

Cargas y fuerzas eléctricas

Y QUÍMICA **FÍSICA** **3**^{ESO} **sm**

CONTENIDO

| | | |
|----------|---------------------------------|----|
| 1 | Programación de aula* | 2 |
| 2 | Sugerencias didácticas | |
| | • Presentación de la unidad | 6 |
| | • Contenidos | 6 |
| | • Trabajo en el laboratorio | 9 |
| | • Pon a prueba tus competencias | 10 |
| 3 | Actividades de refuerzo | 12 |
| 4 | Actividades de ampliación | 14 |
| 5 | Propuestas de evaluación | 18 |
| 6 | Solucionario de la unidad | 21 |

*(Esta programación podrás encontrarla también en el CD Programación)

Unidad 8 Cargas y fuerzas eléctricas

Los contenidos de esta unidad corresponden al Bloque II del currículo oficial de la asignatura de Física y Química, *Energía y electricidad*, que se imparte en el tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria.

Las dos últimas unidades del libro abordan el estudio del electromagnetismo. En esta se precisa el origen de la carga eléctrica y sus interacciones. Inicialmente se mencionan algunos momentos y científicos sobresalientes que a lo largo de la historia han contribuido a proporcionar las explicaciones más satisfactorias de los fenómenos eléctricos y se estudia la naturaleza eléctrica de la materia.

La electrización se utiliza para introducir los dos tipos de carga que existen, y a continuación se profundiza en su naturaleza. Tras formalizar la unidad con que se mide, es posible cuantificar la fuerza que se establece entre dos cargas puntuales con la ley de Coulomb. Para explicar esa interacción, se llega a la noción de *campo*, a su intensidad y su representación.

Para finalizar, se clasifican los materiales según su conductividad: aislantes y conductores. Estos últimos permiten el movimiento de cargas por ellos, lo que prepara el terreno para un nuevo concepto, la corriente eléctrica, que será tratado en la siguiente unidad.

Esta unidad permite trabajar competencias básicas tales como **aprender a aprender**, competencia **matemática**, competencia **lingüística**, competencia para la **interacción con el mundo físico** y competencia para el **tratamiento de la información y competencia digital**.

| OBJETIVOS | CRITERIOS DE EVALUACIÓN | COMPETENCIAS BÁSICAS |
|---|--|--|
| 1. Entender el origen de la carga eléctrica y su relación con la estructura de la materia. | 1.1. Relacionar la carga eléctrica con la estructura atómica de la materia. | <ul style="list-style-type: none"> • Lingüística. • Aprender a aprender. • Interacción con el mundo físico. • Tratamiento de la información y competencia digital. |
| | 1.2. Describir los diferentes fenómenos de electrización de los cuerpos. | |
| 2. Conocer los tipos de cargas eléctricas y describir las interacciones entre cargas puntuales y en reposo. | 2.1. Conocer y utilizar correctamente las unidades más comunes de medida de la carga eléctrica. | <ul style="list-style-type: none"> • Matemática. • Aprender a aprender. • Interacción con el mundo físico. • Tratamiento de la información y competencia digital. |
| | 2.2. Calcular fuerzas entre cargas eléctricas utilizando la ley de Coulomb y explicar las fuerzas eléctricas aplicando el concepto de campo. | |
| 3. Conocer el comportamiento de los distintos materiales en presencia de las cargas eléctricas. | 3.1. Diferenciar los materiales según su conductividad. | <ul style="list-style-type: none"> • Aprender a aprender. • Interacción con el mundo físico. • Tratamiento de la información y competencia digital. • Lingüística. |
| | 3.2. Conocer cómo se distribuyen las cargas eléctricas en los materiales conductores. | |

CONTENIDOS

- La electricidad en la historia.
 - Concienciación de la trascendencia que tienen los avances científicos para el progreso de la humanidad.
- Naturaleza eléctrica de la materia.
 - Electrizar cuerpos empleando distintos métodos.
- La carga eléctrica y su medida.
 - Manejar el electroscopio y el electrómetro.
 - Disposición a expresarse mediante expresiones y términos científicos idóneos en cada situación.
- Las fuerzas eléctricas.
 - Resolver ejercicios numéricos en los que intervenga la ley de Coulomb.
- El campo eléctrico.
 - Resolver ejercicios numéricos en los que intervenga la intensidad de campo eléctrico.
 - Representar e interpretar las líneas de campo de distribuciones elementales.
- Conductores y aislantes.
 - Diferenciar entre conductores y aislantes en materiales de uso cotidiano.
 - Identificar la distribución de cargas en conductores en equilibrio eléctrico.
- Interés por el trabajo en equipo y el manejo cuidadoso del material de laboratorio.

Y además... podrás consultar esta programación didáctica y la legislación vigente en el CD Programación de *Tus recursos* y en <http://www.secundaria.profes.net>.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

1. Conocimientos previos

Aunque se trata de un tema novedoso para este curso, los alumnos conviven diariamente con la electricidad y sus efectos. Por ello, no será difícil apoyarse en ejemplos cotidianos en los que intervenga la electricidad.

Por otro lado, en el 2.º curso de ESO han estudiado ya la energía en los sistemas materiales y como concepto fundamental para el estudio de los cambios. Han valorado el papel de la energía en nuestras vidas y han analizado las diferentes fuentes de energía, renovables y no renovables, así como los problemas asociados a su obtención, transporte y utilización, y la concienciación de la importancia del ahorro energético.

De esta forma, podemos abordar la unidad introduciendo la electricidad como fuente de energía, teniendo en cuenta que también han estudiado otras fuentes de transferencia de energía, tales como el calor.

El estudio de la estructura atómica, tratado en la unidad 4 de este libro, también se hace necesario para abordar la naturaleza eléctrica de la materia.

2. Previsión de dificultades

La neutralidad eléctrica es un concepto que los alumnos tienden a definir de manera inexacta, pues lo confunden con la inexistencia de cargas. Conviene insistir en que se debe al equilibrio entre las cargas positivas y las negativas. El funcionamiento del electroscopio puede resultar complicado, por lo que se aconseja mostrarlo directamente en el aula.

En la carga elemental aparece una potencia de diez. Conviene repasar el uso de la calculadora para introducir la notación científica, pues muchos alumnos se equivocan al expresar/introducir los exponentes.

El carácter vectorial de la fuerza todavía no lo han estudiado y, sin embargo, es necesario indicar que cualquier fuerza implica conocer su valor numérico, dirección y sentido.

Las unidades de los enunciados pueden estar expresadas en múltiplos y submúltiplos de unidades del Sistema Internacional, lo que puede acarrear ciertas dificultades.

Al estudiar la ley de Coulomb solo para cargas puntuales, debemos aclarar qué se entiende por punto material y las aproximaciones que se realizan en ese sentido. Se debe dejar claro que siempre se van a realizar ejercicios con cargas que son o pueden tomarse como puntuales.

3. Vinculación con otras áreas

- **Ciencias de la naturaleza:** los fenómenos eléctricos en la naturaleza son conocidos por la totalidad de los alumnos. Las tormentas eléctricas, la electricidad estática y otros fenómenos naturales permiten enlazar estas disciplinas.
- **Ciencias sociales:** probablemente, la electricidad sea la forma de energía más utilizada por la humanidad. Muchos de los avances tecnológicos alcanzados en el último siglo se han apoyado, en gran medida, en la energía eléctrica.
- **Lengua castellana y Literatura:** el empleo del contexto verbal y no verbal y de las reglas de ortografía y puntuación. La lectura comprensiva de los textos propuestos, así como de los enunciados de los problemas y ejercicios.
- **Matemáticas:** varios de los ejercicios y problemas propuestos sobre las unidades de carga eléctrica y sobre la ley de Coulomb precisan la utilización de estrategias matemáticas en su resolución. También la traducción de expresiones del lenguaje cotidiano al algebraico.
- **Tecnología:** el manejo de las tecnologías de la información y la comunicación mediante el uso de los enlaces web propuestos en el texto, así como en diferentes proyectos, se pueden abordar enlazando con esta área.
- **Lengua extranjera:** búsqueda de información y desarrollo de trabajos en otro idioma.

4. Temporalización

Para desarrollar la unidad se recomienda la organización del trabajo en un mínimo de 12 sesiones:

Páginas iniciales (2 sesiones). *Lo que vas a aprender. Desarrolla tus competencias. Experimenta.*

Epígrafes 1 a 6 (6 sesiones). Contenidos. Resolución de ejercicios propuestos. Resolución de actividades.

Resumen y Trabajo en el laboratorio (2 sesiones). Repasar contenidos. Explicación y desarrollo de la práctica.

Pon a prueba tus competencias (2 sesiones). *Descubre tu entorno. Utiliza las TIC. Lee y comprende.*

5. Sugerencia de actividades

- Fabricación casera de un electroscopio.
- Fabricación de una pila con un limón y electrodos de cobre y cinc o de cobre y grafito.

6. Refuerzo y ampliación

Los distintos estilos de aprendizaje y las diferentes capacidades del alumnado pueden precisar de propuestas para afianzar y reforzar algunos contenidos. Se sugiere realizar las actividades de refuerzo que aparecen al final de este cuaderno.

La necesidad de atender a alumnos que muestren una destreza especial para la consolidación de los conceptos de la unidad hace preciso el planteamiento de actividades de ampliación, las cuales se proponen al final de este cuaderno.

CONTRIBUCIÓN DE LA UNIDAD A LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS BÁSICAS

Competencia para aprender a aprender.

En las secciones *Experimenta* y *Trabajo en el laboratorio* se puede trabajar la **construcción del conocimiento**, pues, a partir del método científico, el alumno debe relacionar la información e integrarla con los conocimientos previos y con la experiencia. También se desarrolla el pensamiento crítico y analítico y se potencia el pensamiento creativo. El alumno puede aplicar nuevos conocimientos en situaciones parecidas y admitir diversas respuestas posibles ante un mismo problema, buscando diferentes enfoques metodológicos para solventarlo.

Además, la unidad también trabajará el **manejo de estrategias para desarrollar las propias capacidades y generar conocimiento**, a partir del método científico aplicado al trabajo en el laboratorio, fomentando la observación y el registro sistemático de hechos y relaciones para conseguir un aprendizaje significativo, así como el desarrollo de experiencias de aprendizaje que fomentan las habilidades individuales y el trabajo cooperativo.

Competencia matemática.

En las actividades propuestas sobre las unidades de carga eléctrica y sobre la ley de Coulomb, se trabaja la **resolución de problemas** y la **relación entre el conocimiento matemático y la realidad**. En ellas se utilizan las matemáticas para el estudio y comprensión de situaciones cotidianas, se aplican estrategias de resolución de problemas adecuadas a cada situación y se expresa de forma adecuada la solución de un problema comprobando su validez.

Competencia lingüística.

A través de los textos que se proponen al principio (*Desarrolla tus competencias*) y al cierre de la unidad (*Descubre tu entorno* y *Lee y comprende*), y de los enunciados de las actividades, se trabaja la **comunicación oral y escrita** de modo que permitan conocer y comprender diferentes tipos de textos, adquirir el hábito de la lectura y aprender a disfrutar con ella.

Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

En las secciones *Experimenta* y *Trabajo en el laboratorio*, se fomenta la adquisición de esta competencia, mediante la **aplicación del método científico**. Los alumnos pueden reconocer la naturaleza, fortalezas y límites de la actividad investigadora, pueden diferenciar y valorar el conocimiento científico frente a otras formas de conocimiento, pueden identificar preguntas o problemas relevantes sobre situaciones reales o simuladas, o pueden realizar predicciones, obtener conclusiones basadas en pruebas y contrastar las soluciones obtenidas.

Las secciones *Descubre tu entorno* (*Las tormentas y los pararrayos*) o *Lee y comprende* (*La pila eléctrica*) permiten trabajar el **conocimiento y valoración del desarrollo científico-tecnológico**, haciendo que sean conscientes de las implicaciones éticas de la aplicación científica y tecnológica en diferentes ámbitos y de sus limitaciones, además de que conozcan y valoren la aportación del desarrollo de la ciencia y la tecnología a la sociedad.

Competencia para el tratamiento de la información y competencia digital.

A lo largo de toda la unidad, los alumnos encontrarán referencias a la página web LIBROSIVOS.NET; y a otros enlaces en las actividades propuestas o en la sección *Utiliza las TIC*, que les permitirán hacer **uso de las herramientas tecnológicas**. A través de vídeos, actividades interactivas, páginas web, etc. conocerán diferentes recursos tecnológicos y utilizarán los programas informáticos más comunes.

Otras competencias de carácter transversal

Competencia emocional.

A lo largo de toda la unidad se plantean cuestiones que pueden poner al alumno en contacto con sus propias emociones y con las de los demás, y se pueden hacer propuestas para ayudarle a gestionar sus sentimientos de manera constructiva.

