Exposición del personal a emisiones radiactivas
--	---	--

4. Visita la página <https://www.kznpp.org/bg/za-nas/tehnologia> y explica la reacción en cadena y el funcionamiento de la central nuclear.

5. Explica el mecanismo de producción de energía mediante la fisión nuclear.

Para saber más

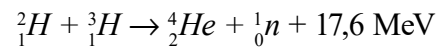
Busca información sobre el procesamiento de los residuos radiactivos. ¿Qué peligros existen?

Tema para comentar

La industria puede desarrollarse sin la energía de la fisión nuclear.

31. Fusión nuclear

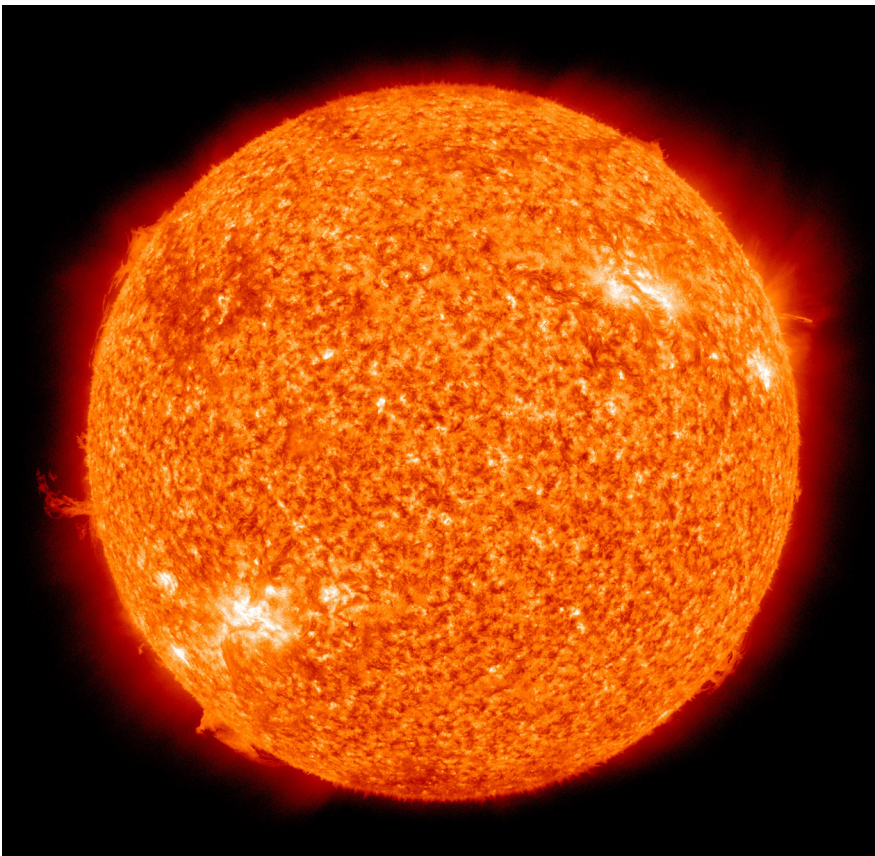
La **fusión nuclear** es una reacción durante la cual **se unen núcleos ligeros y se obtienen uno o más núcleos** con mayor energía de enlace y mayor defecto de masa. Por consiguiente, según la fórmula de Einstein, la masa de reposo de los productos es menor y el resto se desprende en forma de energía. En comparación con la fisión nuclear, utilizando igual cantidad de sustancia, en el caso de la fusión se desprende más energía. Un ejemplo de tal reacción es:



La realización de la fusión nuclear requiere condiciones especiales:

- asegurar distancias entre los núcleos aproximadamente de 10^{-14} m para que empiece la acción de las fuerzas nucleares;
- alcanzar y mantener una temperatura aproximadamente de 10^8 K;
- obtener alta densidad del plasma para que aumente el número de colisiones entre los núcleos;
- mantener estas condiciones el tiempo necesario para que choquen y fusionen los núcleos.

Fig. 1. El Sol es un generador de energía mediante fusión nuclear



Normalmente estas condiciones existen en el interior de las estrellas y ellas son ejemplos de fuentes naturales de energía que proviene de la fusión nuclear. En este caso la enorme energía desprendida es no controlada (*Fig. 1*).

La fusión controlada todavía se realiza solo en condiciones de laboratorio y dura unos cuantos segundos en dispositivos especiales llamados reactores termonucleares. Por ejemplo, en el “Tokamak”. Es una instalación en forma de toroide donde se aplican fuertes campos eléctricos y magnéticos para asegurar el movimiento y la energía ne-

cesaria de los núcleos. Uno de los proyectos internacionales acerca de la producción de energía mediante fusión nuclear es el ITER (Reactor Experimental Termonuclear Internacional). El objetivo de este proyecto es la construcción del primer reactor de fusión controlada que pueda producir energía durante más tiempo que en los laboratorios y así va a preparar el camino para las centrales comerciales de fusión.

TERMINOLOGÍA

plasma: плазма

reactores termonucleares: термоядрен реактор

toroide: тороид (геом. форма)

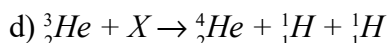
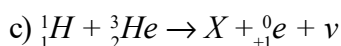
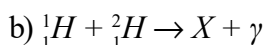
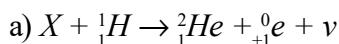
ACTIVIDADES

1. ¿Por qué para la fusión nuclear se requieren condiciones especiales?

2. Visita la página, observa la animación y explica por qué la temperatura es tan importante para la fusión nuclear. <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/588-fusion-nuclear>

3. ¿Cuál es la diferencia entre una reacción nuclear controlada y otra no controlada?

4. Determina el núcleo desconocido X en las reacciones de fusión:



5. Visita la página <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/el-proyecto-de-fusion-nuclear-iter/> y resume la información sobre el proyecto ITER.

6. ¿Qué dificultades enfrenta la producción de energía mediante la fusión nuclear?

7. Visita las páginas <http://www.fusion.ciemat.es/energia-de-fusion/el-proceso-de-la-fusion/> o <https://conceptodefinicion.de/fusion-nuclear/> y resume la información sobre la fusión nuclear.

Para saber más

Busca información qué ventajas tiene esta fuente de energía.

32. Partículas elementales. Interacciones fundamentales

Sabemos que todas las sustancias están compuestas de átomos que, por su parte, contienen protones, neutrones y electrones. Primero estas partículas han sido denominadas elementales, pero a lo largo del desarrollo de la física nuclear, los científicos descubren más partículas que aparecen en el momento de las reacciones nucleares, ceden su energía y se convierten en otras (*Fig. 1*)¹⁰. Descubren también que algunas de las partículas no tienen estructura propia, mientras que otras la tienen.

