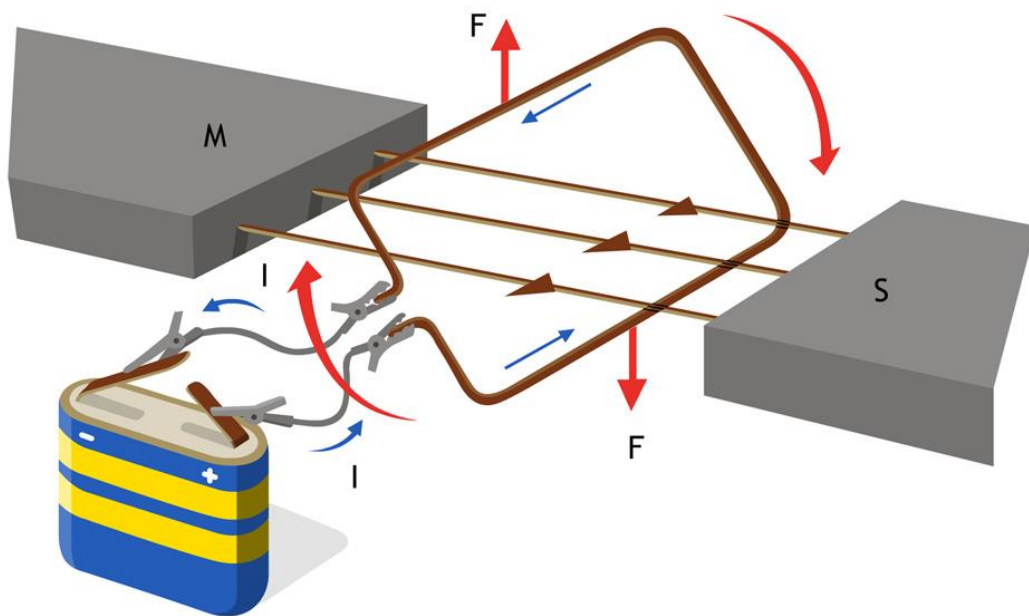




Módulo 3: Electromagnetismo



Unidad 5:

Magnetismo y electromagnetismo

Módulo 3. Electromagnetismo

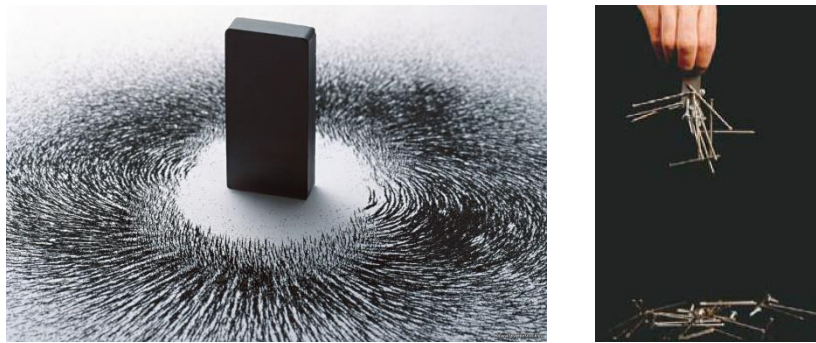
Unidad 4. Magnetismo y electromagnetismo

El término magnetismo proviene de la Grecia antigua hace más de 2000, exactamente en Magnesia, una provincia costera de Thessaly. En el año 1269 un francés de nombre Pierre de Maricourt descubrió que las direcciones a las que apuntaba una aguja al acercársele un imán natural esférico formaban líneas que rodeaban a la esfera y pasaban a través de ésta en dos puntos diametralmente opuestos uno del otro, a los que llamó *polos* del imán.

Las fuerzas eléctricas son capaces de producir el movimiento de las cargas eléctricas. Además de estas fuerzas también existen otro tipo de fuerzas, llamadas fuerzas magnéticas. La fuente de la fuerza magnética es el movimiento de partículas con carga.

Los imanes (Figura 16) son los elementos capaces de atraer objetos y partículas metálicas hacia ellos. En la figura se ilustra la manera en que se orientan las partículas de hierro alrededor del imán.