TRATAMIENTO ESPECÍFICO DE LAS COMPETENCIAS BÁSICAS EN LA UNIDAD

A lo largo de la unidad se trabajan diversas competencias. Sugerimos un itinerario en el que se han seleccionado cinco de ellas, con el objeto de llevar a cabo un trabajo metódico y un registro de las mismas.

| COMPETENCIA 1º nivel de concreción | SUBCOMPETENCIA 2º nivel de concreción | DESCRIPTOR 3º nivel de concreción | DESEMPEÑO 4º nivel de concreción |
|--|--|--|---|
| Competencia para aprender a aprender | Construcción del conocimiento. | Relacionar la información con los conocimientos y con la experiencia. Desarrollar el pensamiento crítico, analítico y creativo. | Mediante el trabajo en el laboratorio, obtiene información y la relaciona con los conocimientos adquiridos previamente. Desarrolla el pensamiento crítico y analítico, y muestra creatividad. – Experimenta (págs. 147 y 151). – Trabajo en el laboratorio (pág. 157). |
| | Manejo de estrategias para desarrollar las propias capacidades y generar conocimiento. | Observar, registrar y relacionar hechos para aprender. Desarrollar experiencias de aprendizaje y adquirir habilidades individuales y de trabajo cooperativo. | Aprende por la observación y el registro sistemático de hechos y relaciones, a partir de las experiencias de laboratorio, y adquiere habilidades individuales de aprendizaje y de trabajo cooperativo. – Experimenta (págs. 147 y 151). – Trabajo en el laboratorio (pág. 157). |
| Competencia matemática | Resolución de problemas. Relacionar y aplicar el conocimiento matemático. | Aplicar estrategias de resolución de problemas adecuadas. Expresar correctamente la solución de un problema y comprobar su validez. | Mediante la correcta resolución de problemas, aplica las estrategias convenientes, expresa adecuadamente las soluciones y comprueba su validez. – Actividades: 7, 8, 9, 11, 12, 13, 24 a 30, 33, 36 a 38, 40 a 42, 44 a 47 y 56. |
| Competencia lingüística | Comunicación oral en diferentes contextos. | Comprender e interpretar todo tipo de mensajes orales en situaciones comunicativas y con intenciones diferentes. | Comprende e interpreta adecuadamente los textos orales propuestos en la unidad. – Desarrolla tus competencias (pág. 147). – Descubre tu entorno (pág. 162). – Lee y comprende (pág. 163). |
| | Comunicación escrita en diferentes contextos. | Leer, buscar, recopilar, procesar y sintetizar la información contenida en un texto para contribuir al desarrollo del pensamiento crítico. | Procesa y resume la información y responde correctamente a las cuestiones formuladas sobre los textos planteados en la unidad. – Desarrolla tus competencias (pág. 147). – Descubre tu entorno (pág. 162). – Lee y comprende (pág. 163). |
| Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico | Aplicación del método científico en diferentes contextos. | Realizar predicciones con los datos que se poseen, obtener conclusiones basadas en pruebas y contrastar los resultados. | Conoce el método científico y resuelve correctamente las cuestiones planteadas en lo que se refiere al trabajo en el laboratorio. – Experimenta (págs. 147 y 151). – Trabajo en el laboratorio (pág. 157). |
| | Conocimiento y valoración del desarrollo científico-tecnológico. | Conocer las implicaciones éticas de la aplicación científica y tecnológica y sus limitaciones. Conocer y valorar la aportación del desarrollo de la ciencia y la tecnología a la sociedad. | Es consciente de las implicaciones éticas y limitaciones de la aplicación científica y tecnológica de los procesos químicos y valora su aportación al desarrollo científico y social. – Las tormentas y los pararrayos (pág. 162). – La pila eléctrica (pág. 163). |
| Competencia para el tratamiento de la información y competencia digital | Obtención, transformación y comunicación de la información. | Buscar y seleccionar información, con distintas técnicas según la fuente o soporte. | Busca en diferentes páginas de internet para complementar la información. – LIBROSVIVOS.NET (págs.: 147, 149, 151, 152, 155 y 161). – Actividades: 23, 31, 53 y 56. – Utiliza las TIC (pág. 163). |
| | Uso de las herramientas tecnológicas. | Identificar y utilizar las TIC como herramienta de aprendizaje, trabajo y ocio. | Conoce diferentes recursos tecnológicos y los utiliza adecuadamente. – LIBROSVIVOS.NET (págs.: 147, 149, 151, 152, 155 y 161). – Actividades: 23, 31, 53 y 56. – Utiliza las TIC (pág. 163). |

EDUCACIÓN EN VALORES

Los contenidos de la unidad y el trabajo por competencias permiten desarrollar la *educación en valores*:

- La generalización del uso de la electricidad para el alumbrado público y doméstico da pie a abordar la **educación medioambiental**.
- La **educación para la salud** puede tratarse desde los posibles riesgos de la telefonía móvil (terminales y antenas), desde las tormentas eléctricas, etc.
- Se puede trabajar la **educación para el consumo** desde el punto de vista del empleo de la electricidad en la vida cotidiana y la importancia de su ahorro.

MATERIALES DIDÁCTICOS

LABORATORIO

Electroscopio y soporte aislante; paño de lana; varillas de vidrio, plástico y hierro; varillas de otros materiales (ebonita, grafito, metales diversos, etc.).

INTERNET

<http://www.secundaria.profes.net>

Presentación de la unidad

- Durante mucho tiempo, la tecnología eléctrica fue por delante de una teoría que explicara los hechos que se producían. Por ejemplo, se construían pararrayos, pero se hablaba de fuego eléctrico. Solo tras el descubrimiento del electrón en 1897 y de la estructura atómica puede comprenderse verdaderamente el significado de la carga eléctrica. En la unidad se presentan ambas vertientes, tanto un recorrido histórico como un estudio desde la óptica actual y más rigurosa.
- En concreto, pretendemos que el alumnado conozca los fenómenos de electrización de los cuerpos, sea capaz de relacionar la carga eléctrica con la estructura atómica de la materia, aprenda a calcular valores de fuerzas eléctricas, valore la importancia del concepto de campo eléctrico y conozca la clasificación de los materiales en conductores y aislantes, según permitan o no el movimiento de las cargas a través de ellos, así como la distribución de las cargas eléctricas en un conductor.
- La introducción y las preguntas que se sugieren en esta página ayudarán a iniciar un proceso reflexivo, trabajando la comprensión lectora y avanzando poco a poco a

lo largo de toda la unidad para finalizar, a modo de síntesis, en *Pon a prueba tus competencias*.

- Para despertar el interés de los alumnos se debería efectuar la lectura propuesta y trabajar sobre las cuestiones planteadas, propiciando un clima de reflexión y discusión constructiva que lleve a su resolución.
- A partir de la lectura, los alumnos pueden comprobar la estrecha relación que existe entre fenómenos naturales aparentemente tan dispares como las tormentas y la propiedad del ámbar de atraer pequeñas partículas. En este sentido, el enlace LIBROSIVOS.NET permitirá a los alumnos averiguar la relación de estos fenómenos con la electricidad.
- La actividad *Experimenta* será un buen punto de partida para comenzar a trabajar sobre los epígrafes que aparecen en la unidad. Además de ser una experiencia sencilla, realizable en casa, se puede pedir a los alumnos que investiguen otros fenómenos similares que suceden cotidianamente, tales como los calambres que se sienten al tocar un coche, o al dar la mano a una persona situada sobre una moqueta.

1. La electricidad en la Historia

Aunque siempre se personaliza, es interesante recalcar que el avance científico es una labor colectiva; cada descubrimiento se apoya en los anteriores y suelen ser, cada vez más, fruto del trabajo en equipo.

Además, el conocimiento que proporciona la ciencia siempre ha de tomarse como provisional; es la mejor opción para aproximarse a la realidad, aunque no proporciona verdades absolutas e inmutables, como se pone de manifiesto en este breve recorrido por la concepción sobre la electricidad.

Este epígrafe hace un repaso desde los primeros experimentos de Benjamin Franklin hasta los estudios de Coulomb, pasando por los descubrimientos de Faraday y Henry y las primeras aplicaciones en la construcción de transformadores y generadores, sin olvidar la lámpara de incandescencia de Edison, hasta las aplicaciones más avanzadas de la electricidad como el ordenador o el teléfono móvil.

La llamada del margen acerca de cómo hacer un uso responsable de las pilas alcalinas debe tratarse desde la perspectiva de la necesidad que tenemos de utilizar fuentes que produzcan la mayor cantidad de energía posible,

sin olvidar el compromiso que tenemos de no contaminar el medio que nos rodea.

Las fotografías mostradas al final del epígrafe permiten hacer una reflexión acerca de los impresionantes avances de la ciencia en los últimos 150 años, en comparación con la aparente lentitud de los siglos anteriores. Podemos comprobar cómo la tecnología ha experimentado un crecimiento exponencial gracias a la aplicación del método científico. Así trabajaremos competencias como la de interacción con el mundo físico.

También permiten trabajar la educación en valores, abordando aspectos relacionados con la educación medioambiental y con la educación para la salud, a partir de la fotografía del coche eléctrico, antes comentada.

La resolución de los ejercicios propuestos, *Analiza y aplica*, también permitirá a los alumnos trabajar sobre aspectos medioambientales y de consumo al investigar sobre las pilas que se depositan en los puntos de recogida, valorando si el uso responsable de estos dispositivos es o no imprescindible. La actividad referente a un día sin electricidad podría ser el punto de partida para llevar a cabo un interesante debate en el aula.

Notas

2. Naturaleza eléctrica de la materia

La estrecha relación entre los átomos y la electricidad se pone de manifiesto en este apartado. Actualmente, los fenómenos eléctricos se explican a partir de la estructura atómica de la materia, estudiada ya en anteriores unidades.

En el enlace LIBROSIVOS.NET, los alumnos pueden descubrir varios experimentos que demuestran la naturaleza eléctrica de la materia.

Las ilustraciones de la página, acerca de los fenómenos de electrificación, apoyan su explicación y dan pie a la introducción de una nueva magnitud física a la que se denomina carga eléctrica.

Conviene hacer hincapié en la arbitrariedad de los nombres asignados a las dos clases de cargas (positiva y negativa), que se deducen de las fuerzas que pueden aparecer entre ellas.

La neutralidad eléctrica es un concepto que los alumnos tienden a definir de manera inexacta, pues lo confunden con la inexistencia de cargas. Conviene insistir en que se

debe al equilibrio entre las positivas y las negativas. Es importante llegar a la conclusión de que el origen de la carga eléctrica de los cuerpos está en el desequilibrio entre el número de protones y electrones de sus átomos.

El principio de conservación de la carga eléctrica, ilustrado en el margen de la página, es un aspecto fundamental en el desarrollo de esta unidad. Manteniendo la relación entre las cargas eléctricas de los cuerpos y la estructura de sus átomos, llegaremos a la conclusión de que la carga eléctrica total de un sistema aislado, es decir, la suma de las cargas positivas y negativas, permanece constante.

Al hablar de sistema material aislado, puede ser interesante definirlo y, como ampliación, diferenciarlo de los sistemas cerrados y abiertos.

Los dos ejercicios propuestos en la sección *Interpreta y justifica* permitirán al alumnado elaborar un estudio sobre el carácter eléctricamente neutro de la mayoría de los materiales, así como investigar sobre la conservación de la carga eléctrica en los sistemas aislados.

3. La carga eléctrica y su medida

En este epígrafe vamos a estudiar las unidades de carga eléctrica más habituales. Partiendo del hecho de que un cuerpo adquiere carga positiva cuando pierde electrones, y carga negativa cuando los gana, se presenta la carga del electrón como unidad natural de carga eléctrica.

A partir de ahí, se introduce el culombio (C) como la unidad de carga en el Sistema Internacional, por ser más práctica que la carga del electrón, cuyo valor es muy pequeño. Tendremos en cuenta, también, los submúltiplos más utilizados del culombio: el miliculombio (mC) y el microculombio (μC).

Puesto que, con frecuencia, se trabaja con notación científica, es conveniente que los alumnos manejen con soltura el cálculo mental de las potencias de 10. También es necesario que adquieran práctica en el manejo de la calculadora.

A continuación explicaremos el funcionamiento del electroscopio, subrayando que se trata de un instrumento que detecta la presencia de cargas eléctricas y no proporciona información cuantitativa, ya que para ello haría falta un electrómetro, el cual lleva incorporada una escala graduada sobre la que se mide el valor de la carga eléctrica.

Para explicar el funcionamiento del electroscopio podremos apoyarnos en la fotografía y en la ilustración que aparecen en la primera página del epígrafe; aunque si fuera

posible, sería interesante llevar un electroscopio al aula, dado que la mejor forma de hacer comprender su funcionamiento es mostrarlo.