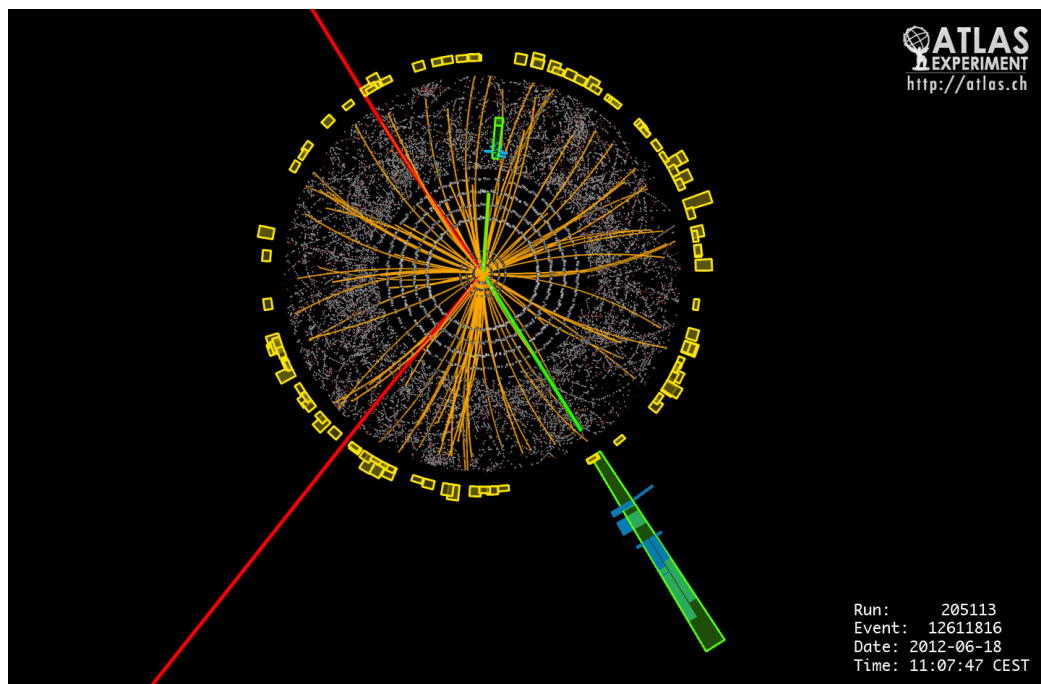
Actualmente la teoría admite que toda **la materia se compone de dos grupos de partículas elementales: 6 leptones y 6 quarks**. Estas partículas no tienen estructura propia.

Al grupo de los **leptones** pertenecen **el electrón, los tres tipos de neutrino, el muon y el taón**. Carga eléctrica negativa tienen el electrón, el muon y el taón. Los neutrinos no tienen carga eléctrica y cada uno de ellos corresponde a una de estas partículas cargadas.

Los tres neutrinos en conjunto tienen una masa del orden de 10^6 veces menor que la masa del electrón, atraviesan el espacio casi sin interactuar con las partículas y se detectan difícilmente. El neutrino del espacio cósmico que alcanza la Tierra, lleva información sobre las etapas tempranas del universo y los procesos que pasan en las estrellas. Los tres neutrinos pueden transformarse uno en otro.

Los **quarks**, en combinaciones, componen los dos grupos de partículas, que se llaman **bariones y mesones** y se conocen bajo el nombre de **hadrones**. Los protones y los neutrones están en el grupo de los bariones.

Fig. 1. Huellas de partículas elementales obtenidas en el CERN



Los bariones y los mesones, excepto el protón, son inestables cuando están libres. El neutrón tiene una vida de 920 s y se convierte en protón.

Las partículas elementales se agrupan dependiendo de diferentes criterios. La clasificación de las partículas puede ser, por ejemplo, según: su estructura interna, la masa comparada con la

¹⁰ <http://cds.cern.ch/images/ATLAS-PHO-COLLAB-2012-011-1/file?size=original>

masa del electrón; la carga eléctrica; la estabilidad.

En 1932, al estudiar los rayos cósmicos, se descubre que existen partículas que son semejantes a partículas conocidas, pero tienen una carga eléctrica opuesta. Le dieron el nombre de **antipartículas**. Por ejemplo, el positrón es la antipartícula del electrón. Existe el antiproton, el antineutrino, etc. Las partículas que no tienen carga eléctrica también tienen antipartículas.

Si se enfrentan una partícula y una antipartícula, las dos partículas desaparecen y en su lugar aparece cierta cantidad de energía electromagnética u otras partículas. El proceso se conoce como **aniquilación**.

Los quarks son partículas con propiedades extrañas. Tienen una carga eléctrica positiva o negativa que no es entera ($-1/3$; $+2/3$), no pueden observarse libres sino agrupados. Existen los antiquarks con cargas eléctricas de signo contrario. Cada quark tiene nombre o sabor. Sus nombres son: arriba (*up*), abajo (*down*), encanto (*charmed*), extraño (*strange*), cima (*top*), fondo (*bottom*). La interacción entre los quarks se determina por su carga de color: *rojo*, *verde* y *azul*. Las fuerzas entre los quarks son las más intensas que existen en la naturaleza. Por eso su interacción representa una interacción fuerte.

Actualmente en la física se acepta que existen **cuatro interacciones fundamentales** mediante las cuales se explican todos los fenómenos naturales. Estas interacciones tienen diferente intensidad y en ellas participan diferentes partículas. Ordenadas según su intensidad, las cuatro interacciones son:

- **interacción fuerte:** participan solo los quarks. Esta interacción es aproximadamente 10^2 veces más intensa que la interacción electromagnética;
- **interacción electromagnética:** participan las partículas que tienen carga eléctrica – son los quarks y los leptones cargados (electrón, muon, taón);
- **interacción débil:** participan los quarks y los leptones. A esta interacción se deben la desintegración beta y la inestabilidad de gran cantidad de partículas. Esta interacción es 10^4 veces más débil que la interacción electromagnética;
- **interacción gravitatoria:** participan todas las partículas y es una interacción universal. Las fuerzas gravitatorias entre un protón y electrón son del orden de 10^{39} veces menor que las fuerzas eléctricas de atracción entre estas partículas. Por eso en la física de las partículas subatómicas esta interacción no se toma en cuenta. Para la escala del Universo, la interacción gravitatoria es la dominante.

