

SESIÓN 6

PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA

I. CONTENIDOS:

1. El electrón: carga y masa.
2. La emisión termiónica.
3. Semiconductores.
4. Diodos y transistores.
5. Circuitos integrados.
6. El experimento de Milikan.

II. OBJETIVOS:

Al término de la Sesión, el alumno:

- Conocerá el proceso del descubrimiento del electrón.
- Explicará el funcionamiento del diodo mediante el uso de diagramas.
- Distinguirá y analizará los materiales tipo “p” y “n”.
- Conocerá la composición y aplicaciones de los circuitos integrados.

III. PROBLEMATIZACIÓN:

Comenta las preguntas con tu Asesor y selecciona las ideas más significativas.

- ¿Cómo se produce la luz en un foco?
- Los circuitos internos de una computadora o televisión, ¿funcionan con corriente alterna?
- ¿Qué hay dentro de un circuito integrado?

IV. TEXTO INFORMATIVO-FORMATIVO:

1.1. El electrón: carga y masa

Los electrones son componentes de los átomos, se mueven a velocidades enormes en torno de la parte central del átomo que se conoce como núcleo. Los electrones fueron descubiertos por el físico inglés Sir. Joseph John Thomson en 1897. Su trabajo con tubos de rayos catódicos le permitió entender la existencia de los electrones. El estudio de las descargas eléctricas a través de los gases, marcan el inicio de la *física moderna*.

En 1853 un científico francés de nombre Massón, utilizó un tubo de vidrio dónde había hecho un vacío parcial para lanzar una chispa eléctrica de una bobina de inducción y en lugar de la típica chispa percibió un resplandor intenso. En 1857 un alemán, de nombre Heinrich Geissler inventó los tubos de descarga de gases, eran tubos dónde se hacía un vacío parcial pues tenían algún gas a baja presión y luego se descargaba una corriente en ellos provocando luces de colores.

Más tarde en 1870, Sir William Crookes, desarrolló una nueva versión con un ánodo (terminal positiva) y dos cátodos (terminales negativas). Los tubos de Crookes consisten en un cono de vidrio con placas metálicas en sus extremos y otra en su interior. Se forma un vacío en el interior extrayendo el aire, si se somete el tubo a una diferencia de potencial de algunos miles de voltios, se aprecia una fluorescencia verdosa en el vidrio. Introduciendo una figura en el interior del tubo, demostró que se emitían rayos desde el cátodo hasta el ánodo y viajaban en línea recta, pues el objeto proyectaba una sombra bien delineada en la zona del ánodo. También introdujo después un pequeño rehilete que giraba con la emisión de los rayos catódicos (llamados así pues provenían de cátodo), la conclusión de Crookes fue que los rayos catódicos estaban formados por partículas con carga eléctrica y masa.

En 1895, el francés Jean Perrin demostró que la carga de las partículas era negativa: introdujo una lámina metálica cubierta con una sustancia fluorescente (ZnS), con una ranura limitó la propagación de los rayos hacia la lámina, y en el exterior dispuso un campo magnético. El resultado del experimento fue la desviación de los rayos; como sabemos un campo magnético desvía a cargas eléctricas en movimiento, pues la desviación era tal que necesariamente deberían estar formados los rayos catódicos por partículas con carga eléctrica negativa.

Esta desviación no podía explicar la relación masa-carga de las partículas pues se desconocía la velocidad de las mismas. Sir Joseph John Thomson llevó a cabo un experimento que permitió determinarla. Utilizando un tubo de rayos catódicos con el ánodo fluorescente, agregó unas placas con un orificio para que los rayos se propagaran en un haz hacia el ánodo fluorescente; además interpuso un par de placas metálicas a las que se les suministraba voltaje para formar un campo eléctrico. Los rayos catódicos eran dirigidos hacia el campo eléctrico y como consecuencia se desviaban, apreciándose esto en la pantalla fluorescente.

Cuando las placas no tenían carga eléctrica, los rayos catódicos provocaban que el ánodo mostrara un punto fluorescente; pero al conectar el voltaje a las placas los rayos catódicos se desviaban y esto se apreciaba por la fluorescencia del ánodo que mostraba el punto en otra posición. Para contrarrestar el efecto del campo eléctrico agregó por fuera un campo magnético de la intensidad precisa para que en la pantalla se apreciara el punto luminoso en la posición que tenía cuando no había campo eléctrico.