Explicaremos que existe la posibilidad de determinar el signo de la carga eléctrica de un electroscopio cargado, para lo que necesitaremos otro cuerpo del que se conozca el signo de su carga (por ejemplo, una varilla de vidrio frotada con lana tiene carga positiva). Ello nos lleva a realizar la práctica de la sección *Experimenta* que aparece en la segunda página.

Para dar más vistosidad al experimento podemos fabricar un electroscopio en clase con papel aluminio, un tarro de mermelada, un corcho y un alambre.

En el enlace LIBROSIVOS.NET aparece una animación donde se explica el fenómeno de la electrificación.

La llamada del margen, *Ten en cuenta*, da pie a desarrollar un trabajo de investigación acerca de las causas más comunes de la aparición de electricidad estática, en numerosos objetos.

La explicación de los ejercicios resueltos ayudará a trabajar, de forma práctica, el concepto de carga eléctrica y el manejo de sus unidades.

Por último, los ejercicios propuestos permitirán que el alumnado consolide los contenidos estudiados en este epígrafe.

Notas

4. Las fuerzas eléctricas

Un buen comienzo será a partir de una breve explicación de la balanza de torsión inventada por Coulomb para estudiar el valor de las fuerzas eléctricas.

A través de las ilustraciones de esta página, podremos abordar el estudio de dichas fuerzas, con una magnitud directamente proporcional al valor de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, concluyendo con el enunciado de la ley de Coulomb.

También nos podremos apoyar en la página LIBROSVIVOS.NET, la cual presenta una animación con la que los alumnos pueden ampliar sus conocimientos sobre fuerzas atractivas y repulsivas.

Es importante indicar a los alumnos que el estudio de cualquier fuerza implica conocer su valor numérico, dirección y sentido. Para ello, son muy ilustrativos los dibujos del final de la página.

Los tres factores de los que depende la fuerza entre cargas (valor de las cargas, distancia y medio en que se encuentran) deben presentarse paso a paso e introducir la ley de Coulomb como un enunciado que los sintetiza. El apoyo en las gráficas es muy conveniente.

A continuación, estudiaremos la expresión matemática de la ley de Coulomb, mencionando su validez solo para cargas puntuales, aclarando qué se entiende por punto material y las aproximaciones que se realizan en ese sentido. Debemos dejar claro que siempre se van a realizar ejercicios con cargas que son o pueden tomarse como puntuales.

Conviene hablar también de la utilidad de formular la ley de Coulomb en función de la constante dieléctrica y de su valor en el vacío, para definir de nuevo el culombio como la cantidad de carga eléctrica que ejerce una fuerza de $9 \cdot 10^9$ N sobre otra carga igual situada a 1 m de distancia en el vacío.

Las unidades de los enunciados pueden estar expresadas en múltiplos y submúltiplos de unidades del Sistema Internacional. Al igual que en el epígrafe anterior, es aconsejable repasar esas transformaciones.

La explicación de los ejercicios resueltos ayudará a trabajar de forma práctica con la ley de Coulomb, y a calcular la fuerza entre cargas puntuales que se encuentran en distintos medios.

Por último, los ejercicios propuestos permitirán que el alumnado practique y consolide los contenidos estudiados en este epígrafe.

5. El campo eléctrico

Antes de comenzar la explicación del epígrafe, puede plantearse el interrogante de cómo justificar la interacción entre cargas que no están en *contacto*. Así, se llega al concepto de campo y se puede indicar que trasciende el ámbito de la electricidad: campos gravitatorio, magnético...

La fotografía del margen, en la cual se muestra una región perturbada por una carga puntual, servirá de punto de partida en nuestra explicación sobre el campo eléctrico.

Debemos recalcar que una carga es suficiente para generar un campo eléctrico, pero que es necesaria otra para detectarlo a través de la fuerza que induce en ella.

La definición de intensidad de campo eléctrico puede resultar algo compleja para nuestros alumnos, por lo que conviene definirla como la fuerza ejercida sobre la unidad de carga positiva situada en ese punto, sin olvidarnos de transmitir que la unidad de intensidad de campo eléctrico es el newton por culombio (N/C).

En este epígrafe, la información visual es la predominante, por lo que los dibujos del margen serán de gran ayuda para explicar las fuerzas ejercidas sobre cargas de distinto signo en un campo eléctrico, así como las líneas de campo creadas por cargas puntuales.

En ocasiones, el sentido de las líneas de campo es un detalle que se olvida o se invierte, por lo que conviene insistir en ello, teniendo en cuenta que se trata de un criterio aleatorio, ya que se toma como referencia una carga eléctrica positiva ideal (puntual y sin masa).

El ejercicio resuelto permite relacionar de forma práctica, a partir de la ley de Coulomb, la intensidad del campo eléctrico y la fuerza que actúa sobre una carga puntual.

De igual forma, la resolución del ejercicio propuesto permitirá a los alumnos consolidar los conceptos aprendidos.

Notas

6. Conductores y aislantes

Una buena manera de exponer los conceptos de conductor y aislante a los alumnos es llevar a la práctica el ejemplo que se expone al comienzo del epígrafe, utilizando un electroscopio y dos varillas, una de madera y otra de cobre, que hayan sido electrizadas previamente. Para repasar el funcionamiento, podemos apoyarnos en la ilustración correspondiente.

A continuación, los alumnos pueden realizar una clasificación entre materiales conductores y aislantes, de forma experimental, utilizando el electroscopio con diferentes objetos (bolígrafos, llaves, etc.), y comprobar si el aparato detecta o no cargas eléctricas. Aclararemos que en la realidad no hay aislantes ni conductores perfectos, sino que es más correcto hablar de buenos aislantes y de buenos conductores.

Para mejorar la comprensión de la conductividad de los materiales, puede ser necesario repasar los conceptos asociados a la estructura atómica y al enlace metálico, dado que la diferencia entre conductores y aislantes se explica por su diferente estructura atómica, desde el punto de vista de que en los conductores hay electrones libres que pueden moverse, mientras que en los aislantes, están ligados a átomos concretos y no es fácil su desplazamiento.

Aclararemos que al cargar un conductor, la carga se distribuye y alcanza el equilibrio electrostático en un brevísimo tiempo.

Es importante explicar el fenómeno de la jaula de Faraday para mostrar cómo las cargas eléctricas en exceso, en un conductor en equilibrio eléctrico, se distribuyen en su superficie. Así, podemos ampliar la explicación a partir de la actividad 17, en la que, a través del enlace LIBROSVIVOS.NET, se puede ver un vídeo que describe el funcionamiento de la jaula de Faraday.

Es importante hablar del efecto punta, como colofón a todos los contenidos explicados en la unidad. No está de más aprovechar la aplicación (pararrayos) de un concepto científico (distribución de la carga en un conductor) para sostener que todo conocimiento científico tiene o puede tener en un futuro una utilidad práctica.

Es conveniente que no piensen en los rayos como la única manifestación cotidiana de las descargas eléctricas, como las chispas en la ropa y los calambres en los automóviles. Puede emplearse un generador de Van de Graaff para visualizar pequeñas descargas.

Los ejercicios propuestos permitirán a los alumnos analizar algunos casos prácticos que conducirán a un estudio más profundo sobre los efectos de la distribución de cargas.

Resumen

En esta página se muestran los contenidos de la unidad agrupados en tres bloques y ofreciendo una visión sintetizada de los principales conceptos, lo cual permite al alumno organizar las ideas más importantes.

El resumen es una buena herramienta para ejercitar la competencia lingüística, ya que permite trabajar la comunicación oral y escrita.

Como complemento, pueden proponerse resúmenes parciales de la unidad; por ejemplo:

- La electrización: concepto, tipos, procedimiento y materiales en los que resulta eficaz.
- Enumerar los instrumentos estudiados en la unidad, así como su finalidad y uso.
- Definir línea de campo y esquematizar sus propiedades.

Otra opción es realizar un diagrama de flujo mostrando algunas cajas vacías para que las completen los alumnos, de forma individual o por equipos.

Se pueden proponer grupos de tres o cuatro alumnos que preparen los contenidos a partir del resumen y elaboren una presentación, en PowerPoint, para exponer a sus compañeros. Cada equipo trabajará sobre los contenidos de cada uno de los bloques diferenciados.

Otra forma de utilizarlo es ampliarlo con los distintos aspectos tratados en el libro, a través de consultas bibliográficas o mediante una búsqueda por internet para ampliar alguno de los contenidos que muestra el resumen, trabajando así la competencia para el tratamiento de la información y competencia digital (TIC).

También se podría escribir un texto que una, de forma adecuada en dos o tres párrafos, todas las palabras en negrita del resumen.

Notas

Trabajo en el laboratorio. Identificación de conductores y aislantes

El electroscopio, visto a lo largo de toda la unidad, es un instrumento que detecta la presencia de cargas eléctricas y permite diferenciar los materiales conductores de los aislantes. Los primeros permiten el movimiento de cargas eléctricas a través de ellos, mientras que los segundos, no.

Como objetivo principal, se pretende que los estudiantes se familiaricen con el uso del electroscopio e identifiquen materiales conductores y aislantes.

Por otro lado, los alumnos deben ser capaces de interpretar las pruebas científicas y obtener conclusiones a partir de ellas.

Hay que insistir en que el montaje se debe hacer con especial cuidado, ya que de lo contrario estaríamos observando fenómenos engañosos.

Si la situación lo permite, en lugar del paño de lana y la varilla de vidrio puede utilizarse un electróforo, dispositivo para producir y transportar cargas eléctricas.

Las prácticas de laboratorio son una de las mejores ocasiones para promover el trabajo cooperativo: pueden formarse grupos de trabajo y puede encargarse una memoria de la práctica, no individual sino colectiva.

Los alumnos han de ser capaces de tomar medidas directas y realizar el correspondiente tratamiento de resultados en lenguaje científico. Continuaremos potenciando la actitud que exige el método científico, partiendo de la observación, siguiendo con la repetición numerosa de medidas, la anotación de datos y resultados y la obtención de conclusiones.

Es importante, como en todo trabajo de laboratorio, promover la limpieza del material y de las mesas de trabajo, así como hacer hincapié en las medidas básicas de seguridad que han de tener en cuenta para el desarrollo de la práctica.

PON A PRUEBA TUS COMPETENCIAS

Con este bloque final se busca afianzar las competencias seleccionadas específicamente en el itinerario: aprender a aprender, matemática, lingüística, de interacción con el mundo físico y tratamiento de la información y competencia digital.

DESCUBRE TU ENTORNO

Las tormentas y los pararrayos

Las actividades propuestas en esta sección se prestan a trabajar casi todas las competencias planteadas en la unidad.

Principalmente se abordará la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, ya que la lectura permite a los alumnos trabajar el conocimiento y valorar el desarrollo científico-tecnológico, haciéndolos conscientes de las implicaciones éticas de la aplicación científica y tecnológica en diferentes ámbitos y de sus limitaciones, además de conocer y valorar la aportación del desarrollo de la ciencia y la tecnología a la sociedad.

Además, se podrá abordar la competencia matemática con la resolución de las actividades 1 y 4, y la competencia para el tratamiento de la información y competencia digital, con la actividad 3.

Además, este apartado permite trabajar la educación en valores abordando aspectos relacionados con la educación para la salud. A partir de la actividad 6, se pueden enumerar algunas precauciones que hay que tener frente a las tormentas eléctricas. En parte, se podría abordar también algún aspecto sobre la educación medioambiental, dado que la causa de algunos incendios forestales se debe a la caída de rayos en los bosques.

UTILIZA LAS TIC

Conoce a los científicos

Este apartado es específico para desarrollar la competencia para el tratamiento de la información y competencia digital, utilizando los enlaces que se facilitan e investigando en la red.

También se pueden abordar las competencias aprender a aprender e interacción con el mundo físico, pues se trabaja la construcción del conocimiento y se fomenta la investigación y búsqueda de información para obtener unos resultados y elaborar alguna conclusión.

Por otro lado, la competencia lingüística se puede tratar desarrollando la comunicación oral y escrita a partir de las informaciones obtenidas en la búsqueda.

LEE Y COMPRENDE

La pila eléctrica

El texto permite abordar, principalmente, la competencia lingüística, trabajando la comunicación oral y escrita, extrayendo información del texto e interpretándolo, lo que también fomentaría la adquisición de la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

La lectura también permite trabajar la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico y la competencia aprender a aprender, pues trata sobre la necesidad de observar y experimentar para alcanzar avances tecnológicos de gran importancia para la humanidad.