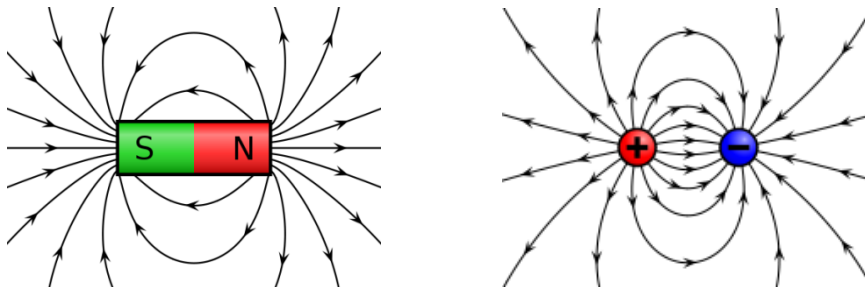
Figura 16. Imanes



Nota fuente: adaptado de Sears and Semarsky (2012, p.917)

De la misma manera que alrededor de las cargas eléctricas se establece un flujo del campo eléctrico, como muestra la figura 17, alrededor de un imán se establece un flujo de campo magnético, debido al campo magnético generado por el mismo.

Figura 17. Comparación campo magnético y eléctrico

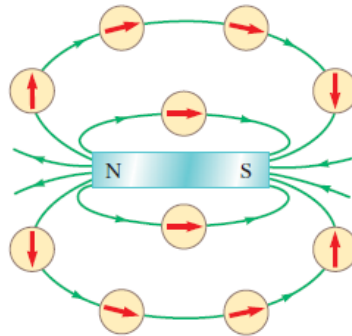


Nota fuente: adaptado de www.google.com (2016)

En el imán se han establecido dos polos, el polo norte y el polo sur. Las líneas de campo magnético se orientan en el imán de manera que salen del polo norte y se dirigen hacia el polo sur, similar a las líneas de campo eléctrico que salen de las cargas positivas e ingresan a las cargas negativas.

La figura 18 muestra que las agujas de la brújula son desviadas por la acción del campo magnético generado por el imán.

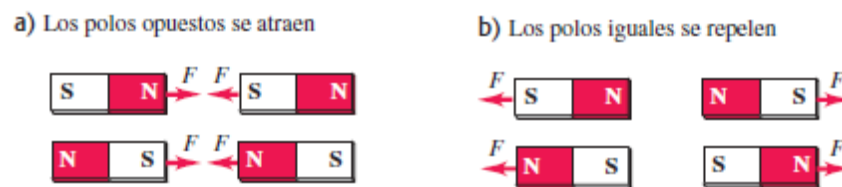
Figura 18. Acción del campo eléctrico



Nota fuente: adaptado de Serway y Jewett (2009, p.809)

En forma similar a la atracción entre cargas de diferente signo y la repulsión entre cargas del mismo signo, los polos magnéticos iguales se repelen y polos magnéticos diferentes se atraen (Figura 19).

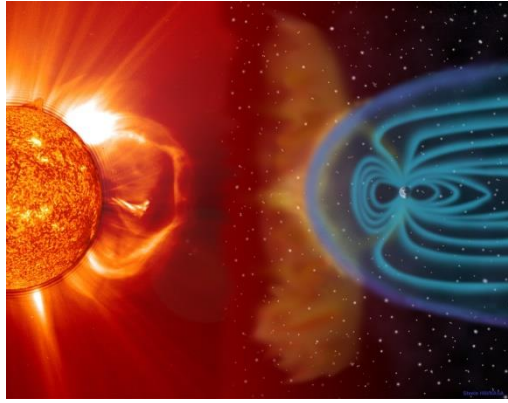
Figura 19. Fuerza magnética



Nota fuente: adaptado de Sears and Semarsky (2012, p.917)

Los imanes, ya sean naturales o artificiales, están compuestos por una serie de materiales con el hierro, cobalto, níquel o aleaciones de estos. El planeta Tierra por tener un núcleo que incluye estos materiales también genera un campo magnético como lo indica la figura, protegiéndola de la intensa radiación solar, desviando gran parte de la misma (Figura 20).