Fig. 2. Uno de los aceleradores en el CERN

Uno de los aceleradores del CERN donde se estudian las partículas elementales (Fig. 2)¹¹.



TERMINOLOGÍA

aniquilación: анниhilация

barión: барион

carga de color: цветен заряд

hadrón: адрон

leptón: лептон

mesón: мезон

muon: мюон

neutrino: неутрино

portador de la interacción: носител на взаимодействието

quark: кварк

taón: таон

ACTIVIDADES

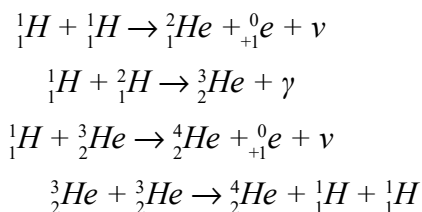
1. Representa en un esquema las partículas elementales que acabamos de estudiar. Agrúpalas según su estructura interna.
2. Busca información sobre el modelo estándar y los portadores de las cuatro interacciones.
3. Después de ver el vídeo sobre los neutrinos, resume en breve sus propiedades. Puedes seguir el enlace <https://www.youtube.com/watch?v=tMH11O0QhFA> o buscar otro en internet.

¹¹ <https://cds.cern.ch/images/CERN-PHOTO-201802-030-10/file?size=large>

33. Estrellas. Evolución de las estrellas

La astronomía es una de las ciencias más antiguas y estudia gran variedad de **objetos astronómicos: estrellas, galaxias, nebulosas, cúmulos de galaxias, meteoritos, cometas**. Los métodos principales de investigación son: observación, elaboración de modelos y análisis espectral. Un objeto astronómico puede ser estudiado teniendo en cuenta por ejemplo su luminosidad, temperatura, etapa de desarrollo, distancia hasta la tierra, espectro de ondas electromagnéticas emitidas, etc.

Las estrellas son cuerpos celestes gaseosos y de forma esférica que se componen de plasma y emiten ondas electromagnéticas (Fig. 1)¹². En su interior la temperatura y la presión aseguran las condiciones necesarias para la fusión nuclear. El combustible principal es el hidrógeno que se transforma en helio y se desprende energía. El **ciclo protón-protón** mediante el cual se desprende la energía incluye las siguientes reacciones de fusión nuclear:



La energía desprendida en el interior de la estrella se transmite hacia su superficie y se irradia en el espacio. Esta energía se registra y analiza.

Cada estrella se caracteriza por la energía que irradia por unidad de tiempo. Esta magnitud es la **luminosidad**. La unidad de medida es el **vatio (W)**. La luminosidad se calcula mediante la fórmula:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

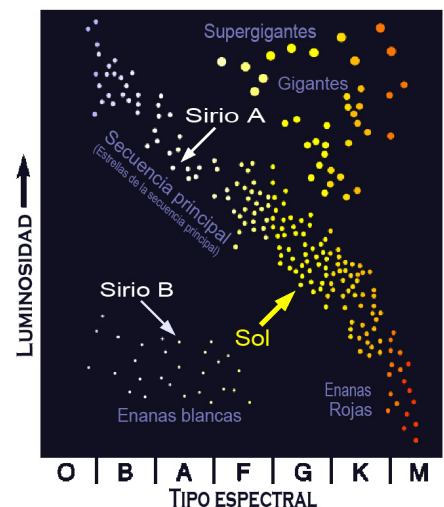
siendo **R** el radio de la estrella y **T** la temperatura efectiva de la superficie de la estrella, medida en grados Kelvin.

Del espectro de emisión de cada estrella se puede determinar su temperatura efectiva. A principios del siglo XX los astrónomos observan que las estrellas se agrupan según su luminosidad y espectro de emisión y aproximadamente 90% de ellas ocupan una zona. Se construye un diagrama conocido como **“diagrama espectro-luminosidad”** (Fig. 2)¹³. La zona central diagonal de este diagrama tiene el nombre de **secuencia principal**. En otras zonas del diagrama

Fig. 1. Estrella de brillo variable RS Puppis



Fig. 2. Diagrama espectro-luminosidad



¹² [https://hubblesite.org/contents/media/images/2013/51/3263-Image.html?itemsPe](https://hubblesite.org/contents/media/images/2013/51/3263-Image.html?itemsPerPage=100&Collection=Hubble%20Heritage&Topic=104-stars-and-nebulas)

¹³ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagrama_H-R_-_Sirio_y_Sol.png

se disponen las estrellas gigantes y las supergigantes, las enanas blancas y otras. Las estrellas cambian su posición sobre el diagrama según su edad y masa.

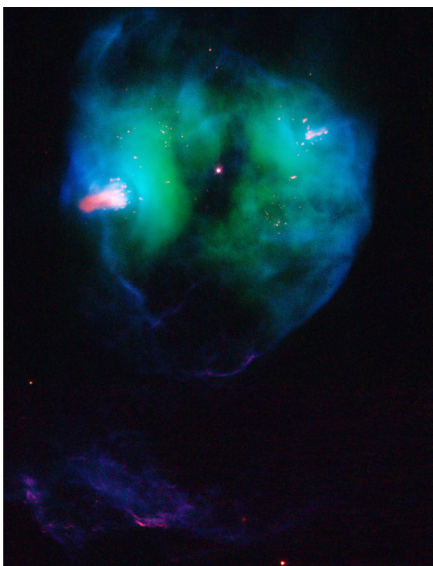
Cada estrella pasa por tres etapas de su evolución:

Protoestrella. Son gases de baja presión, ante todo hidrógeno y helio, que se comprimen, se calientan y empiezan a desprender luz. Se forma un núcleo denso y una envoltura gaseosa. La temperatura aumenta hasta 10^7 grados Kelvin y empiezan las reacciones nucleares de fusión. Se equilibran las fuerzas gravitatorias hacia dentro y la presión de los gases calientes hacia fuera. A partir de este momento la estrella ya se encuentra en su segunda etapa de vida.

Estrella de la secuencia principal. La etapa nuclear de la estrella. Es el período más largo de la vida de las estrellas. El hidrógeno se transforma en helio. Las estrellas de mayor masa, desprenden más energía, tienen mayor luminosidad, gastan el hidrógeno más rápidamente y abandonan la secuencia principal. Después de la fusión del hidrógeno, se realiza fusión del helio, se forma carbono y termina la etapa nuclear. Si las estrellas son masivas la fusión transforma el carbono en hierro.