Por último, el texto permite desarrollar la educación en valores, comenzando por la educación medioambiental, dada la necesidad de reciclar las pilas acumuladas a lo largo de nuestra vida cotidiana. La educación para la salud puede tratarse desde los riesgos que acarrea una mala gestión de las pilas de mercurio; y la educación para el consumo, desde el punto de vista del empleo de pilas recargables que, aunque más caras, tienen una duración mucho mayor.

ACTIVIDADES DE REFUERZO Y AMPLIACIÓN

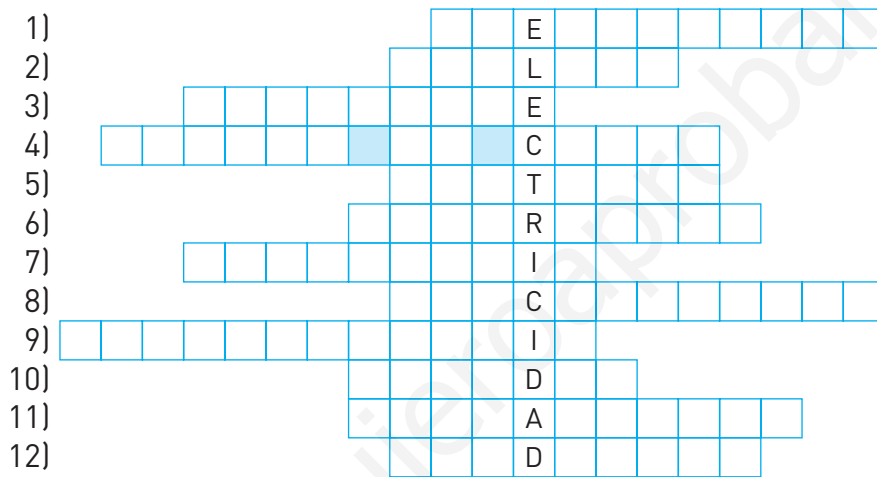
PROPUESTA DE EVALUACIÓN

www.yoquieroaprender.es

Unidad 8 Cargas y fuerzas eléctricas

1. Completa el siguiente acróstico.

- 1) Sirve para transportar carga eléctrica.
- 2) Físico que estudió las fuerzas eléctricas.
- 3) Sustancia que no permite el paso de cargas eléctricas por ella.
- 4) Representación gráfica del campo.
- 5) Una varilla con carga toca otra neutra, que se electriza por...
- 6) En las tormentas, conduce las descargas a tierra.
- 7) Sinónimo de inducción electrostática.
- 8) Mide la carga de los cuerpos.
- 9) Indica si un cuerpo está cargado.
- 10) Jaula de...
- 11) Tipo de electrización.
- 12) Antónimo de aislante.



2. Si en alguna ocasión has tocado la pantalla de un televisor con un brazo, has podido comprobar que el vello se eriza. ¿Tienes alguna explicación para este hecho?

3. Completa las siguientes frases referentes a la carga de las partículas subatómicas.

Los protones tienen carga _____, y los electrones, _____. Por eso, entre un protón y un electrón aparece una fuerza de _____, porque tienen carga de distinto signo, mientras que dos protones o dos electrones se _____, porque tienen carga de _____ signo.

En el Sistema Internacional de unidades, la carga eléctrica se mide en _____, cuya abreviatura es _____. ¿Recuerdas alguno de sus submúltiplos más empleados?

4. Con una mano sostenemos una varilla de vidrio previamente electrizada, y con la otra, una de cobre. Si las ponemos en contacto y las separamos posteriormente, puede comprobarse con un electroscopio que la barra de cobre no posee carga.

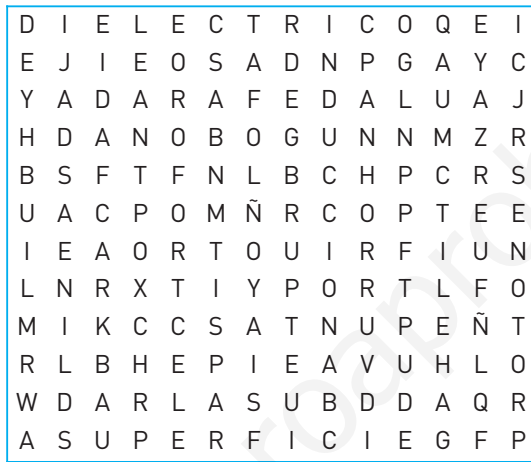
¿Por qué? ¿No ha habido electrización por contacto?

5. ¿Cuántos electrones suman una carga de $-30 \mu\text{C}$?

6. Sabiendo que el ion hierro (III) tiene una carga eléctrica equivalente a 3 protones, expresa su carga en culombios.
7. Completa el siguiente párrafo.
La _____ entre dos cargas eléctricas es _____ proporcional al _____ de las cargas e inversamente _____ al cuadrado de la _____ que las separa.
¿A qué ley hace referencia? Escribe su expresión matemática.
8. a) Calcula con qué fuerza se repelen 2 cargas eléctricas de +12 mC y +4 mC situadas en el vacío a una distancia de 4 mm.
La constante de proporcionalidad de la ley de Coulomb en el vacío es $9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.
b) Determina la fuerza eléctrica existente entre las 2 cargas del ejercicio anterior si se encontraran inmersas en etanol.
La constante de proporcionalidad de la ley de Coulomb en el etanol es $3,5 \cdot 10^8 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.
9. Calcula qué fuerza actúa sobre una carga puntual de +7 mC situada en un punto de un campo eléctrico en el que la intensidad es 500 N/C. Dibuja las líneas de campo creadas por dicha carga.
10. ¿De qué tipo de material están fabricados los mangos de los destornilladores? ¿Sería prudente hacerlos de acero?
11. Revisa paso a paso cómo es y cómo funciona un electroscopio.
a) Consta de cuatro elementos. Enuméralos.
b) ¿Cómo utilizarlo para saber si un cuerpo está electrizado?
c) ¿Qué hay que hacer para volver a emplearlo?
d) No permite cuantificar la carga. Para ello, ¿qué otro instrumento usarías?
e) ¿Hay alguna forma de que un electroscopio indique el signo de la carga de un cuerpo?
12. ¿Has oído hablar de la toma de tierra de los enchufes? Es una medida de seguridad que nos protege de descargas eléctricas ante un funcionamiento inadecuado de los aparatos que conectamos. Un pararrayos también está conectado a tierra. ¿Sabes para qué?
13. Une cada definición con el concepto asociado.
- | | |
|---|---------------|
| a) Estela luminosa originada al ionizarse las moléculas de aire por las que pasa el rayo. | 1) Rayo. |
| b) Corriente eléctrica entre nubes con acumulación de cargas de signo opuesto. | 2) Trueno. |
| c) Onda sonora provocada por el calentamiento súbito de la región adyacente al rayo. | 3) Relámpago. |

Unidad 8 Cargas y fuerzas eléctricas

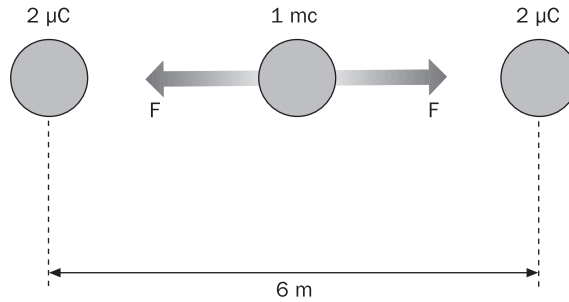
- Encuentra en la sopa de letras las palabras que faltan en las siguientes frases.
 - Un avión se comporta como una
 - La intensidad de campo eléctrico es la por unidad de carga.
 - es sinónimo de aislante.
 - En un pararrayos se aprecia el efecto de
 - En un conductor, la carga se distribuye en su superficie.
 - El campo eléctrico se representa mediante de fuerza.
 - El es un instrumento utilizado para electrizar por influencia.
 - La influencia es sinónimo de
 - Los tienen la misma carga que los electrones, aunque de signo contrario.
 - Cuando una carga se sitúa en el interior de un eléctrico, experimenta una fuerza.



- Para la electrización por influencia se ha propuesto en la unidad un procedimiento que requiere conexión a tierra. ¿Se te ocurre alguna manera de conseguir electrización por influencia o inducción sin necesidad de esa conexión?

- Calcula la fuerza eléctrica con que se atraen 2 cargas de $+5 \mu\text{C}$ y $-10 \mu\text{C}$, que distan 20 cm:
 - En el vacío.
 - En etanol.
 - En vidrio.
 Puedes consultar los datos necesarios en el libro de texto.

4. Dos cargas iguales de $2 \mu\text{C}$ se encuentran a 6 m una de otra. En el punto medio del segmento que las une se coloca una tercera carga, de 1 mC . ¿Qué fuerza experimenta? ¿Qué campo habrá en ese punto medio?



5. Realiza el ejercicio propuesto en la actividad anterior sustituyendo el valor de una de las cargas de $2 \mu\text{C}$ por otra de $-2 \mu\text{C}$.

6. Imagina el juego de las tres en raya. En cada una de las nueve casillas que lo forman se sitúa una carga puntual de $1 \mu\text{C}$. ¿Qué fuerza experimenta la carga central?

7. a) ¿Es igual la distribución de cargas en una esfera metálica maciza que en una hueca?
b) ¿Es igual en una esfera que en un cubo también metálico?

8. Proyecto de investigación

Prepara un pequeño trabajo, individualmente o en equipo, para exponer en el aula, sobre alguno de los siguientes temas o cualquier otro relacionado con los contenidos de la unidad.

- La piezoelectricidad es una propiedad de ciertos materiales, como el cuarzo o la turmalina, de acumular cargas eléctricas cuando son sometidos a una tracción o compresión, lo que puede generar una chispa. Documentate sobre el fenómeno y sus aplicaciones más cotidianas.
- ¿Has observado las interferencias que se perciben al acercar un teléfono móvil a un micrófono? ¿Serías capaz de emitir una hipótesis sobre la causa de este fenómeno?

Unidad 8 Cargas y fuerzas eléctricas

SOLUCIONARIO

- | | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| 1. 1) Electrífico. | 4) Líneas de campo. | 7) Influencia. | 10) Faraday. |
| 2) Coulomb. | 5) Contacto. | 8) Electrómetro. | 11) Frotamiento. |
| 3) Aislante. | 6) Pararrayos. | 9) Electroscopio. | 12) Conductor. |

2. La pantalla de un televisor encendido tiene carga y, al tocarla con el brazo, se electriza por contacto. Los pelos adquieren carga del mismo signo y tienden a repelerse, lo que provoca que se ericen.

3. Los protones tienen carga *positiva*, y los electrones, *negativa*. Por eso, entre un protón y un electrón aparece una fuerza de *atracción*, porque tienen carga de distinto signo, mientras que dos protones o dos electrones se *repelen*, porque tienen carga de *igual* signo. En el Sistema Internacional de unidades, la carga eléctrica se mide en *culombios*, cuya abreviatura es *C*.

Los submúltiplos más empleados son: miliculombio ($1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$) y microculombio ($1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$).

4. La varilla de cobre se electriza por contacto, pero a través de la mano, la carga fluye hasta el suelo y se descarga. Para retener las cargas en el metal, deberíamos asir la varilla de cobre con un paño aislante.

5. Un culombio equivale a la carga de $6,25 \cdot 10^{18}$ electrones. La carga dada es $q = -30 \mu\text{C} = -30 \cdot 10^{-6} \text{ C} = -3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$, por tanto: $3 \cdot 10^{-5} (\text{C}) \cdot 6,25 \cdot 10^{18} \left(\frac{\text{electrones}}{\text{C}} \right) = 1,88 \cdot 10^{14}$ electrones

6. La carga eléctrica del protón es la misma que la del electrón, pero de signo positivo. Por tanto, la carga del ion es: $q = 3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

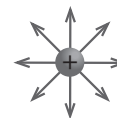
7. La *fuerza* entre dos cargas eléctricas es *directamente* proporcional al *producto* de las cargas e *inversamente proporcional* al cuadrado de la *distancia* que las separa. Hace referencia a la ley de Coulomb, que puede expresarse

$$\text{como: } F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$8. \text{ a) } F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(4 \cdot 10^{-3})^2} = 2,7 \cdot 10^4 \text{ N} \quad \text{b) } F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 3,5 \cdot 10^8 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(4 \cdot 10^{-3})^2} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ N}$$

9. La fuerza de Coulomb se puede expresar en función de la intensidad del campo eléctrico:

$$F = q' E = 7 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$



10. Normalmente, son materiales plásticos o de madera, en todo caso aislantes. Si fueran de acero no nos protegerían de las descargas eléctricas.

11. a) Recipiente de vidrio, barra metálica aislada, dos láminas delgadas de metal, esfera metálica.

b) Se toca la esfera metálica con el cuerpo; si las láminas se separan, está electrizado.

c) Descargarlo, uniendo la esfera a tierra mediante un hilo conductor.

d) Electrómetro.