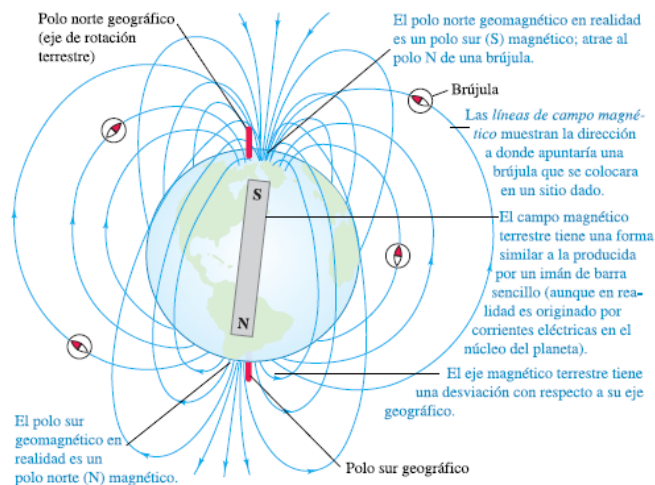
Figura 20. Acción del campo magnético terrestre



Nota fuente: adaptado de www.google.com (2016)

Las líneas de campo magnético (Figura 21) salen del polo magnético positivo hacia el polo magnético negativo. La aguja de una brújula al tener un polo magnético positivo, este se orienta con el polo magnético negativo de la Tierra. Los polos magnéticos y geográficos en realidad no concuerdan, como muchas veces se piensa.

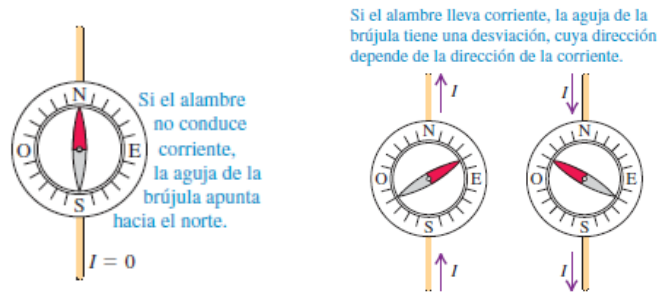
Figura 21. Líneas de campo magnético terrestre



Nota fuente: adaptado de Sears and Semarsky (2012, p.917)

La correspondencia entre la electricidad y el magnetismo fue descubierta En 1819 el científico Hans Christian Oersted descubrió que la aguja de una brújula se desvía cuando se le coloca cerca de un alambre que lleva corriente, mostrando una de las relaciones entre la electricidad y el magnetismo: un campo magnético puede ser creado utilizando la corriente eléctrica (Figura 22).

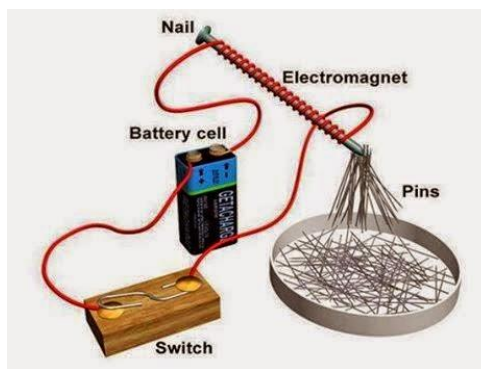
Figura 22. Descubrimiento de Oersted



Nota fuente: adaptado de Sears and Semarsky (2012, p.917)

Un electroimán (Figura 23) es un aparato que es capaz de crear un campo magnético a partir de una corriente eléctrica. En dicho aparato se aplica el descubrimiento de Oersted.