Etapas finales. Se realiza un colapso gravitacional porque la presión dentro de la estrella disminuye. **Los escenarios dependen de la masa de la estrella.** Las estrellas de menor masa se comprimen hasta una densidad de 10^3 kg/cm³ y se componen de núcleos y electrones separados. Los electrones forman un gas y su presión equilibra las fuerzas gravitatorias. La estrella se convierte en una **enana blanca**. Antes de convertirse en enana blanca las estrellas de masa similar a la del Sol expulsan su envoltura gaseosa que se expande. Lo que se observa se llama **nebulosa planetaria** (Fig. 3)¹⁴. En el centro de la nebulosa se encuentra la estrella de pequeñas dimensiones y alta temperatura efectiva. Si la masa es mayor, la presión de los electrones no puede equilibrar las fuerzas gravitatorias y los núcleos de los átomos se descomponen en protones y neutrones. Los protones por su parte se transforman en neutrones y se forman las **estrellas de neutrones**. La densidad es del orden de 10^{12} kg/cm³, la estrella es estable. El diámetro de las estrellas de neutrones es de 10 a 20 km. Ellas giran rápidamente alrededor de su eje, tienen un campo magnético muy intenso y emiten ondas de radio. Tales estrellas tienen el nombre de **púlsares**. Las estrellas masivas sufren un enorme colapso gravitacional a causa del cual la luz no puede escapar y se forma el **agujero negro**. Se considera que agujeros

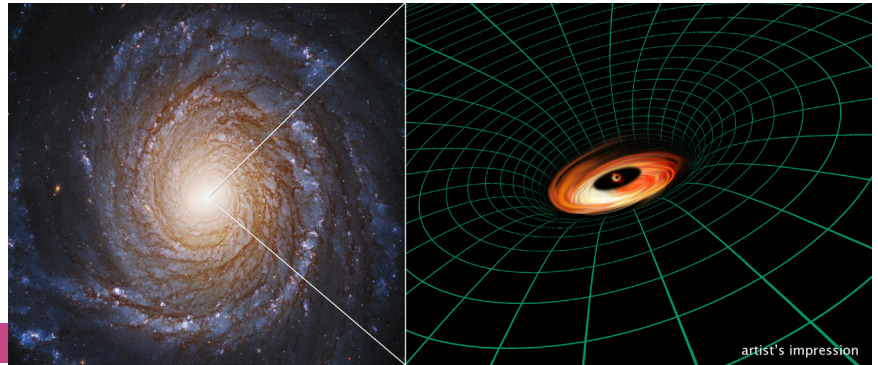
Fig. 3. La nebulosa planetaria NGC 2371



¹⁴ <https://hubblesite.org/contents/media/images/2008/13/2277-Image.html?itemsPerPage=100&Collection=Hubble%20Heritage&Topic=104-stars-and-nebulas>

negros masivos se encuentran en los centros de las galaxias. En la *figura 4* se puede ver una imagen tomada por el telescopio Hubble de la galaxia NGC 3147 y una visión artística del agujero negro que probablemente está en su centro. Entre los últimos descubrimientos del telescopio espacial Hubble está una concentración de pequeños agujeros negros en el corazón de un cúmulo globular¹⁵.

Fig. 4. La galaxia NGC 3147, a 130 millones de años luz de la Tierra, y el agujero supermasivo que probablemente está en su centro



TERMINOLOGÍA

agujero negro: черна дупка
 análisis espectral: спектрален анализ
 ciclo protón-protón: протон-протонен цикъл
 cometa, (m.): комета
 cúmulo globular: сферичен звезден куп
 cúmulos de galaxias: галактичен куп
 diagrama espectro-luminosidad: диаграма спектър – светимост
 enana blanca: бяло джудже
 estrella de neutrones: неутронна звезда
 luminosidad: светимост
 meteoritos: метеорит
 nebulosa: мъглявина
 nebulosa planetaria: планетарна мъглявина
 protoestrella: протозвезда
 púlsar: пулсар
 secuencia principal: главна последователност

ACTIVIDADES

1. ¿De qué depende la luminosidad de una estrella?
2. ¿A qué se refiere el término *ciclo protón-protón*?
3. ¿De qué depende si al final de su vida una estrella va a convertirse en una enana blanca o en un agujero negro?
4. ¿Qué información se obtiene del diagrama espectro-luminosidad?
5. ¿Qué es lo típico para las estrellas denominadas *púlsares*?
6. ¿Cuál es la diferencia entre una protoestrella y una estrella de la secuencia principal?

Para saber más

Visita la página <https://hubblesite.org/resource-gallery/recursos-en-espanol> y prepara una breve presentación sobre una de las publicaciones, repartidas en temas: Telescopio, Sistema solar, Galaxias; Maravillas cósmicas, Exoplanetas, etc.

¹⁵ <https://stsci-opo.org/STSci-01F4WY8PNZWT50G036SJF2HBX1.pdf>

34. El Universo

La palabra **Universo** viene del latín universus. Se suele definir como el conjunto de todo lo que existe: la materia y la energía, el espacio y el tiempo, las leyes y las constantes físicas. Todo pertenece al Universo, desde las partículas elementales hasta las agrupaciones de miles de millones de estrellas en las galaxias. Con la tecnología actual disponible podemos observar solo una parte del Universo: el universo observable. La **cosmología** es la parte de la física y la astronomía que estudia el Universo y ante todo su parte observable.

En los años 1928 – 1938 el astrónomo estadounidense Edwin Hubble observó y clasificó gran cantidad de galaxias, determinó sus distancias hasta la Tierra y las velocidades de su movimiento respecto a la Tierra. Él descubrió que para todas las galaxias se observa el **corrimiento hacia el rojo** de su espectro, es decir, todas las galaxias se alejan del observador.

Hubble estableció que la velocidad v con la que las galaxias se alejan es directamente proporcional a la distancia r hasta ellas. Él formuló una ley que lleva el nombre de **Ley de Hubble**:

$$v = Hr$$

siendo $H = 17.10^{-6} \frac{km}{s.ly}$ la constante de Hubble, igual para todas las galaxias. Esta constante depende solo del tiempo. De su valor se puede determinar que la edad del Universo es aproximadamente $13,8.10^9$ años.