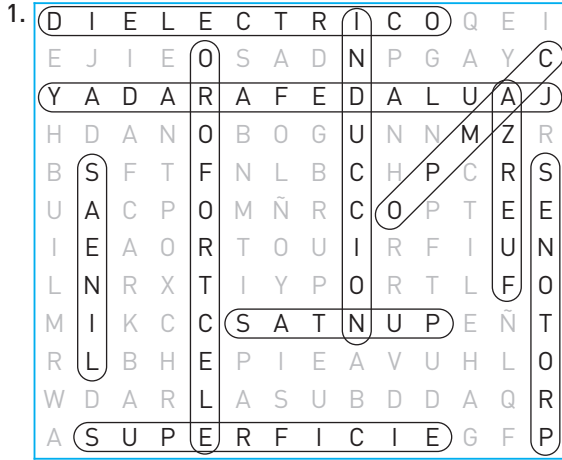
e) Sí, pero se necesita un segundo cuerpo del que se conozca el signo de su carga.

12. Para que las descargas eléctricas originadas por el rayo se dirijan al suelo sin causar ningún daño.

13. La *a* con el 3, la *b* con el 1 y la *c* con el 2.

Unidad 8 Cargas y fuerzas eléctricas

SOLUCIONARIO



2. Se disponen dos cuerpos conductores en contacto, por ejemplo, dos esferas metálicas, y se acerca hacia una de ellas una varilla cargada, supongamos que positivamente. Los electrones de las esferas se acumulan en la zona próxima a la barra, con lo que una esfera tiene exceso de carga negativa y la otra, exceso de carga positiva. En ese momento, se separan y se consigue la electrización por inducción.

3. a) $F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 180 \text{ N}$

b) $F = 3,5 \cdot 10^8 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 7 \text{ N}$

c) $F = 1,2 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 24 \text{ N}$

Como las cargas son de distinto signo, todas las fuerzas calculadas son de atracción.

4. Cada una de las cargas de los extremos origina una fuerza de repulsión sobre la carga central. Así pues, esta experimenta dos fuerzas que son iguales pero de sentido opuesto, con lo que la fuerza total será cero.

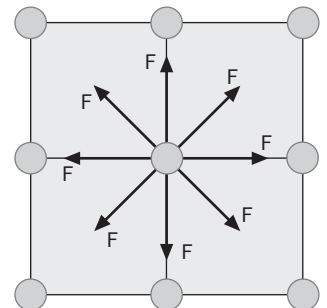
Si la fuerza es nula, el campo también lo será: $E = \frac{F}{q} = \frac{0}{10^{-6}} = 0$

5. Las dos fuerzas son del mismo sentido, por lo que ahora se suman: $F = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}}{3^2} = 4 \text{ N}$

La intensidad de campo es: $E = \frac{F}{q} = \frac{4}{10^{-3}} = 4000 \text{ N/C}$

6. Al ser todas las cargas iguales, las fuerzas serían todas de repulsión.

Al observar el dibujo de las tres en raya, comprobamos que es simétrico respecto al punto central, por lo que las fuerzas se anularían por parejas y, en consecuencia, la fuerza total es cero.



7. a) Sí, la carga se distribuye exclusivamente por la superficie y de manera homogénea.

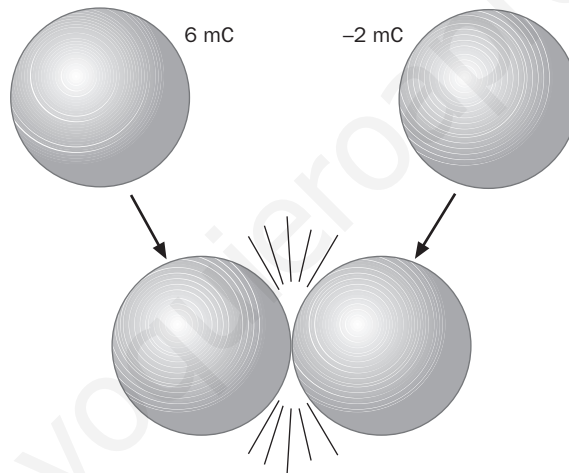
b) Por el efecto de las puntas, en un cubo los vértices tienen una mayor acumulación de carga que la parte central de las caras, no es una distribución homogénea como en una esfera.

Unidad 8 Cargas y fuerzas eléctricas

APELLIDOS: NOMBRE:

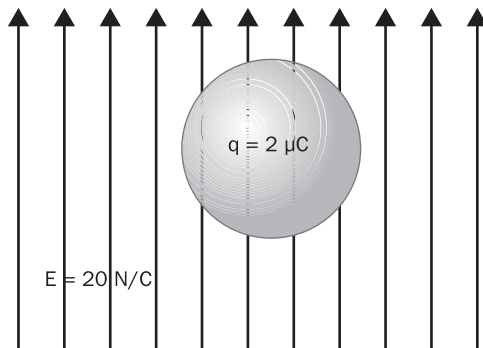
FECHA: CURSO: GRUPO:

- ¿Cuál es la carga, expresada en culombios, de $6 \cdot 10^{18}$ electrones?
- Un cuerpo tiene $2,11 \cdot 10^{20}$ protones y $2,12 \cdot 10^{20}$ electrones. Expresa su carga en miliculombios.
- Dos esferas metálicas de igual radio están cargadas, una con 6 mC y otra con -2 mC. Se ponen en contacto y, cuando alcanzan el equilibrio, ambas tienen la misma carga.
Determina su valor y cuántos electrones pasan de una a otra.
¿Cuál de ellas es la que cede electrones?



- ¿Qué causa la electrización por frotamiento?
- Durante una tormenta, los pararrayos se electrizan. ¿Puedes indicar cómo lo consiguen?
- Dos cargas, $q_1 = 40 \mu\text{C}$ y $q_2 = 50 \mu\text{C}$, distan 20 cm. Si se encuentran sumergidas en agua, determina la fuerza de repulsión entre ambas.
Dato: $K_{\text{agua}} = 1,12 \cdot 10^8 \text{ N m}^2/\text{C}^2$
- Dos cargas, una doble que la otra, se encuentran en etanol y separadas 10 cm. Se repelen con una fuerza de 7 N. Halla ambas cargas.
Dato: $K_{\text{etanol}} = 3,5 \cdot 10^8 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

8. Se sitúa una carga $q = 2 \mu\text{C}$ en un campo eléctrico vertical y hacia arriba, de intensidad $E = 20 \text{ N/C}$. ¿Qué fuerza actúa sobre ella?



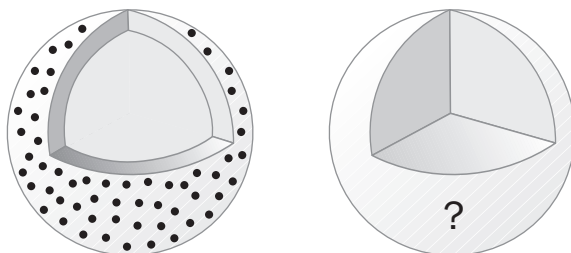
9. Dos cargas, $q_1 = 0,1 \text{ mC}$ y $q_2 = 0,2 \text{ mC}$, situadas en el vacío, distan $d = 3 \text{ m}$. Calcula la intensidad del campo eléctrico en el punto en que se halla q_2 .

10. Indica mediante flechas a qué grupo (conductores o aislantes) pertenece cada uno de los materiales de la columna de la izquierda.

| | |
|-----------------|-------------|
| Vidrio | |
| Goma de calzado | Conductores |
| Cobre | |
| Madera | |
| Grafito | Aislantes |
| Aluminio | |

11. Ordena en sentido creciente la facilidad con que los electrones pueden desplazarse por los siguientes objetos: neumático, collar de plata y mina de grafito.

12. Si electrizamos una esfera metálica hueca, la carga se distribuye homogéneamente por la superficie. Pero si fuera maciza, ¿cómo se distribuiría la carga? ¿Por qué?



SOLUCIONES A LA PROPUESTA DE EVALUACIÓN

$$1. q = 6 \cdot 10^{18} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 0,96 \text{ C}$$

Criterio de evaluación 1.1

$$2. q = [2,11 \cdot 10^{20} - 2,12 \cdot 10^{20}] \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = -0,16 \text{ C}$$

$$q = -160 \text{ mC}$$

Criterio de evaluación 1.1

3. La carga total es $6 + [-2] = 4 \text{ mC}$. Como se reparte por igual, cada esfera tendrá 2 mC. La variación de carga experimentada por cada una de ellas es de 4 mC que corresponden a $2,5 \cdot 10^{16}$ electrones.

Los electrones se transfieren desde la esfera con carga negativa a la otra.

Criterio de evaluación 1.1 y 2.1

4. Al frotar entre sí dos cuerpos, algunos electrones son arrancados y pasan de uno a otro, electrizándose ambos.

Criterio de evaluación 1.2

5. Se electrizan por influencia o inducción. La parte inferior de la nube tiene carga normalmente negativa. Los electrones libres del pararrayos se ven repelidos y se alejan de la punta, que queda cargada positivamente.

Criterio de evaluación 1.2

$$6. F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 1,12 \cdot 10^8 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^{-6}}{(0,2)^2} = 5,6 \text{ N}$$

Criterio de evaluación 2.1 y 2.2

$$7. F = K \frac{2q^2}{r^2} \Leftrightarrow q = \sqrt{\frac{Fr^2}{2K}} = \sqrt{\frac{7 \cdot (0,1)^2}{2 \cdot 3,5 \cdot 10^8}} = 10^{-5} \text{ C}$$

Criterio de evaluación 2.1 y 2.2

$$8. F = qE = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,04 \text{ N}$$

Criterio de evaluación 2.1 y 2.2

$$9. F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}{3^2} = 20 \text{ N}$$

$$E = \frac{F}{q_2} = \frac{20}{0,2} = 100 \text{ N/C}$$

Criterio de evaluación 2.1 y 2.2

10. Aislantes: vidrio, goma de calzado y madera.

Conductores: cobre, aluminio y grafito.

Criterio de evaluación 3.1

11. Neumático, mina de grafito y collar de plata.

Criterio de evaluación 3.1

12. En un conductor, la carga se distribuye siempre por su superficie, independientemente de su forma. La razón es que las cargas se repelen y tienden a alejarse al máximo unas de otras, única manera de alcanzar el equilibrio electrostático.

Criterio de evaluación 3.2

SOLUCIONARIO

www.yoquieroaprobar.es

Unidad 8 Cargas y fuerzas eléctricas

EJERCICIOS PROPUESTOS

1. Explica el significado del término *electricidad*.

El término *electricidad* deriva del término griego *elektron* (ámbar).

2. Investiga cuál es el destino de las pilas que se depositan en los puntos de recogida y valora si el uso responsable de estos dispositivos es o no imprescindible.

Las pilas usadas, especialmente las de botón, son muy contaminantes debido a los metales pesados que contienen. Nunca deben tirarse a la basura, sino que deben depositarse en los puntos de recogida establecidos. Las pilas usadas recogidas en los contenedores destinados a ello se reciclan; de 1 t de pilas usadas pueden obtenerse hasta 600 kg de metales pesados, como el cinc.

3. Realiza un eje temporal con los descubrimientos más importantes relacionados con la electricidad y que hayan tenido una gran repercusión social.

Respuesta libre.

4. Elabora una breve descripción de cómo sería un día en tu vida si no hubiera electricidad.

Respuesta libre.

5. Justifica el carácter eléctricamente neutro de la mayoría de los materiales. ¿Cómo es posible que pueda adquirir carga negativa un cuerpo eléctricamente neutro?

La carga eléctrica del protón y la carga eléctrica del electrón son iguales, pero de signo contrario. El número de electrones de un átomo es igual al número de protones; por tanto, el átomo es eléctricamente neutro y, en consecuencia, la materia, compuesta de átomos, también es neutra.

Un cuerpo eléctricamente neutro adquiere carga eléctrica negativa si gana electrones y queda entonces con un exceso de cargas negativas respecto a las cargas positivas.

6. ¿Por qué se conserva la carga eléctrica de un sistema aislado? ¿Se conservará también cuando se electriza un cuerpo neutro por contacto con otro cargado positivamente?

En un sistema material aislado formado por varios cuerpos, pueden trasladarse electrones de un cuerpo a otro, de forma que la carga eléctrica negativa que adquiere un cuerpo es igual a la carga eléctrica positiva que adquiere otro. Si se suman las cargas eléctricas teniendo en cuenta su signo, la carga eléctrica no ha variado: las cargas positivas adquiridas se cancelan con las cargas negativas y la carga total del sistema permanece constante.