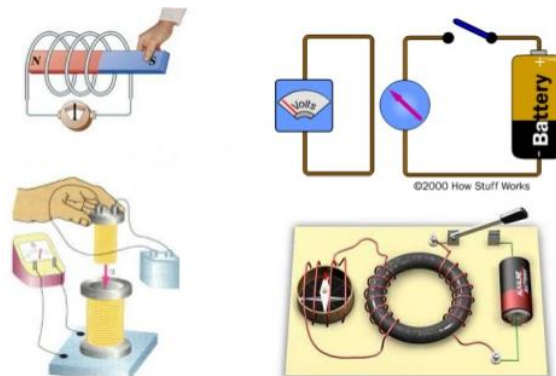
Figura 23. Electroimán



Nota fuente: adaptado de www.google.com (2016)

Durante 1820, Michael Faraday y Joseph Henry (1797-1878) demostraron, de manera independiente, mostraron que es posible crear una corriente eléctrica en un circuito ya sea moviendo un imán cerca de él o variando la corriente de algún circuito cercano: una variación en un campo magnético crea un campo eléctrico (Figura 24).

Figura 24. Corriente generado con un campo magnético



Nota fuente: adaptado de www.google.com (2016)

Años después, el trabajo teórico de Maxwell demostró que lo contrario también es cierto: un campo eléctrico que varía crea un campo magnético.

Acontecimientos históricos de la electricidad, magnetismo y electromagnetismo

Las explicaciones sobre la naturaleza de los fenómenos eléctricos y magnéticos se han estudiado desde la antigüedad, llamado mucho la atención la majestuosidad de los rayos y relámpagos en las furiosas tormentas. También se encuentran las auroras boreales y las descargas eléctricas producidas por peces y anguilas eléctricas.

Thales de Mileto (624-523 a.C.) hacia el año 800 a.C. en Grecia estudió la electrización por frotamiento. Observó que una resina fósil llamada ámbar (en griego ἤλεκτρον, *electron*), al ser frotada adquiría la propiedad de atraer cuerpos pequeños como el serrín, trozos de papel, etc. Explicó este fenómeno mediante una hipótesis en donde asumía al ámbar como una sustancia viva y con alma, razón por la cual era capaz de atraer materias inanimadas. También descubrió que dos piezas de ámbar después de ser frotadas generaban entre si un fenómeno de repulsión, situación que no pudo explicar mediante su teoría del ámbar como un ser vivo.

Los fenómenos magnéticos también fueron conocidos por los antiguos griegos, los cuales fueron observados en la ciudad de Magnesia del Meandro en Asia Menor, de ahí el término magnetismo. Encontraron que ciertas piedras atraían el hierro, y que los trocitos de hierro atraídos atraían a su vez a otros pequeños elementos. Estas se denominaron imanes naturales. En su momento, los filósofos presentaron la piedra imán como un ejemplo de la teoría de *Emanaciones*, la cual sostenía que la fuerza de atracción que generaba sobre las partículas de hierro se debía a la simpatía y solidaridad entre los elementos, y a la propiedad automotriz proveniente del alma.

En China, la primera referencia a este fenómeno se encuentra en un manuscrito del siglo IV a. C. titulado Libro del amo del valle del diablo: "La magnetita atrae al hierro hacia sí o es atraída por éste". La primera mención sobre la atracción de una aguja aparece en un trabajo realizado entre los años 20 y 100 de nuestra era: «La magnetita atrae a la aguja».

El científico Shen Kua (1031-1095) escribió sobre la brújula de aguja magnética y mejoró la precisión en la navegación empleando el concepto astronómico del norte absoluto. Hacia el siglo XII los chinos ya habían desarrollado la técnica lo suficiente como para utilizar la brújula para mejorar la navegación.

Alexander Neckham (1157 – 1217) hace la primera referencia del uso de la brújula en Europa.

En 1269 Petrus Peregrinus de Maricourt (Francia) dio por primera vez una descripción detallada del uso de la brújula para navegación. Utilizó el nombre de Polo para identificar el punto donde el campo magnético parecía concentrarse. Peregrinus comprobó que los polos del mismo nombre se atraían y de nombres diferentes se repelían.

En 1551 el cosmógrafo español Martín Cortés de Albacar descubrió y situó el polo magnético en Groenlandia.