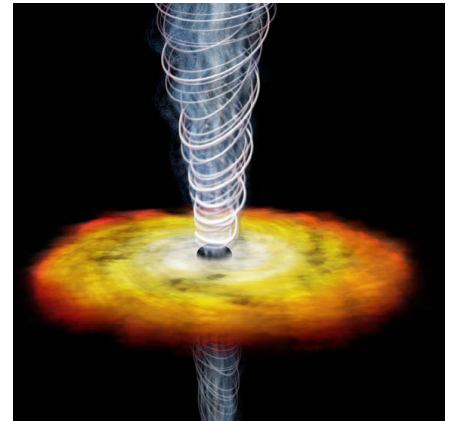
En el año 1965 los ingenieros norteamericanos Arno Penzias y Robert Wilson descubrieron una emisión de microondas que regularmente llenaba el espacio y se propagaba por todas partes. Esta emisión se conoce bajo el nombre de **fondo cósmico de microondas** (en inglés: *cosmic microwave background*) y tiene una longitud de onda que corresponde a una emisión de cuerpo negro de temperatura 2,7 K. Se considera que esto es el resto energético de **la gran explosión**, conocida bajo el nombre de **Big Bang**, que dio el origen del universo y ocurrió entre 13600 y 13850 millones de años antes del momento actual.

Se acepta actualmente que el corrimiento hacia el rojo y el fondo cósmico de microondas apoyan la teoría del Big Bang.

De los estudios cosmológicos se deduce que el universo es isótropo y homogéneo.

La cosmología estudia el universo a lo largo de todo el siglo XX y XXI. Se alzan diferentes hipótesis sobre su futuro desarrollo. No importa los escenarios que tienen, todas las hipótesis parten de los valores auténticos de la densidad de la materia visible y la materia oscura y el valor de la energía oscura. Esa densidad determina el destino final del universo: una expansión eterna o desacelerar la expansión e invertirla hasta una compresión. Actualmente se conoce solo alrededor de un 5% de la materia que es la visible. El resto es invisible para nuestros instrumentos. Es por este motivo que la búsqueda y la investigación de los agujeros negros son tan importantes.

Fig. 1. Representación artística de un cuásar



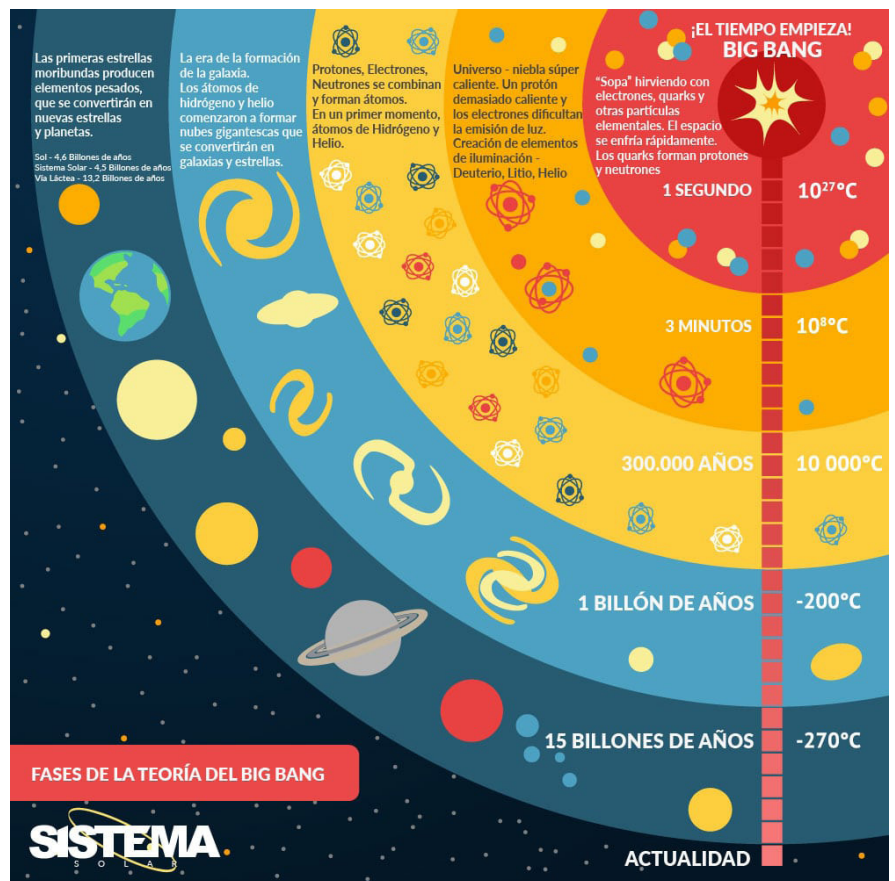
TERMINOLOGÍA

corrimiento (desplazamiento) hacia el rojo: червено отместване
 fondo cósmico de microondas: реликтовото лъчение
 homogéneo: de igual densidad: хомогенен
 invertir: обръщам, сменям посоката
 isótropo= de iguales propiedades: изотропен

ACTIVIDADES

1. ¿Cuáles son las dos evidencias que apoyan la teoría del Big Bang?
2. Busca información sobre los objetos astronómicos denominados **cuásares**. ¿Qué representan? ¿Por qué su estudio es interesante e importante? (Fig.1)¹⁶.
3. Busca información sobre el trabajo científico del astrónomo Edwin Hubble y su clasificación de las galaxias.
4. Visita la página web <https://sistemasolar.online/teoria-big-bang/> y explica las etapas de la formación de la materia después del Big Bang. Puedes utilizar *figura 2* que se encuentra en la misma página web.
5. Después de ver el vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=ysIQMAjpuYY>, escribe cinco afirmaciones sobre el conocimiento actual y las cuestiones que provocan el interés de los científicos.

Fig. 2. Etapas de la formación del universo



¹⁶ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gb1508_illustration.jpg

35. A repasar: cuestiones y problemas del átomo al cosmos

1. Compara el uso de los rayos X y la resonancia magnética nuclear como métodos para diagnóstico.
2. Busca información sobre los agujeros negros. ¿Por qué su estudio es importante para los científicos?
3. Busca información qué representan las constelaciones. ¿Es posible ver todas las constelaciones? ¿Dónde tenemos que encontrarnos?
4. Elige una aplicación concreta de los láseres, busca información sobre ella y prepara un breve informe.
5. Busca información sobre el Sol. ¿Qué tipo de estrella es? ¿Qué es típico para ella? ¿Por qué es importante estudiar el Sol?
6. Compara las fuerzas nucleares con las fuerzas eléctricas, magnéticas y gravitatorias. Organiza la respuesta en una tabla.