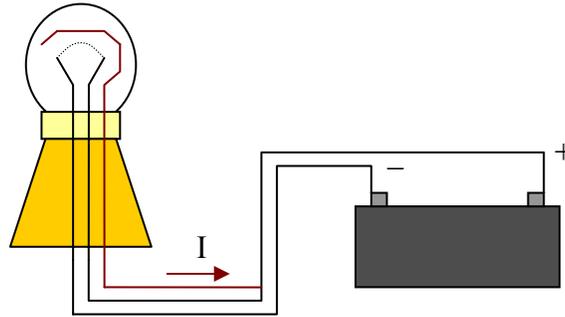
Conociendo la intensidad del campo eléctrico y la del magnético pudo calcular la velocidad de las partículas que constituyen a los rayos catódicos, dividiendo la magnitud del campo eléctrico entre la del campo magnético. Apreció que la velocidad dependía del voltaje utilizado en el tubo de rayos catódicos, siendo en promedio un sexto de la velocidad de la luz.

Conociendo la velocidad, y midiendo la desviación de manera independiente con el campo eléctrico y el magnético, pudo calcular la relación masa-carga de las partículas. El valor obtenido lo convenció de que esas partículas constituyen una forma de materia diferente de la ordinaria. Comparó el resultado con los datos de la electrólisis del hidrógeno y la conclusión fue que la masa de las partículas debería ser aproximadamente dos mil veces menor que la masa del átomo de hidrógeno. Finalmente estableció que los átomos no son indivisibles, que las partículas de los rayos catódicos se originan en los átomos de las placas del tubo de rayos catódicos, que su carga es negativa y su masa es extremadamente pequeña. Estas partículas son los electrones que tanto hemos estudiado.

2.1. La emisión termoiónica

En 1880, Thomas Alva Edison, estaba haciendo pruebas con focos incandescentes buscando aumentar su vida de servicio. Introdujo una placa con carga positiva próxima al filamento; en las mediciones resultó que por el conductor que conectaba con la placa fluía una corriente eléctrica. Si otorgaba carga negativa a la placa, no se registraba corriente. En aquellos años, no había los conocimientos y adelantos tecnológicos suficientes como para aprovechar el descubrimiento en alguna aplicación. Sin embargo, patentó lo que había descubierto.

El filamento se calienta por el choque de los electrones con los iones metálicos, la temperatura puede alcanzar algunos miles de grados Celsius. La energía térmica en el filamento puede empujar a los electrones y éstos son atraídos por el campo eléctrico de la placa con carga positiva. Como el efecto de emisión de electrones depende de la temperatura del filamento, el fenómeno se conoce también como emisión termoiónica.

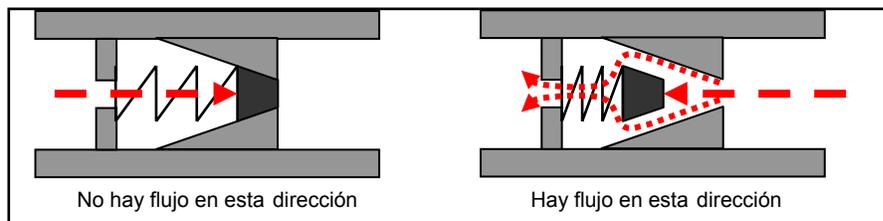


La emisión termoiónica se utilizó en 1904 por el inglés J. A. Fleming, para fabricar la primera válvula para el flujo de cargas eléctricas. Se les conoció a estos dispositivos como válvulas de vacío, pues la emisión se mejoraba con la extracción de los gases en el interior de la ampolla de vidrio. Las válvulas de vacío se llaman también bulbos. Los bulbos son dispositivos que permiten rectificar la corriente.

Una gran cantidad de aparatos electrodomésticos funciona con corriente directa, pero la energía que suministra la CFE es alterna, entonces es necesario transformar la corriente alterna en corriente directa. En el pasado, se utilizaban los bulbos para este propósito; había bulbos en las televisiones, en los radios y en las primeras computadoras. Los bulbos consumían una gran cantidad de energía, pues una buena parte se utilizaba para calentar los filamentos de los bulbos; los bulbos eran caros y ocupaban mucho espacio. Ahora sólo se utilizan en instalaciones en donde el voltaje es muy alto y los dispositivos que los sustituyeron son inoperantes.

Agregando un tercer elemento a los bulbos, una placa perforada llamada rejilla entre el filamento y la placa, se construyeron los primeros tríodos. Los tríodos tienen por objeto amplificar una señal eléctrica; por ejemplo las ondas de radio interactúan con los electrones de la antena del radio receptor, esta interacción es una débil señal eléctrica que debe amplificarse para que finalmente se envíe a las bocinas y se escuche la emisión radiofónica. Los elementos con los que se lograba esto eran los tríodos.

Una válvula de verificación de fluido puede servir de analogía para comprender cómo funciona un bulbo. Imaginemos un tubo que tiene en su interior una pequeña pieza metálica que es empujada por un resorte hacia una pared cóncava donde se adapta formando un sello que evita el paso de un fluido. Si se presenta un corte transversal del tubo, podría verse su interior así:



En la figura se puede ver si la dirección del flujo va hacia la derecha, la misma presión del fluido hace que se cierre la válvula. Pero si la dirección de flujo es opuesta, se retrae el resorte permitiendo que el fluido continúe su marcha hacia la izquierda.

3.1. Semiconductores

Los semiconductores permitieron revolucionar la tecnología en el siglo pasado. Los semiconductores pueden ser tan pequeños que si se colocaran en la punta de un alfiler no podríamos verlos a menos que usáramos algún instrumento óptico. La posibilidad de ser tan

pequeños trae aparejada la ventaja de que ocupan menos espacio, pero además consumen menos energía pues no funcionan a través de la calentamiento de un filamento, y sobre todo son más económicos.

Los semiconductores son aisladores pero se han modificado en su estructura atómica para que puedan transportar electrones en una sola dirección. Nuevamente estamos frente a la idea de que son como válvulas electrónicas, permiten el flujo de cargas eléctricas en un determinado sentido oponiéndose a que éste ocurra en dirección opuesta. Pueden ser de dos tipos:

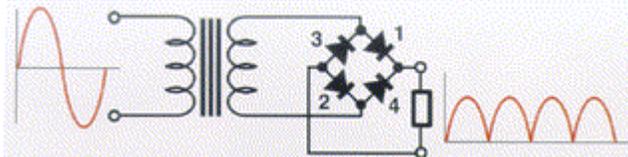
Cristales P: Son cristales que originalmente estaban formados por silicio o germanio puros, mismos que son aislantes en estas condiciones; pero después se les añadió una cantidad enorme de átomos de otro elemento químico, llamados átomos de impureza. La valencia de los átomos de impureza es de tres y la de los átomos de silicio o germanio es de cuatro. Por cada átomo de impureza que se agrega queda un “hueco” un espacio que puede albergar un electrón. Los electrones que ocupan los huecos no se quedan allí, son impulsados por el campo eléctrico de la fuente de voltaje, de este modo los electrones saltan de hueco en hueco a través de un cristal P. Si consideramos un conjunto de huecos en una trayectoria que avance a través de un cristal P, y luego imaginamos que los huecos están ocupados con electrones quedando sólo el último vacío; al avanzar los electrones van dejando el hueco dónde estaban, este hueco pareciera que se mueve en dirección opuesta a los electrones.

Cristales N: Se distinguen de los cristales P en que los átomos de impureza son de valencia cinco y por esta razón queda un electrón libre por cada átomo de impureza. El efecto total es que un cristal N, tiene un exceso de electrones. Éstos pueden ser empujados por el campo eléctrico de una fuente de voltaje.

4.1. Diodos y transistores

Si se conectan un cristal P y un cristal N, el resultado es un diodo. El diodo es el equivalente a los bulbos estudiados antes. El uso de los diodos ha permitido bajar los costos de equipos como las computadoras, televisiones, radios etc. Además pueden funcionar con pilas pues el consumo de energía es muchísimo menor, también se han podido hacer cada vez más pequeños los dispositivos. Los transistores son la combinación de dos cristales P con un cristal N, o dos cristales N con un P. Se conocen como transistores NPN o PNP. Tienen la misma función de los triodos estudiados anteriormente.

Los diodos deben tener polarización directa para permitir el flujo de cargas eléctricas, es decir el cristal P conectado al conector con carga positiva y el cristal N conectado con el de carga negativa. El diodo Zener es un elemento que si se conecta con polaridad inversa, permite regular la tensión eléctrica. Se utilizan con frecuencia en los reguladores de tensión. Un transistor debe tener montado un disipador de calor pues sin él comenzaría a calentarse hasta que se quema. A continuación se muestra un diagrama del circuito rectificador de corriente de puente.



Consultado el 11 de mayo 2011 de http://www.profesormolina.com.ar/tutoriales/tutor1_fuentes.htm.

En la parte de la izquierda se tiene la entrada de corriente alterna, aparece luego el símbolo de un transformador, después el puente de cuatro diodos que rectifican la corriente y finalmente la salida de corriente directa.

5.1. Circuitos integrados

Los circuitos integrados son un desarrollo tecnológico que comenzó en 1959 con las aportaciones del ingeniero norteamericano Jack Kilby. Consisten en pequeñas pastillas de unos cuantos milímetros cuadrados que alojan miles o millones de transistores, hacen la función de circuitos electrónicos complejos. Son económicos, pequeños, y consumen muy poca energía, por esta razón fueron desplazando paulatinamente a los bulbos. Los Microchips, son circuitos integrados más avanzados; éstos hacen funcionar a las computadoras y a teléfonos inalámbricos, por ejemplo. Los circuitos integrados han permitido el desarrollo tecnológico apabullante de nuestros días, en el que un equipo electrónico de hace un año es tal vez hoy ya obsoleto.

6.1. El experimento de Milikan

Robert Andrews Millikan (1868-1953) físico norteamericano, ganó el premio Nobel de física en 1923 por el descubrimiento de la carga eléctrica del electrón. Construyó un dispositivo que consiste en un par de placas metálicas circulares, éstas se encuentran con sus superficies paralelas; entre ellas se forma un campo eléctrico uniforme pues están conectadas a una fuente de voltaje de 10000 voltios. El artefacto tiene a las placas en posición horizontal, la de abajo está conectada a la polaridad negativa y la de arriba a la positiva. Además tiene un pequeño orificio la placa de arriba por donde puede pasar una pequeña gota de aceite.

Se rocía aceite atomizándolo hasta formar diminutas gotas encima del artefacto. Atraídas por la gravedad las pequeñas gotas caen y por la fricción con el aire se cargan (Millikan utilizó también rayos X, para incrementar la ionización del aire y que las gotas de aceite obtuvieran más cargas). Las gotas alcanzan su velocidad límite después de algunos instantes, pues la fricción con el aire es igual a la fuerza que las hace descender. Eventualmente una de las gotas pasa por el orificio de la placa superior y entra al artefacto. Se cuenta con un dispositivo óptico que permite ver el descenso de la gota de aceite entre las placas, también con un cronómetro para medir el tiempo que tarda en recorrer la distancia que separa a las placas, así se mide la velocidad límite de las gotas. La velocidad límite depende del tamaño de la gota de aceite, de la masa de la gota y de la viscosidad del aire.

Si una de las gotitas de aceite pasaba por el orificio, sabía que su diámetro no podía exceder el del orificio y con el valor de la densidad tenía una estimación de la masa de la gotita de aceite. Pero no conocía con certeza su valor. Sin embargo, utilizando el valor de la velocidad terminal de la gota de aceite, el de la viscosidad del aire y el valor de la aceleración de la gravedad, pudo calcular la fuerza de fricción del aire que se oponía al descenso de la gota de aceite. Con este valor calculaba la masa de cada gota que entraba en el artefacto.

Cuando la gota estaba a punto de llegar a la placa inferior, conectaba el voltaje a las placas para crear un campo eléctrico uniforme que rechazaba a la gota haciéndola subir hacia la placa superior. Midiendo la velocidad de ascenso, conociendo la masa de la gota de aceite y la fricción con el aire, calculaba la carga eléctrica que provocaba el fenómeno. Cuando la gota estaba a punto de llegar a la placa superior anulaba el campo eléctrico. Entonces, la gota descendía por acción de la gravedad y volvía a medir la masa de la gota para luego conectar el voltaje a las placas y en el ascenso de la gota medir su carga eléctrica.

El experimento lo repitió muchas veces, los valores de la carga de cada gota analizada nunca eran menores a un valor en particular y siempre múltiplos de éste. Ese valor era el de la carga de un electrón, pues las gotas de aceite se cargaban con uno o más electrones, todos con la misma carga eléctrica. Gracias a este ingenioso experimento se pudo conocer el valor de la carga eléctrica del electrón. Que es 1.6019×10^{-19} Coulombios.