Galileo Galilei y su amigo Francesco Sagredo utilizaron un trozo de roca magnética de más de kilo y medio en un bello artilugio de madera; la magnetita se disponía de tal manera que, a modo de imán, atraía una bola de hierro de casi cuatro kilos de peso.

Cristobal Colón observó las vacilantes desviaciones de la aguja imantada respecto a la posición de la estrella polar (declinación). Robert Norman (navegante inglés) dio a conocer en 1591 que dicha aguja podría señalar con el extremo norte vuelto hacia el suelo (inclinación).

Pasaron más de 2.000 años sin avances desde Tales de Mileto hasta que el inglés Guillermo Gilbert, retoma alrededor del 1600 los estudios de los griegos y emplea por primera vez la palabra electricidad para describir sus experimentos sobre electricidad y magnetismo.

El estudio científico de los fenómenos eléctricos tiene origen en el año 1600. William Gilbert publicó en Londres su obra *De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure; Physiologia noua, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata* ("Sobre el imán y los cuerpos magnéticos y sobre el gran imán la Tierra"), en donde por primera vez aparecen los términos electricidad, atracción eléctrica y fuerza eléctrica. El documento resume los experimentos y las investigaciones realizadas a los cuerpos magnéticos y las fuerzas eléctricas conocidos hasta entonces.

Gilbert, en su obra, nombró como sustancias *eléctricas* a los cuerpos que tienen la capacidad de atraer elementos livianos (luego de ser frotados) y *aneléctricas* a las sustancias que no poseían esta propiedad. Descubrió que otras sustancias además del ámbar, como el vidrio, presentaban la propiedad de electrizarse. Introdujo la palabra *electricidad* y llamó *vis eléctrica* (fuerza del ámbar) a la fuerza misteriosa con que la sustancia frotada atraía las partículas ligeras

Observó que la máxima atracción ejercida por los imanes sobre los trozos de hierro se realizaba siempre en las zonas llamadas "polos" del imán. Clasificó los materiales en conductores y aislantes e ideó el primer electroscopio. Descubrió la imantación por influencia y fue el primero en apercibir que la imantación del hierro se pierde al calentarlo al rojo. Estudió la inclinación de una aguja magnética concluyendo que la Tierra se comporta como un gran imán.

En 1672, Otto von Guericke construyó la primera máquina electrostática capaz de producir cargas eléctricas, la cual consistía en una esfera de azufre que al ser girada y frotada con la mano atraía o repelían pequeños objetos, además de producir diminutas chispas. Este artefacto condujo a que se pensara en la electricidad como algo que fluía de un objeto a otro.

En 1673 Francois de Cisternay Du Fay propuso la existencia de dos fluidos eléctricos (cargas eléctricas positivas y negativas) como las responsables de los fenómenos de atracción y repulsión observados. Du Fay

establecía que la materia era neutra porque contenía cantidades iguales de ambos fluidos. Sin embargo, la fricción podía desbalancear la materia y ocasionar la atracción o repulsión entre las sustancias

En 1747 Benjamin Franklin (1706-1790) sugirió dos tipos de carga, a los que dio el nombre de positiva (la adquirida por el vidrio al ser frotado) y negativa (adquirida por el ámbar). Introduciendo el término de carga eléctrica. Inventó el pararrayos gracias a un experimento, una noche tormentosa hizo volar una cometa con una punta metálica atada a un hilo de seda en cuyo extremo había una llave, también metálica. Franklin sostenía la cometa con otro hilo de seda. Cuando se concentraron las nubes de tormenta y el hilo empezó a dar muestras de carga eléctrica por que las fibras se repelían unas a otras, Franklin puso el nudillo cerca de la llave y saltaron chispas. También presentó la teoría del fluido único, donde afirmaba que cualquier fenómeno eléctrico era causado por un fluido eléctrico, "electricidad positiva", mientras que la ausencia del mismo podía considerarse, "electricidad negativa". Todo el mundo aceptó la idea de que las cargas fluyen de lo positivo a lo negativo (flujo convencional) y se tomó como cierta.