Cuando se electriza un cuerpo neutro por contacto con otro cargado positivamente, pasan cargas eléctricas positivas del cuerpo cargado al inicialmente neutro, pero la carga eléctrica del conjunto se conserva.

7. Indica cuál es el valor en el SI de la unidad natural de carga eléctrica.

La unidad natural de carga eléctrica es el electrón. Su equivalencia en culombios es: $1 e \Leftrightarrow -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

8. Cita los submúltiplos más utilizados de la unidad de carga eléctrica en el SI.

Los submúltiplos más utilizados del culombio son el miliculombio (mC) y el microculombio (μC):

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

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

9. Sabiendo que un núcleo de helio consta de 2 protones y 2 neutrones, expresa su carga eléctrica en culombios.

La carga eléctrica del protón es la misma que la del electrón, pero de signo positivo. Así, la carga de un núcleo de He es:

$$q = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

10. Describe el funcionamiento de un electrómetro.

La separación de las láminas metálicas en un electroscopio es mayor cuanto mayor sea la carga eléctrica detectada. Un electrómetro es un electroscopio que incorpora una escala graduada sobre la que se mide el valor de la carga.

11. Justifica cómo varía la fuerza eléctrica entre 2 cargas si la distancia entre ellas:

a) Se reduce a la mitad.

b) Aumenta al doble de su valor.

$$\text{a) Si } r' = \frac{r}{2} : F' = K \frac{q_1 q_2}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = K \frac{q_1 q_2}{\frac{r^2}{4}} = 4K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 4F \quad \text{La fuerza eléctrica se ha hecho cuatro veces mayor.}$$

$$\text{b) Si } r' = 2r : F' = K \frac{q_1 q_2}{(2r)^2} = K \frac{q_1 q_2}{4r^2} = \frac{1}{4} K \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4} F \quad \text{La fuerza eléctrica se ha hecho cuatro veces menor.}$$

12. Calcula la fuerza eléctrica con que se repelen 2 cargas eléctricas de $+0,2 \mu\text{C}$ y $+0,5 \mu\text{C}$ sumergidas en agua y separadas por una distancia de 3 cm. Indica si esta fuerza es mayor o menor que si estuviesen en el vacío.

La distancia entre las cargas es $r = 3 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$. Como las cargas son del mismo signo, las fuerzas son de repulsión:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 1,12 \cdot 10^8 \cdot \frac{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 0,01 \text{ N} \quad \text{En el vacío, donde el valor de } K \text{ es mayor, las fuerzas serán mayores.}$$

13. Halla la intensidad del campo eléctrico en un punto, sabiendo que actúa una fuerza de 0,02 N sobre una carga eléctrica de 0,4 mC situada en él.

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{0,02}{0,4 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^4 \text{ NC}^{-1}$$

14. Explica la distribución de las cargas eléctricas en un conductor en equilibrio.

Las cargas en exceso en un conductor en equilibrio eléctrico se distribuyen en su superficie. No hay cargas en su interior.

15. ¿Por qué los rayos no afectan a los aviones?

La superficie metálica del avión actúa como una jaula de Faraday. Esto aísla eléctricamente al avión del exterior, por lo que no es afectado por los rayos ni por las variaciones del campo eléctrico exterior.

16. Cubre tu móvil con papel de aluminio. ¿Qué pasa con la cobertura? Explícalo.

El móvil queda aislado dentro de una jaula de Faraday que impide el paso de las ondas electromagnéticas a su interior; en consecuencia, el móvil queda fuera de cobertura.

17. WWW.LIBROSVIVOS.NET/U8/INTERACTIVOS/155

Después de ver este vídeo, describe con tus propias palabras el funcionamiento de una jaula de Faraday y explica por qué son necesarias las antenas de los coches.

Faraday demostró que en el interior de un conductor no existen cargas eléctricas. Para ello se introdujo en una jaula metálica cerrada (*jaula de Faraday*) a la que se aplicaron fuertes descargas eléctricas sin que se apreciara variación alguna en su interior. Un automóvil o un avión se comportan aproximadamente como jaulas de Faraday. Por ello, las antenas son necesarias para captar las ondas electromagnéticas y conducirlas hasta el aparato de radio del interior del automóvil.

TRABAJO EN EL LABORATORIO

1. ¿Por qué el soporte sobre el que se apoyan los materiales debe ser aislante?

Para asegurar que el paso de la carga vaya al electroscopio y no a tierra.

2. ¿Por qué en los días tormentosos o con mucha humedad en el ambiente resulta más difícil realizar experiencias sobre fenómenos de electrización?

Porque el ambiente puede estar saturado de cargas eléctricas, lo que enmascara los resultados reales del experimento.

ACTIVIDADES

18. Justifica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Una varilla de plástico con carga positiva aumenta su carga si pierde electrones.
 - b) Una varilla de vidrio frotada con un paño de seda adquiere una carga negativa de $7,5 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 - c) Los cuerpos cargados positivamente carecen de electrones.
 - d) La carga eléctrica total de un sistema aislado no varía.
- a) Verdadera. Un cuerpo que cede electrones adquiere carga positiva; si ya tenía carga positiva, la aumentará.
 b) Falsa. La unidad natural de carga eléctrica es la carga del electrón ($1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$). Una carga negativa de $7,5 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ no es un múltiplo de la carga del electrón, por lo que no es posible.
 c) Falsa. Un cuerpo cargado positivamente tiene un exceso de cargas positivas, pero puede tener, en menor número, cargas negativas, por lo que puede tener electrones.
 d) Verdadera. Es el enunciado del principio de conservación de la carga.

19. Explica por qué se producen los siguientes fenómenos eléctricos:

- a) Al frotar una varilla de vidrio con un paño de lana, ambos se atraen.
 - b) Cuando se toca una varilla aislada con otra electrizada previamente, ambas varillas se repelen tras el contacto.
 - c) Al tocar con un dedo la parte superior de la barra metálica de un electroscopio cargado, las láminas de este caen a su posición vertical.
 - d) Al aproximar un cuerpo electrizado con carga positiva a un conductor neutro, las cargas positivas del conductor se concentran en la zona más alejada.
- a) Al pasar electrones del uno al otro, ambos cuerpos adquieren carga de distinto signo y se atraen.
 b) Al pasar cargas de la varilla cargada a la varilla aislada, ambas quedan con cargas de igual signo y se repelen.
 c) Las cargas de las láminas pasan a tierra a través del cuerpo y el electroscopio queda descargado.
 d) Al aproximar un cuerpo con carga positiva a un conductor neutro, los electrones libres del conductor son atraídos por el cuerpo y se concentran en la zona del conductor más próxima a este, y las cargas positivas, en la zona más alejada.

20. Indica qué clase de carga eléctrica tienen las siguientes partículas atómicas: electrón, neutrón y protón.

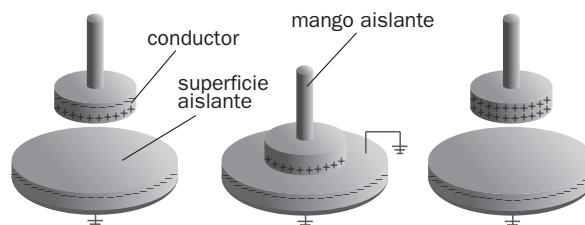
Un electrón tiene carga eléctrica negativa, un protón tiene carga eléctrica positiva y un neutrón carece de carga eléctrica.

21. Determina cuántos electrones han abandonado una varilla de plástico inicialmente descargada si, al frotarla con un trozo de seda, ha adquirido una carga de $+0,5 \mu\text{C}$.

$$\text{Número } N \text{ de electrones: } N = \frac{q}{e} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \text{ (C)}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ (C / electrón)}} = 3 \cdot 10^{12} \text{ electrones}$$

22. Un electróforo es un sencillo dispositivo que permite producir y transportar carga eléctrica. En la página web <http://www.e-sm.net/fq3eso58> puedes encontrar información sobre su funcionamiento.

- a) Describe las partes de las que consta un electróforo.
 - b) Dibuja un esquema del proceso de carga de un electróforo.
- a) Consta de dos partes: el platillo con mango aislante y una torta de resina. Para conseguir la carga se frota la resina con una piel de conejo (por ejemplo) y luego se apoya el platillo sobre esta. El platillo adquiere carga por inducción.
 b) El proceso de carga del electróforo podría representarse así:



24. Calcula la fuerza eléctrica con que se atraen 2 cargas eléctricas de $+3 \mu\text{C}$ y $-4 \mu\text{C}$, respectivamente, situadas en el vacío a 20 cm de distancia.

La distancia entre las cargas es $r = 20 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m}$, por tanto:



$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{(2 \cdot 10^{-1})^2} = 3 \text{ N}$$

Como las cargas son de distinto signo, las fuerzas son de atracción.

25. Calcula la fuerza eléctrica con que se repelen 2 cargas eléctricas iguales de $+0,8 \mu\text{C}$ situadas en el vidrio a 25 cm de distancia. La constante K del vidrio vale $1,2 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

La distancia entre las cargas es $r = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$, por tanto:



$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 1,2 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}}{(0,25)^2} = 0,01 \text{ N}$$

Como las cargas son del mismo signo, las fuerzas son de repulsión.

26. Calcula la fuerza de atracción eléctrica entre el protón y el electrón de un átomo de hidrógeno, sabiendo que la distancia entre ellos es $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

Las cargas del protón y del electrón son iguales aunque de signo opuesto. La fuerza de atracción entre ellos es:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{(5,3 \cdot 10^{-11})^2} = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

27. Halla el valor de 2 cargas negativas iguales que se encuentran separadas en el vacío por una distancia de 12 cm y que se repelen con una fuerza de 0,02 N.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = K \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow q = r \sqrt{\frac{F}{K}} = 0,12 \cdot \sqrt{\frac{0,02}{9 \cdot 10^9}} = -1,8 \cdot 10^{-7} \text{ C} = -0,18 \cdot 10^{-6} \text{ C} = -0,18 \mu\text{C}$$

28. Calcula a qué distancia se encuentran en el vacío 2 cargas iguales de $+1,5 \text{ mC}$ que se repelen con una fuerza de 1,5 N.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = K \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow r = q \sqrt{\frac{K}{F}} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{9,0 \cdot 10^9}{1,5}} = 0,12 \text{ m}$$

29. Calcula la fuerza eléctrica con que se repelen los 2 protones del núcleo de helio, sabiendo que la distancia entre ellos es 10^{-15} m .

De acuerdo con la ley de Coulomb: $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{(10^{-15})^2} = 230 \text{ N}$

30. Calcula la fuerza eléctrica con que se atraen 2 cargas de $+1 \mu\text{C}$ y $-6 \mu\text{C}$, que distan 3 cm:
- En el vacío.
 - En el agua.
 - En PVC.

Puedes consultar los datos necesarios en la tabla de la página 153.

La distancia entre las cargas es $r = 3 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, por tanto:

a) En el vacío: $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 60 \text{ N}$

b) En etanol: $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 3,5 \cdot 10^8 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 2,3 \text{ N}$

c) En PVC: $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 2,5 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 17 \text{ N}$

Como las cargas son de distinto signo, todas las fuerzas calculadas son de atracción.

31. Amplía en internet tus conocimientos sobre la vida y la obra de Coulomb: <http://www.e-sm.net/fq3eso59>. Enumera las aportaciones de Coulomb a la ciencia, además de sus famosas leyes sobre las fuerzas eléctricas.

Coulomb inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión que ejercen entre sí dos cargas eléctricas, y estableció la función que liga esta fuerza con la distancia. Fue el primero en establecer las leyes cuantitativas de la electrostática, además de realizar muchas investigaciones sobre magnetismo, rozamiento y electricidad. Entre otras teorías y estudios se le debe la teoría de la torsión recta y un análisis del fallo del terreno dentro de la mecánica de suelos.

32. Completa el texto utilizando las siguientes palabras: *balanza, cargas eléctricas, constante de proporcionalidad, fuerzas eléctricas, inversamente proporcional y medio material.*

Para cuantificar las, el científico francés Coulomb utilizó una de torsión. Comprobó que la fuerza entre dos es directamente proporcional al valor de las cargas e al cuadrado de la distancia entre ellas. La fuerza eléctrica varía con el tipo de existente entre las cargas; el vacío es el medio que tiene el mayor valor de la

Fuerzas eléctricas; balanza; cargas eléctricas; inversamente proporcional; medio material; constante de proporcionalidad.