Fuerza	Nuclear	Eléctrica	Magnética	Gravitatoria
Distancia de la acción				
Dependencia de la masa				
Dependencia de la carga				
Atracción o repulsión				
Central o no central				
Se satura o no se satura				

7. ¿Por qué durante la fisión del uranio y la fusión de isótopos del hidrógeno se desprende energía? Utiliza la gráfica *Energía de enlace por nucleón* de la lección *Núcleo atómico*.
8. ¿Cuáles son las características de los quarks?
9. ¿Qué información sobre las estrellas se obtiene cuando se registra su espectro de emisión? Escribe por lo menos tres o cuatro hechos que se pueden aprender acerca de las estrellas.
10. Comenta la afirmación: “El telescopio Hubble amplió los límites del universo observable”.

11. Prepárate para presentar. Escoge un tema, busca información, resume y presenta lo que consideres interesante. No te olvides de citar la fuente de información.

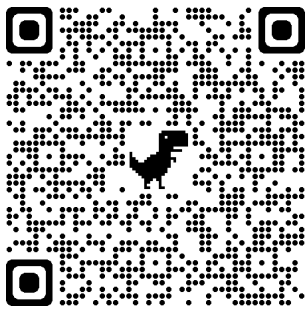
El descubrimiento del elemento *helio*. ¿Qué relación tiene con el Sol?

El fenómeno de la luminiscencia. ¿Qué representa? ¿Qué tipos existen? ¿Para qué se utiliza?

El modelo planetario del átomo de Rutherford. ¿Qué experimentos hizo Rutherford y cuáles fueron sus conclusiones sobre el átomo?

El mérito de Niels Bohr. ¿Cuál es su aporte al estudio de la estructura atómica?

12. ¿En qué consiste la datación por carbono? Usa el código QR y resume la información que encuentras. Puedes buscar información en otro lugar en internet. Explica las limitaciones de esta datación.



13. Después de ver el vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=HAEEwhWsIaA>, explica por qué los neutrinos se registran difícilmente.

14. ¿Cuáles son las características de la ciencia contemporánea? Escribe unas 4 o 5 características. Prepara un comentario sobre el tema.

15. Expresa tu opinión cuáles son las áreas de desarrollo de la física en los próximos 10 – 15 años.



GLOSARIO

acelerador de partículas cargadas <i>ускорител на заредени частици</i>	carga no compensada <i>некомпенсиран заряд</i>
agujero negro <i>черна дупка</i>	carga puntual <i>точков заряд</i>
aleación <i>сплав</i>	ciclo protón-protón <i>протон-протонен цикъл</i>
altavoz <i>високоговорител</i>	circuito eléctrico <i>електрическа верига</i>
alteración = cambio <i>изменение</i>	cociente <i>частно; отношение</i>
alternador <i>алтернатор – генератор на променливо напрежение</i>	colector <i>колектор</i>
alzar una hipótesis <i>издигам/изказвам хипотеза</i>	cometa (m.) <i>комета</i>
amperio (A) <i>ампер</i>	compuesto <i>съединение</i>
amplificar <i>усилвам</i>	concepto = noción = término <i>понятие</i>
amplitud <i>амплитуда</i>	condensador <i>кондензатор</i>
análisis espectral <i>спектрален анализ</i>	conclusión <i>извод; hacer una conclusión = concluir</i> <i>правя извод</i>
análisis estructural mediante rayos X <i>рентгеноструктурен анализ</i>	conductividad <i>проводимост</i>
ángulo de incidencia <i>ъгъл на падане</i>	conexión a tierra <i>заземяване</i>
ángulo límite <i>граничен ъгъл</i>	conversión = transformación <i>превръщане</i>
aniquilación <i>анихилация</i>	corriente de saturación <i>ток на насищане</i>
antineutrino <i>антинейтрино</i>	corriente inducida <i>индуциран ток</i>
aparato de medida <i>измервателен уред</i>	corrimiento (desplazamiento) hacia el rojo <i>червено отместване</i>
arrollamiento primario <i>първична намотка</i>	coseno <i>косинус</i>
arrollamiento secundario <i>вторична намотка</i>	cresta <i>гребен</i>
arrollamiento <i>намотка</i>	cuadro de difracción <i>дифракционна картина</i>
arrollar <i>навивам, намотавам</i>	cuanto de rayo gamma <i>гама квант</i>
aurora boreal <i>полярно сияние</i>	cuanto <i>квант</i>
barión <i>барион</i>	culombio (C) <i>кулон</i>
barras de combustible <i>касети с гориво</i>	cúmulo de galaxias <i>галактичен куп</i>
barras de control <i>контролиращи пръти</i>	cúmulo globular <i>сферичен звезден куп</i>
bismuto <i>бисмут</i>	datación por carbono <i>датиране с въглерод = радиовъглеродно датиране</i>
blindaje <i>защитен корпус на реактора</i>	defecto de masa <i>масов дефект</i>
bobina <i>бобина</i>	del orden de <i>от порядъка на</i>
bomba <i>помпа</i>	densidad óptica <i>оптична плътност</i>
campo electrostático <i>електростатично поле</i>	desintegración <i>разпадане</i>
campo uniforme <i>еднородно поле</i>	diagrama espectro-luminosidad <i>диаграма спектър – светимост</i>
capacidad <i>капацитет</i>	dieléctrico = aislante <i>изолатор</i>
carga de color <i>цветен заряд</i>	diferencia de potencial <i>потенциална разлика</i>
carga de prueba <i>пробен заряд</i>	difracción <i>дифракция</i>
carga inducida <i>индуциран заряд</i>	

dipolo eléctrico <i>електричен дипол</i>	estado básico <i>основно състояние</i>
directamente proporcional <i>правопропорционален</i>	estado cuántico <i>квантово състояние</i>
disipar <i>разпръсквам, разсейвам</i>	estado excitado <i>възбудено състояние</i>
dispersión <i>дисперсия</i>	estator <i>статор</i>
dispositivo <i>устройство</i>	estrella de neutrones <i>неутронна звезда</i>
doble rendija <i>решетка с два процепа</i>	factor <i>множител</i>
dominio <i>домен</i>	faradio (F): <i>фарад</i>
dosis absorbida <i>погълната доза</i>	fenómeno <i>явление</i>
dosis equivalente <i>еквивалентна доза</i>	fibra óptica <i>оптично влакно</i>
ecuación <i>уравнение</i>	fisión nuclear <i>ядрено делене</i>
efecto fotoeléctrico <i>фотоефект</i>	flujo <i>поток</i>
electrización <i>наелектризиране</i>	foco de ondas secundarias <i>източник на вторични вълни</i>
electrodo <i>електрод</i>	fondo cósmico de microondas <i>реликтовото лъчение</i>
electronvoltio (eV) <i>електронволт</i>	fondo radiactivo natural <i>естествен радиоактивен фон</i>
emisión = radiación <i>излъчване</i>	fotocélula <i>фотоклетка</i>
emisión espontánea <i>спонтанно излъчване</i>	fotón <i>фотон</i>
emisión estimulada <i>принудено (стимулирано) излъчване</i>	frecuencia <i>честота</i>
enana blanca <i>бяло джудже</i>	frente (m.) de la onda <i>фронт на вълната</i>
energía de enlace por nucleón <i>специфична енергия на връзката</i>	fuelle (f.) puntual <i>точков източник</i>
energía de enlace <i>енергия на връзката</i>	fuelle de bombeo <i>източник за напompване</i>
energía potencial eléctrica <i>електрична потенциална енергия</i>	fuerza de corto alcance <i>късодействаща сила</i>
escala de Celsius <i>скала по Целзий</i>	fuerza electromotriz inducida <i>индуцирана електродвижеща сила (електродвижещо напрежение)</i>
escala de Kelvin <i>скала по Келвин</i>	función sinusoidal del tiempo <i>синусова функция на времето</i>
espectro continuo <i>непрекъснат спектър</i>	fusión nuclear <i>ядрен синтез</i>
espectro de difracción <i>дифракционен спектър</i>	GaAs (arseniuro de galio) <i>галиев арсенид</i>
espectro lineal <i>линеен спектър</i>	grado Celsius <i>градус Целзий</i>
espectro visible <i>видим спектър</i>	grado Kelvin <i>градус Келвин</i>
espectro <i>спектър</i>	gray (Gy) <i>грей</i>
espectrómetro de masas <i>маспектрометър – уред за определяне на масата на частици</i>	hadrón <i>адрон</i>
espectrómetro <i>спектрометър</i>	hercio (Hz) <i>херц</i>
espectroscopia <i>спектроскопия</i>	hierro agrío <i>магнитно твърдо желязо</i>
espira <i>навивка</i>	hierro dulce <i>магнитно меко желязо</i>
estación transformadora <i>трансформаторна станция</i>	homogéneo = de igual densidad <i>хомогенен</i>

hormigón бетон	<i>обратнопропорционален</i>
imán artificial изкуствено създаден магнит	inversión de población инверсна населеност
imán cilíndrico цилиндричен магнит	invertir обръщам, сменям посоката
imán en forma de cinta лентовиден магнит	irradiar излъчвам
imán en forma de herradura магнит във форма на подкова	isótropo = de iguales propiedades изотропен
imán natural природен магнит	julio (J) джаул
imán permanente постоянен магнит	lámpara flash светкавица
imán recto прав магнит	leptón лептон
imán temporal променлив във времето магнит	ley de la desintegración radiactiva закон за радиоактивното разпадане
implantación iónica йонна имплантация	línea de alta tensión далекопровод с високо напрежение
impureza примес	línea de fuerza силова линия
ingravidez безтегловност	línea de inducción magnética магнитна индукционна линия
incandescencia нажеженост; lámpara de incandescencia лампа с нажежаема жичка	longitud de onda дължина на вълната
índice de refracción показател на пречупване	luminiscencia луминесценция
inducción electromagnética електромагнитна индукция	luminosidad светимост
inducción electrostática електростатична индукция	luz monocromática монохроматична светлина
inducción magnética магнитна индукция	magnitud derivada производна величина
infinito безкрайност	magnitud escalar скаларна величина
intensidad del campo eléctrico интензитет на електричното поле	magnitud vectorial векторна величина
interacción electrostática електростатично взаимодействие	magnitud величина
interacción fuerte силно взаимодействие	magnitud física физична величина
interacción fundamental фундаментално взаимодействие	magnitud fundamental основна величина
interacción magnética магнитно взаимодействие	máquina fotocopiadora копирна машина
interacción взаимодействие	masa crítica критична маса
interferencia constructiva усилване на трептенето	máximo de interferencia интерференчен максимум
interferencia destructiva отслабване на трептенето	mecánica cuántica квантова механика
interferencia интерференция	medio activo = medio láser activo активна среда
interpretar = explicar = dar un significado determinado обяснявам	mesón мезон
inversamente proporcional	meteorito метеорит
	mínimo de interferencia интерференчен минимум
	modelo de cuerpo negro модел черно тяло
	moderador de neutrones забавител на неутрони
	muon мюон

Nd: YAG (neodimio-YAG) итриев алуминиев гранат, легиран с неодим
nebulosa planetaria планетарна мъглявина
nebulosa мъглявина
neodimio неодим
neutrino неутрино
nivel energético енергетично ниво
normal (f.) перпендикулярен
núcleo ferromagnético желязна сърцевина
nucleón нуклон
número másico масово число
ohmio (Ω) ом
onda de De Broglie вълна на Дьо Бройл
onda longitudinal надлъжна вълна
onda mecánica механична вълна
onda plana плоска вълна
onda transversal напречна вълна
pararrayos мълниеотвод
parcialmente reflectante частично отразяващ
péndulo махало
perforación del dieléctrico пробив на изолатора
período de semidesintegración (semivida) период на полуразпадане
plasma (m.) плазма
polarización dieléctrica диелектрична поляризация
portador de la interacción носител на взаимодействието
positrón позитрон
potencia 1. степен (мат.); 2. мощност
potencial del campo electrostático потенциал на електростатичното поле
prisma призма
proceso reversible обратим процес
propagación разпространение
propagarse разпространявам се
protección electrostática електростатична защита (електростатино екраниране)
protoestrella протозвезда

púlsar пулсар
purificación de gases пречистване на газове
quark кварк
radiación = emisión излъчване
radiación característica = rayos X característicos характеристично рентгеново лъчение
radiación de frenado = rayos X de frenado спиращо рентгеново лъчение
radiación ionizante йонизиращо лъчение
radiación térmica = emisión térmica топлинно излъчване
radiactividad artificial изкуствена радиоактивност
radiactividad natural естествена радиоактивност
radiactividad радиоактивност
ranura жлеб; процеп
rayo 1. мълния; 2. лъч
rayo en bola кълбовидна мълния
rayo incidente падащ лъч
rayo luminoso светлинен лъч
rayos gamma гама лъчи
rayos X рентгенови лъчи
reacción en cadena верижна реакция
reacción nuclear ядрена реакция
reactor termonuclear термоядрен реактор
recipiente съд
rectificador токоизправител
red eléctrica електрическа мрежа
reflejar отразявам
reflexión отражение
reflexión especular огледално отражение
reflexión difusa дифузно отражение
reflexión total (interna) пълно вътрешно отражение
refracción пречупване
refractar пречупвам
regla de los dedos plegados правило на свитите пръсти

regla de los dedos extendidos *правило на опънатите пръсти*

rejilla *решетка*

rendija *процеп*

resistencia *съпротивление*

resistencia óhmica *омово съпротивление*

resonador *резонатор*

resorte = muelle *пружина*

rotor *ротор*

saturar *насищам,*

sección transversal *напречно сечение*

secuencia principal *главна последователност*

selector de partículas *селектор (филтър) на заредени частици – устройство за отделяне на частици с еднакви скорости*

semicircular *полукръгъл*

seno *синус*

separación entre las rendijas *разстояние между процепите = константа на дифракционната решетка*

sievert (Sv) *сиверт*

solenoid *соленоид*

sustancia diamagnética *диамагнитно вещество*

sustancia ferromagnética *феромагнитно вещество*

sustancia paramagnética *парамагнитно вещество*

tangente *допирателна*

taón *таон*

tecnologías de corte y soldadura mediante haces electrónicos *електронно-лъчеви технологии за рязане и заваряване*

temperatura absoluta *температура, измерена в градуси Келвин*

temperatura de Curie *температура на Кюри*

teoría corpuscular *корпускуларна теория*

tesla (T) *тесла*

tormenta magnética *магнитна буря*

toroide *тороид (геом. форма)*

trabajo de extracción *отделителна работа*

transformador elevador *повишаващ трансформатор*

transformador reductor *понижаващ трансформатор*

transformador *трансформатор*

tratar datos *обработвам данни*

tubo de rayos X *рентгенова тръба*

tubo de vacío *вакуумна тръба*

uniforme = constante = invariable *равномерен, постоянен*

uranio enriquecido *обогатен уран*

unidad *единица*

unidad de medida *мерна единица*

unidad derivada *производна единица*

unidad fundamental *основна единица*

vacío *вакуум*

valor efectivo *ефективна стойност*

valor instantáneo *моментна стойност*

válvula de vacío *вакуумна тръба*

vatio (W) *ват*

voltaje = diferencia de potencial = tensión *напрежение*

voltaje alterno *променливо напрежение*

voltaje continuo *постоянно напрежение*

voltaje de entrada *входно напрежение*

voltaje de retardo *спирачно напрежение*

voltaje de salida *изходно напрежение*

voltio (V) *волт*

APÉNDICE

Tabla 1. Magnitudes y unidades fundamentales en el SI

<i>Magnitud</i>	<i>Unidad</i>	<i>Símbolo de la unidad</i>
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
temperatura	grado Kelvin	K
cantidad de sustancia	mol	mol
intensidad de corriente	amperio	A
intensidad luminosa	candela	cd

Tabla 2. Ejemplos de magnitudes y unidades derivadas

<i>Magnitud</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Unidad derivada</i>
área	$S = L.L$	m^2
densidad	$\rho = m/V$	kg/m^3
volumen	$V = L.L.L$	m^3
velocidad	$v = s/t$	m/s
aceleración	$a = \Delta v/t$	m/s^2
fuerza	$F = m.a$	$[N] = [kg.m/s^2]$
presión	$p = F/s$	$[Pa] = [N/m^2]$
trabajo	$A = F.s$	$[J] = [N.m]$

Tabla 3. Múltiplos y submúltiplos de las unidades de medida

	<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valor</i>		<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valor</i>
Múltiplos	Tera	T	10^{12}	Submúltiplos	deci	d	10^{-1}
	Giga	G	10^9		centi	c	10^{-2}
	Mega	M	10^6		mili	m	10^{-3}
	kilo	k	10^3		micro	μ	10^{-6}
	hecto	h	10^2		nano	n	10^{-9}
	deca	da	10		pico	p	10^{-12}

Tabla 4. Nociones de la matemática

$a + b$	a más b
$a - b$	a menos b
$a < b$	a menor que b
$a > b$	a mayor que b
$p \cdot q$	p multiplicado por q
p/q	p dividido por q
$p = q$	p es igual a q
$m \approx n$	m es aproximadamente igual a n
\perp	es perpendicular a...
\sqrt{a}	raíz cuadrada de a
p^n	p en la potencia n
$p \rightarrow \infty$	p tiende a infinito
a_1	a sub uno
$ a $	el valor absoluto de a

Tabla 5. Las operaciones matemáticas

sumar	la adición	la suma	los sumandos
restar, sustraer	la sustracción	el resto	el sustraendo
multiplicar	la multiplicación	el producto	el multiplicando el multiplicador
dividir, partir	la división	el cociente	el dividendo, el divisor

BIBLIOGRAFÍA

1. J. I. del Barrio, J. Puente, A. Caamaño, M. Agustench, 2010, Bachillerato Física y Química 1, Madrid, Ediciones SM.
2. J. Puente, N. Romo, M. Pérez, J. Alonso, 2009, Bachillerato, Física y Química 2, Madrid, Ediciones SM.
3. R. Fernández Cruz, L. de Peña Segador, J. L. Hernández Pérez, A. Lozano Pradillo, 2005, Enlace 1 Física y Química, Bachillerato, Barcelona, Editorial Vicens Vives.
4. Diccionario de Física, 1998, Madrid, Editorial Complutense, S. A.
5. Guía escolar VOX Física y Química, 1993, Barcelona, Editorial Bibliograf, S. A.
6. Guía escolar VOX Ciencias Naturales, 1993, Barcelona, Editorial Bibliograf, S. A.

IMÁGENES Y GRÁFICAS

Petar Herakov, Melissa Arenillas Haro, Lili Samurkova, <https://pixabay.com>, Wiki Commons Public Domain, Documentación libre de GNU y Creative Commons.

ENLACES

PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. <https://phet.colorado.edu>

CERN <https://home.cern>

<https://hubblesite.org/>

<https://www.astromia.com>

QR CÓDIGOS

Lección 9, problema 4: <https://www.imamagnets.com/blog/liquido-magnetico/>

Lección 10, problema 5: <https://home.cern/science/accelerators/accelerator-complex>

Lección 35, problema 12: https://geolodiaavila.com/2019/04/03/metodo-de-datacion-por-radiocarbono-o-carbono-14/?fbclid=IwAR0I-eYpR1uuPrzx9RZJbzSZB2krEGkCb4snAN183JKip81tonq5gp-sR_M