En 1785, Charles Coulomb determinó experimentalmente las propiedades de la fuerza electrostática que actuaba entre dos cargas, en donde la magnitud es proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, y que actúa en la dirección de la línea que une las cargas. Este planteamiento es conocido en la actualidad como la *Ley de Coulomb*

Luigi Galvani en 1786 observó que al conectar un alambre de hierro en el nervio de la pata de una rana y una varilla en el músculo, la extremidad del animal se contraía de la misma manera que lo hacía cuando se le aplicaba una descarga eléctrica. Esto llevó a Galvani a pensar que el interior de las patas tenía una carga eléctrica positiva y el exterior una carga negativa, por lo tanto, las patas de la rana producían su propia electricidad.

Alejandro Volta demostró (tiempo después) que lo sucedido en la pata de aquel animal era consecuencia de una reacción química entre los materiales que conformaban las varillas y la humedad salina de la rana. Tiempo después, el análisis realizado por Volta a dicha situación lo condujo a la construcción de lo que posteriormente se llamó una pila voltaica, que fue el primer dispositivo electroquímico que sirvió como fuente de electricidad. El voltio, la unidad de potencia eléctrica, se denomina así en reconocimiento a su labor.

Hasta aquí había muy poco en los estudios que se hacían en aquellos tiempos que tuviera verdadero significado. A la electricidad se la consideraba más bien como un juego para atraer o repeler y producir chispitas. Y en realidad, las minúsculas cantidades de electricidad generadas por las máquinas de frotamiento no tenían ninguna utilidad práctica. Casi todos los conocimientos actuales de electricidad se adquirieron en los últimos 200 años.

Hacia el año 1802, el físico italiano Giuseppe Domenico Romagnosi había observado pequeños movimientos en una brújula, estableciendo una corriente eléctrica con la ayuda de la pila voltaica. Sus observaciones pasaron desapercibidas y fueron retomadas más tarde por el profesor Hans Christian Oersted

En 1820 Hans Christian Oersted colocó una brújula cercana a un hilo conductor sobre el que circulaba una corriente eléctrica. Sucedió que se producía una desviación sobre la aguja, observando que el alambre conductor se comportaba como un imán con lo cual concluyó que una corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor.

George Simon Ohm (1787 – 1854) en 1827 a través de sus experimentos mostró que el flujo de corriente a través de un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia, demostrando así la relación existente entre la resistencia, potencial eléctrico y cantidad de corriente, conocida hoy en día como la ley de Ohm.

Humphry Davy (1778 – 1829) a principios del 1800 descubrió que la electricidad podía emplearse también para producir luz. Conectó los terminales de una batería muy potente a dos varillas de carbón apenas separadas entre sí, y obtuvo una luz muy brillante; la lámpara de arco había sido inventada.

André Marie Ampere (1775 – 1836) indicó que la desviación de la aguja de la brújula producida por el paso de la corriente eléctrica a través del conductor se podía explicar por la aplicación de la regla del tornillo de la mano derecha. Desarrolló una serie de experimentos que lo llevaron a deducir la relación existente entre la corriente y el campo magnético: *cuanto mayor sea la corriente, la fuerza de atracción también lo será.*

Michael Faraday (1791 – 1867) utilizando el principio de conservación de la energía dedujo que si una corriente eléctrica era capaz de generar un campo magnético, entonces un campo magnético debía también producir una corriente eléctrica. En 1831 descubrió el fenómeno de inducción al mover un imán a través de un circuito cerrado de alambre conductor se generaba una corriente eléctrica y que además esta corriente también aparece al mover el alambre sobre el mismo imán quieto, donde el origen de esta corriente se debía al número de líneas de campo atravesados por el circuito de alambre conductor, que fue posteriormente expresado matemáticamente en la hoy llamada Ley de Faraday, una de las cuatro ecuaciones fundamentales del electromagnetismo.