33. Dos cargas puntuales idénticas de $-0,1 \text{ mC}$ se encuentran en el vacío a 10 cm de distancia. Halla:

- a) La fuerza de repulsión entre ellas.
- b) La distancia a la que deberían situarse en un medio acuoso para que la fuerza fuese la misma. En el agua, $K = 1,12 \cdot 10^8 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

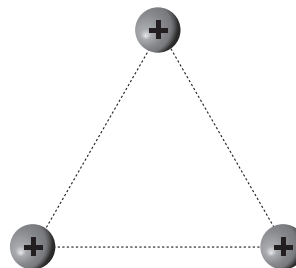
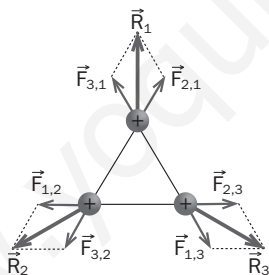
a) Distancia: $r = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \Rightarrow F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}{(0,1)^2} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

b) $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = K \frac{q^2}{r^2} \Rightarrow r = q \sqrt{\frac{K}{F}} = 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{1,12 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^{-3}}} = 0,011 \text{ m} = 1,1 \text{ cm}$

34. Tres cargas $+q$ iguales se encuentran situadas en los vértices de un triángulo equilátero.

Representa en un dibujo:

- a) Las fuerzas eléctricas que actúan sobre cada una de estas cargas.
- b) La fuerza resultante sobre cada una de ellas.



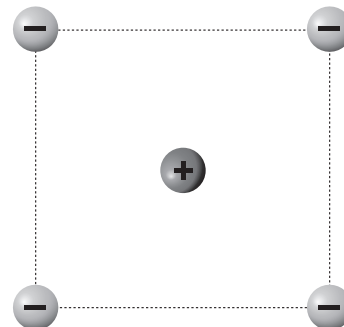
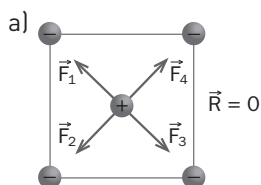
35. Cuatro cargas $-q$ iguales están en los vértices de un cuadrado, y una quinta carga $+q$, en su centro.

Representa en un dibujo:

- a) Las fuerzas eléctricas que actúan sobre la carga eléctrica positiva.
- b) La fuerza resultante sobre ella.

Suponiendo que las 5 cargas hubieran sido iguales y positivas ($+q$):

c) ¿Cuál hubiera sido la fuerza resultante sobre la carga situada en el centro del cuadrado?



- b) La fuerza es nula porque las cuatro fuerzas debidas a las cargas en los vértices se neutralizan dos a dos (tienen la misma intensidad y dirección, pero sentidos opuestos).
- c) También sería nula la fuerza resultante, por el mismo motivo que en el caso anterior.

36. Al situar una carga de $+1,5 \mu\text{C}$ en un punto de un campo eléctrico, actúa sobre ella una fuerza de $0,03 \text{ N}$. Determina la intensidad del campo en ese punto.

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{0,03}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^4 \text{ N/C}$$

37. Sobre una carga de $1,25 \cdot 10^{11}$ electrones, situada en un punto de un campo eléctrico, actúa una fuerza de $0,08 \text{ N}$. Halla la intensidad del campo.

$$\text{Carga eléctrica: } q = 1,25 \cdot 10^{11} \text{ (electrones)} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ (C/electrón)} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C} \Rightarrow E = \frac{F}{q'} = \frac{0,08}{2 \cdot 10^{-8}} = 4 \cdot 10^6 \text{ N/C}$$

38. Halla la fuerza eléctrica sobre una carga de $+2,5 \mu\text{C}$, situada en un punto en el que la intensidad del campo eléctrico es 3000 N/C .

$$F = E \cdot q' = 3000 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

39. Justifica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- El electroscopio permite determinar el valor de la intensidad del campo eléctrico.
 - La fuerza que ejerce el campo eléctrico sobre una carga depende del valor de la carga.
 - La intensidad del campo eléctrico en un punto depende del valor de la carga eléctrica situada en ese punto.
 - La intensidad del campo eléctrico es nula en un punto en el que se cortan dos líneas de campo.
 - Las líneas de campo van desde las cargas eléctricas positivas a las cargas eléctricas negativas.
- Falsa. El electroscopio detecta la presencia de carga eléctrica, pero no determina la intensidad del campo eléctrico.
 - Verdadera. La fuerza F sobre una carga q' es $F = E q'$, siendo E la intensidad del campo.
 - Falsa. La intensidad del campo eléctrico en un punto es un valor característico de ese punto del campo y no depende del valor de la carga que se encuentre en él.
 - Falsa. Dos líneas del campo eléctrico nunca se cortan en un punto.
 - Verdadera. Las líneas de campo se dibujan con origen en las cargas positivas y finalizan en las cargas negativas.

40. Un campo eléctrico ejerce una fuerza de $2 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ sobre una carga de $+5 \mu\text{C}$ situada en un punto del campo:

- Calcula la intensidad del campo en ese punto.
- Calcula la fuerza que actuaría sobre una carga de $+7,5 \mu\text{C}$ situada en él.

$$\text{a) } E = \frac{F}{q'} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-6}} = 400 \text{ N/C} \qquad \text{b) } F = E q' = 400 \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

41. El ion calcio (II) tiene una carga equivalente a 2 protones. Calcula la fuerza eléctrica sobre un ion cálcico situado en un campo eléctrico uniforme de $20\,000 \text{ N/C}$.

$$\text{Carga del ion calcio (II): } q = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow F = E q' = 20\,000 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} = 6,4 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

43. Una pequeña esfera de $0,04 \text{ N}$ de peso se encuentra en equilibrio en un campo eléctrico de 9000 N/C , que produce sobre la esfera una fuerza vertical hacia arriba. Halla:

- La fuerza eléctrica sobre la esfera.
- La carga eléctrica de la esfera.
- Su masa.

a) El peso de la esfera se equilibra con la fuerza eléctrica: $P = F$. La fuerza tiene como módulo $0,04 \text{ N}$.

$$\text{b) } F = E q' \Rightarrow q' = \frac{F}{E} = \frac{0,04}{9000} = 4,4 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 4,4 \mu\text{C}$$

$$\text{c) } m g = 0,04 \text{ N}; m \cdot 9,8 = 0,04; m = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

44. Un campo eléctrico está creado por una carga de $+40 \mu\text{C}$. Calcula:

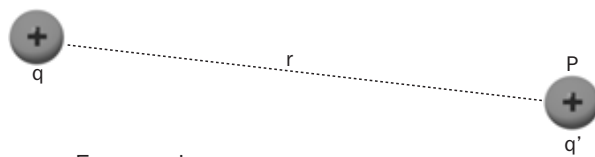
- El valor de la intensidad del campo a una distancia de 6 mm de la carga.
- La fuerza ejercida por el campo sobre una carga de $+0,5 \mu\text{C}$ en ese mismo punto.

$$\text{a) } E = K \frac{q}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{40 \cdot 10^{-6}}{(6 \cdot 10^{-3})^2} = 10^{10} \text{ N/C} \qquad \text{b) } F = E q' = 10^{10} \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 5000 \text{ N}$$

46. Se sitúa una carga eléctrica q' en un punto P a una distancia r de otra carga q .

Escribe las expresiones matemáticas de:

- a) La fuerza eléctrica F sobre la carga q' .
- b) La intensidad E del campo eléctrico en el punto P .



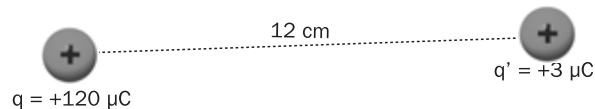
a) Según la ley de Coulomb: $F = K \frac{qq'}{r^2}$

b) $E = \frac{F}{q'} = K \frac{qq'}{q'r^2} = K \frac{q}{r^2}$

47. Observa esta distribución de cargas en el vacío.

Determina:

- a) La fuerza eléctrica F que actúa sobre q' .
- b) La intensidad en P del campo eléctrico generado por la carga q .
- c) La fuerza eléctrica que ejercería este campo sobre una carga eléctrica de $+8 \mu\text{C}$ situada en el punto P .



a) $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{120 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(12 \cdot 10^{-2})^2} = 225 \text{ N}$

b) $E = \frac{F}{q'} = \frac{225}{3 \cdot 10^{-6}} = 7,5 \cdot 10^7 \text{ N/C}$

c) $F = E \cdot q' = 7,5 \cdot 10^7 \cdot 8 \cdot 10^{-6} = 600 \text{ N}$

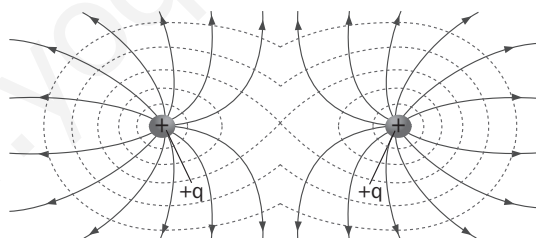
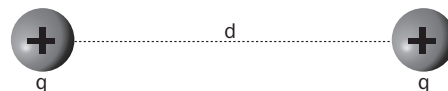
48. Elige la opción correcta sobre las líneas del campo eléctrico:

- a) Se cortan en los puntos en los que el campo eléctrico es nulo.
- b) Están más próximas donde el campo eléctrico es más intenso.
- c) Son circunferencias centradas en las cargas eléctricas positivas.
- d) Son líneas rectas que van desde las cargas positivas a las negativas.

La opción correcta es la *b*. Están más próximas donde el campo eléctrico es más intenso.

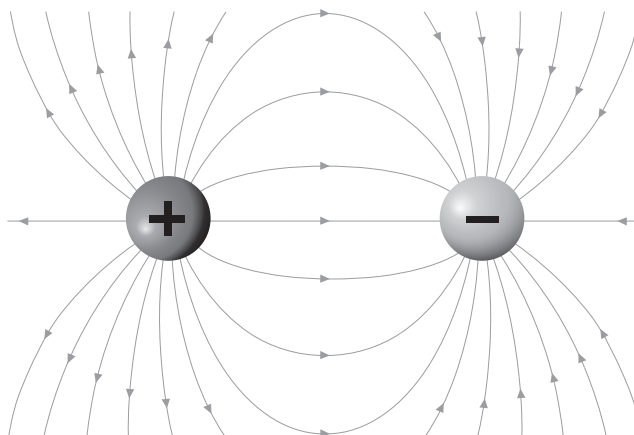
49. Dos cargas positivas iguales crean un campo eléctrico.

Dibuja las líneas del campo eléctrico debido a estas cargas.



50. La figura representa el campo eléctrico creado por 2 cargas iguales de distinto signo: $+q$ y $-q$. Comenta los aspectos más destacables de la figura y responde a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Cuáles son las fuentes del campo (de dónde salen las líneas de campo)?
- b) ¿Cuáles son los sumideros del campo (dónde terminan las líneas de campo)?
- c) ¿En qué puntos se cortan las líneas del campo?
- d) ¿Dónde están más próximas las líneas del campo?
- e) ¿Cómo se movería una carga eléctrica positiva situada en el punto medio de las 2 cargas creadoras del campo, $+q$ y $-q$?
- f) ¿Y si la carga fuera negativa?



- a) Las líneas del campo salen de la carga positiva.
- b) Las líneas del campo terminan en la carga negativa.
- c) Las líneas del campo no se cortan en ningún punto.
- d) Las líneas del campo están más próximas en las zonas en las que el campo es más intenso; en este caso, en las proximidades de las cargas.
- e) Se movería hacia la carga negativa, atraída por esta y repelida por la carga positiva.
- f) Se movería hacia la carga positiva, atraída por esta y repelida por la carga negativa.

51. Indica si las siguientes afirmaciones son correctas o no. Justifica tus respuestas en todos los casos.

- a) Los metales son buenos conductores.
 - b) Los metales carecen de electrones libres que puedan moverse por ellos.
 - c) Los electrones se mueven con más facilidad en los metales que en los dieléctricos.
- a) Correcta. Los metales tienen electrones libres que permiten una fácil conducción de la electricidad.
 b) Incorrecta. La existencia de electrones libres caracteriza a los materiales metálicos.
 c) Correcta. En los dieléctricos los electrones están fuertemente ligados a átomos concretos.

52. Explica por qué durante una tormenta no es seguro refugiarse debajo de un árbol pero, sin embargo, sí es seguro permanecer en el interior de un automóvil.

Un árbol, debido al poder de las puntas, puede cargarse por influencia y servir de punto de descarga a los rayos. En cambio, un automóvil se comporta como una jaula de Faraday, por lo que en su interior no hay cargas eléctricas.

53. Amplía tus conocimientos sobre la jaula de Faraday en www.e-sm.net/fq3eso60. ¿Por qué no se oye una radio introducida en una jaula de malla? ¿Por qué sí se oye un teléfono móvil?

La jaula aísla el campo electromagnético en su interior e impide que naveguen las ondas de radio y lleguen a su interior. Pero las ondas utilizadas por los teléfonos móviles tienen menor longitud de onda y pueden traspasar la malla de la jaula.