El mismo Faraday utilizó este principio básico para construir la dinamo (generador eléctrico), logrando por primera vez convertir energía mecánica en eléctrica, y sentando las bases para uno de los más grandes desarrollos tecnológicos y económicos de la historia, con la invención del motor eléctrico y los generadores.

James Prescott Joule (1818 – 1889) en 1841 formuló las leyes del desprendimiento del calor producido al paso de una corriente eléctrica por un conductor. Estas leyes explican lo que ocurre en un cable que conduce corriente: éste se calienta porque la resistencia del cable convierte parte de la energía eléctrica en calor. Este principio es la base de todos los aparatos eléctricos de calefacción o similares demostrando que los circuitos eléctricos cumplían con la ley de la conservación de la energía

Sin embargo la verdadera naturaleza de la electricidad era aún desconocida. Sólo a fines de los años 1800 Sir Joseph Thompson probó la existencia del electrón. La carga de un único electrón fue determinada por Robert Millikan en 1906.

Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887) en 1845, extendiendo el trabajo de Ohm, formuló las leyes que permiten calcular corrientes, voltajes y resistencia de redes eléctricas.

Thomas Alva Edison (1847 - 1931) en 1879 inventó la luz incandescente (bombilla eléctrica) haciendo pasar una corriente eléctrica a través de un fino filamento de carbón encerrado en una ampolla de vidrio, en cuyo interior había hecho el vacío. El filamento se puso incandescente e iluminó durante 44 horas.. instaló el primer sistema eléctrico de Estados Unidos para vender energía para la iluminación incandescente.

Nikola Tesla (1856 - 1943) inventó un sistema de transmisión de corriente alterna y un motor eléctrico

Joseph John Thompson (1856 - 1940) descubrió el electrón en 1897 y ayudó a revolucionar el conocimiento de la estructura del átomo. Su más importante línea de trabajo fue la que lo llevó a la conclusión que toda la materia, independiente de su origen, contenía ciertas partículas, que él llamó corpúsculos, que eran mucho más pequeñas que el átomo. Estas partículas son lo que hoy llamamos electrones.

James Clerk Maxwell (1831 – 1879) unificó el magnetismo y la electricidad en un solo campo, el electromagnetismo, constituyéndose en una rama de la física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, que se inició en 1820 con el descubrimiento de Hans Christian Oersted, seguido por Michael Faraday y formulados por primera vez de modo completo por Maxwell. Los fenómenos eléctricos y magnéticos habían sido considerados separados para su estudio, pero gracias al ingenio, la investigación y la experimentación se conoce que la electricidad y el magnetismo son manifestaciones de un mismo fenómeno: las fuerzas magnéticas proceden de las fuerzas originadas entre cargas eléctricas en movimiento. En 1865 el británico James Clerk Maxwell demostró matemáticamente que las ondas (alteraciones electromagnéticas) están asociadas a todas las corrientes eléctricas variables

Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894) demostró la radiación electromagnética construyendo un aparato para producir ondas de radio.

Guillermo Marconi (1874–1937) descubrió que las ondas electromagnéticas podían ser empleadas para transmitir mensajes sin cables a través del aire. Al principio se las utilizó para enviar señales telegráficas y luego, en el siglo XX, para transmitir sonidos e imágenes. Estableció la primer comunicación inalámbrica a través del Atlántico en 1901.

En 1905, Einstein usó estas leyes para comprobar su teoría de la relatividad especial, en el proceso mostró que la electricidad y el magnetismo estaban fundamentalmente vinculadas.

Robert Andrews Millikan (1868–1953) en 1911 demostró que el electrón transportaba la menor carga eléctrica posible. Midió la carga del electrón y demostró que la carga eléctrica existe sólo como múltiplo de esa carga elemental. Estos descubrimientos abrieron la puerta al desarrollo de la radio, la televisión, las computadoras, la telefonía y casi toda la tecnología que nos rodea actualmente.

La humanidad debe estar agradecida por el grandioso e incalculable aporte que han hecho los genios investigadores, a lo largo de la historia, al avance y desarrollo de la sociedad en el campo del electromagnetismo. Seguramente nuevos descubrimientos estarán por venir.