54. Completa el texto utilizando las siguientes palabras: *aislantes, atómica, átomos, conductores, dieléctricos, el grafito, electricidad, electrones libres y la porcelana*.

La madera, el vidrio y son materiales; el cobre, el hierro y son materiales
 La diferencia de comportamiento entre conductores y aislantes se explica por su diferente estructura
 Los pueden moverse por los conductores, pero están ligados a concretos en los o aislantes. Pero en la práctica no hay conductores ni aislantes perfectos; es más correcto hablar de buenos conductores y de buenos aislantes; cualquier material puede conducir algo la

La madera, el vidrio y la *porcelana* son materiales *aislantes*; el cobre, el hierro y *el grafito* son materiales *conductores*. La diferencia de comportamiento entre conductores y aislantes se explica por su diferente estructura *atómica*. Los *electrones libres* pueden moverse por los conductores, pero están ligados a *átomos* concretos en los *dieléctricos* o *aislantes*. Pero en la práctica no hay conductores ni aislantes perfectos; es más correcto hablar de buenos conductores y de buenos aislantes; cualquier material puede conducir algo la *electricidad*.

55. Indica si las siguientes afirmaciones son correctas o no. Justifica tus respuestas en todos los casos.

- a) Un conductor está en equilibrio electrostático cuando no tiene carga eléctrica.
 - b) En un conductor que se encuentra en equilibrio electrostático las cargas en exceso están en continuo movimiento.
 - c) Las cargas eléctricas en exceso en un conductor se distribuyen por igual en todo su volumen.
 - d) Las cargas eléctricas en un conductor se sitúan preferentemente en las puntas.
- a) Incorrecta. Se debe hablar de conductor descargado; en él no hay cargas en equilibrio.
 b) Incorrecta. En un conductor en equilibrio electrostático las cargas en exceso se sitúan en la superficie.
 c) Incorrecta. Las cargas eléctricas en exceso en un conductor se distribuyen en la superficie; en el interior del conductor no hay cargas eléctricas.
 d) Correcta. Las cargas eléctricas en un conductor se sitúan preferentemente en las puntas.

56. El científico estadounidense Robert A. Millikan realizó en 1909 el famoso *experimento de la gota de aceite*.

Dispuso dos láminas metálicas horizontales y paralelas. A continuación introdujo mediante un atomizador gotitas de aceite entre las placas por una abertura en la lámina superior. Las gotitas de aceite se electrizaran por fricción al salir del atomizador, por lo que cuando están entre las placas tienen carga eléctrica.

Con un microscopio observó el movimiento de caída de las gotitas.

Millikan midió que el radio de una de las gotitas esféricas era $8,4 \cdot 10^{-7}$ m. Calcula:

- a) El volumen de esa gota de aceite.
- b) Su masa teniendo en cuenta que la densidad del aceite es $800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- c) Su peso.

Millikan aplicó un campo eléctrico de 20 000 N/C entre las láminas metálicas. Algunas gotitas quedaban en equilibrio entre la fuerza eléctrica sobre ellas y su peso.

- d) Escribe la expresión matemática que indica que la fuerza total sobre la gotita en equilibrio es nula.
- e) Calcula la carga eléctrica de la gotita de $8,4 \cdot 10^{-7}$ m de radio.
- f) Halla la relación entre esta carga y la cantidad $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
- g) Repite los apartados a, b, c, e y f para una gotita de aceite de $1,08 \cdot 10^{-6}$ m de radio.

Millikan comprobó con cientos de gotas de aceite que la carga eléctrica q adquirida por ellas era:

$$q = n e$$

siendo $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C y n un número entero positivo.

h) Señala cuáles de las siguientes conclusiones se extraen del experimento de la gota de aceite de Millikan y cuáles no:

1. La carga del electrón es $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
2. Las gotas de aceite flotan en el aire.
3. Las gotas de aceite pesan muy poco.
4. Las fuerzas que producen los campos eléctricos son verticales.
5. La carga eléctrica está cuantizada: cualquier carga eléctrica es un múltiplo de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Puedes ampliar la información sobre el experimento de la gota de aceite de Millikan en el vídeo www.es-sm.net/fq3eso61.

- i) ¿Por qué caen las gotas de aceite lentamente entre las placas?
- j) Escribe la carga del electrón con 4 cifras significativas.
- k) Además de la determinación de la carga del electrón, ¿qué otras aportaciones científicas realizó Millikan?

a) $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (8,4 \cdot 10^{-7})^3 = 2,48 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3$

b) $m = Vd = 2,48 \cdot 10^{-18} \cdot 800 = 1,99 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$

c) $P = mg = 1,99 \cdot 10^{-15} \cdot 9,8 = 1,95 \cdot 10^{-14} \text{ N}$

d) Si la gota está en equilibrio, el peso de la gota es igual a la fuerza eléctrica pero de sentido contrario: $mg = F_E$.

e) Por tanto: $mg = F_E = Eq \Rightarrow 1,95 \cdot 10^{-14} = 20000q \Rightarrow q = 9,75 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

f) $n = \frac{q}{e} = \frac{9,75 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,09 \approx 6$

g) $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (1,08 \cdot 10^{-6})^3 = 5,28 \cdot 10^{-18} \text{ m}^3$

$m = Vd = 5,28 \cdot 10^{-18} \cdot 800 = 4,22 \cdot 10^{-15} \text{ kg}$

$P = mg = 4,22 \cdot 10^{-15} \cdot 9,8 = 4,13 \cdot 10^{-14} \text{ N}$

$mg = F_E = Eq \Rightarrow 4,13 \cdot 10^{-14} = 20000q \Rightarrow q = 2,07 \cdot 10^{-18} \text{ C}$

$n = \frac{q}{e} = \frac{2,07 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 12,9 \approx 13$

h) La conclusión que se deriva del experimento de Millikan es que la carga eléctrica está cuantizada (cualquier carga eléctrica es un múltiplo de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C).

i) Las gotas caen lentamente, con un movimiento uniforme, debido a la viscosidad del medio.

j) $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

k) Investigó los rayos cósmicos, la radiactividad de los minerales de uranio, la descarga en gases y las radiaciones ultravioleta.

PON A PRUEBA TUS COMPETENCIAS

DESCUBRE TU ENTORNO

Las tormentas y los pararrayos

1. Calcula cuántos rayos caen por término medio cada segundo sobre la Tierra.

Si cada año caen sobre la Tierra más de 3000 millones de rayos, cada segundo caerán:

$$\frac{3 \cdot 10^9 \text{ (rayos)}}{1 \text{ (año)}} \cdot \frac{1 \text{ (año)}}{365 \text{ (días)}} \cdot \frac{1 \text{ (día)}}{24 \text{ (h)}} \cdot \frac{1 \text{ (h)}}{60 \text{ (min)}} \cdot \frac{1 \text{ (min)}}{60 \text{ (s)}} = 95 \text{ rayos / s}$$

2. ¿Por qué las tormentas pueden provocar el incendio de los bosques?

Porque los árboles pueden actuar de pararrayos e incendiarse.

3. En este enlace: <http://www.e-sm.net/fq3eso62>, amplía tu información sobre las tormentas y los pararrayos.

a) Señala las diferencias entre *rayo*, *relámpago* y *trueno*.

b) Describe los distintos tipos de rayos.

c) Explica cómo se origina el trueno.

d) ¿Cómo se puede calcular la distancia a la que se encuentra una tormenta?

a) El rayo es una poderosa descarga electrostática natural, producida durante una tormenta eléctrica. El relámpago es la emisión de luz que acompaña al rayo y es causado por el paso de corriente eléctrica que ioniza las moléculas de aire. El trueno es el sonido desarrollado por la onda de choque del rayo.

b) Duendes: destellos luminosos que se producen desde por encima de la nube hasta la capa superior de la atmósfera. Intranubes: se producen entre una misma nube. Internubes: se producen entre varias nubes. Entre la nube y la tierra.

c) El trueno es el sonido de la onda de choque causada cuando un rayo calienta instantáneamente el aire a más de 28 000 °C. Este aire se expande a gran velocidad y al mezclarse con aire frío del entorno baja bruscamente su temperatura y se contrae. La rápida expansión y contracción genera ondas de choque que producen el sonido.

d) Se piensa erróneamente que, dada la velocidad del sonido en el aire (340 m/s), para determinar la distancia a la que caen los rayos, solo es necesario contar los segundos entre relámpago y trueno. Sin embargo, el trueno se desplaza por medio de ondas explosivas que son mucho más rápidas que las ondas acústicas ordinarias.

4. Si transcurren 6 s desde que se ve el relámpago hasta que se oye el trueno, ¿a qué distancia aproximada se encuentra la tormenta?

Suponiendo que el trueno se desplaza a la velocidad del sonido: $6 \text{ (s)} \cdot \frac{340 \text{ (m)}}{1 \text{ (s)}} = 2040 \text{ m}$

5. Describe cómo funcionan los pararrayos y justifica por qué un pararrayos no puede fabricarse con material dieléctrico.

Un pararrayos es un mástil metálico terminado en punta, que se sitúa en la parte más alta de la estructura que se desea proteger (edificios, depósitos de combustible, estaciones eléctricas, etc.). Su extremo inferior se une mediante un conductor muy grueso a barras metálicas enterradas en el suelo. Cuando se produce la descarga, las cargas eléctricas se dirigen desde la nube hasta el extremo del pararrayos y pasan a tierra por el conductor.

No puede utilizarse material dieléctrico, porque no conduce la electricidad.

6. Señala cuál de las siguientes medidas de seguridad es procedente en una tormenta:

I. Caminar sobre suelo húmedo.

II. Refugiarse debajo de un árbol.

III. Tumbarse en el suelo si se está en campo abierto.

IV. Avisar de la tormenta con el teléfono móvil.

La medida de seguridad procedente en una tormenta es tumbarse en el suelo si se está en campo abierto.

LEE Y COMPRENDE

La pila eléctrica

1. ¿Qué condición deben tener los materiales que se intercalan entre los pares metálicos para construir la pila de Volta? ¿Con qué es mejor humedecerlos?

Deben ser capaces de absorber y conservar mucha agua o humedad, pues es necesario para que haya transferencia de electrones. Lo mejor es humedecerlas con agua salada.

2. ¿Se puede construir una pila de Volta con discos de cobre y estaño en lugar de plata y cinc? ¿Cuáles son preferibles?

Se puede construir de ambas maneras. Es preferible que sean de plata y cinc.

3. Si se construye una pila con discos de plata y cinc, ¿de qué material debe ser el disco que está más abajo de la columna? ¿Por qué?

Se ha de acoplar un disco de plata con uno de cinc, y siempre en el mismo sentido, es decir, la plata abajo y el cinc arriba, o viceversa, según como se haya comenzado, e intercalando entre cada uno de estos pares un disco mojado.

4. ¿Por qué el tamaño y la forma de las piezas no son factores importantes para construir la pila de Volta?

La precisión no es necesaria y, en general, el tamaño y la forma de las piezas metálicas es arbitrario. Todo lo que es necesario es que puedan ser dispuestas una encima de otra, en una columna.

5. ¿Volta consideraba que la construcción de una pila eléctrica era sencilla o complicada? ¿Por qué?

Consideraba que era un trabajo simple y fácil, pues no tenía más que acomodar los discos correctamente.

6. Explica, con ayuda del diccionario, el significado de *arbitrario*, *enjugado*, *viceversa* e *intercalar*.

Arbitrario: que depende de la decisión del árbitro. Enjugado: humedecido. Viceversa: Al contrario; cambiadas dos cosas recíprocamente. Intercalar: interponer o poner algo entre otras cosas.

7. ¿A qué se refiere Volta en el texto con el término *banco*?

Se refiere a un lugar de apoyo que fuera firme y plano.

8. En la web del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología puedes encontrar más información sobre la pila de Volta y otros dispositivos eléctricos. Entra, a través de este enlace: www.e-sm.net/fq3eso64, y selecciona información que te sirva para completar la que ya tienes.

Realizad en grupo una presentación con diapositivas y exponedla al resto de la clase, incidiendo en la repercusión que ha tenido en nuestras vidas la invención de la pila eléctrica.

Respuesta libre.

Autoría: Mariano Remacha, Jesús A. Viguera, Antonio Fernández Roura, Alberto Sanmartín • Edición: Antonio Fernández-Roura • Corrección: David Blanco • Ilustración: Domingo Duque, Jurado y Rivas • Diseño: Pablo Canelas, Alfonso Ruano • Maquetación: Grafilia S.L. • Coordinación de diseño: José Luis Rodríguez • Coordinación editorial: Nuria Corredera • Dirección editorial: Aída Moya

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

© Ediciones SM: