

LOUIS DE BROGLIE Y LAS ONDAS MATERIALES

Joaquín González Álvarez

El físico francés Louis de Broglie recibió el Premio Nóbel en el cual exponía su idea según la cual las partículas materiales presentaban propiedades ondulatorias y que se les podía asignar una onda asociada de longitud $\lambda=h/p$ donde h es la constante de Planck ya conocida en ese momento en la expresión de la energía del cuanto, y p es el momentum lineal. Se sentaba así la base teórica de lo que sería el enfoque matemático ondulatorio de la Mecánica Cuántica llevado a cabo por Erwin Schroedinger.



Louis Víctor Raymond de Broglie, al cual se le daba y la historia le mantiene, el tratamiento de Príncipe, pertenecía a la nobleza de la familia reinante en Francia antes de establecerse la República. Habiendo nacido en 1897, estudió en la Sorbona. Historia, pues sus padres aspiraban a que siguiera la carrera diplomática, no obstante lo cual se dedicó a los estudios de la física, de los cuales prefirió los teóricos y un tanto sus aspectos filosóficos.

Al fijar su atención en el posible carácter ondulatorio del comportamiento de las partículas, lo motivaron los primeros planteamientos matemáticos que propiciara en esos momentos la incipiente Física Cuántica y la forma de la Ecuación de Hamilton- Jacobi, los cuales apuntaban a semejanzas con la Óptica Geométrica. Relaciones como la de la energía del cuanto $E=h\nu$ y del momentum $p=(hk)/2\pi$ donde ν frecuencia y $k=2\pi/\lambda$, número de onda aplicadas a corpúsculos de energía, condujeron al talento de de Broglie a la aplicación a corpúsculos de materia, esto es, a partículas.

Eliminando k entre las dos igualdades anteriores, se llega a la fórmula de la longitud de la onda asociada a todo cuerpo:

$$\lambda=h/p$$

o lo que es igual:

$$\lambda=h/mv$$

expresión esta última que nos muestra que siendo el valor de h sumamente pequeño, para masas que no sean las de partículas como electrones y semejantes, la onda asociada de Broglie se hará indetectable.

Según la teoría de la onda asociada u onda piloto como también se le denominó, ésta para cada electrón en el átomo, ocupa toda su órbita por lo cual, considerando a la misma circular de radio r , se deberá cumplir que:

$$2\pi r = n \cdot \lambda$$

donde n un número entero.

De la anterior igualdad se deduce que:

$$pr = \frac{nh}{2\pi}$$

y como $pr=L$, momento angular, se tendrá $L=nh/2\pi$ que nos indica que L toma un conjunto discreto de valores ya que n entero, lo cual se aviene con el carácter cuantizado de las magnitudes propias de la Mecánica Cuántica.

El carácter ondulatorio de las partículas materiales fue evidenciada experimentalmente unos años después de haber sido propuesto por Louis de Broglie, por los físicos norteamericanos C. J. Davisson y L. H. Germer al lograr que haces de electrones interfirieran como lo hacen los de luz al pasar por rendijas muy estrechas así como manifestaran fenómenos de difracción.

Por los mismos años de De Broglie y su teoría ondulatoria, en plena alborada de la Mecánica Cuántica, Werner Heisenberg dio a conocer su método de tratamiento matemático de la misma mediante matrices, procedimiento poco manejado a todos los niveles de talento científico. Poco tiempo después el ya citado enfoque de Schrödinger surgió como alternativa del un tanto engorroso propuesto por Heisenberg.

Inspirado en lo propuesto por Louis de Broglie, Erwin Schrödinger utiliza expresiones matemáticas que formalmente recuerdan las utilizadas en el tratamiento de los movimientos ondulatorios tanto mecánicos como electromagnéticos. Utiliza ecuaciones diferenciales que se asemejan a las relacionadas con la de Hamilton-Jacobi e introduce como variable dependiente la función de onda ψ la cual expresa los estados cuánticos.

La ecuación estacionaria de Schrödinger la plantearemos en aras de la brevedad y la claridad, para una sola variable y para el caso una partícula libre (energía potencial $V=0$), así:

$$-\hbar^2/8\pi^2m (\partial^2 \psi/\partial x^2) = E\psi$$

la cual puede comprobarse tiene por solución:

$$\psi = A \exp ikx \quad \text{donde } k = \sqrt{(8mE/\hbar^2)}$$

tomando k sólo valores discretos.

De la última expresión obtenemos el valor de la energía $E = (\hbar^2 k^2)/8m$.

Si en la igualdad anterior hacemos la sustitución $E=p^2/2m$ nos encontraremos algo que ya vimos en esta exposición.

Veamos:

$$p^2/2m=(\hbar^2 k^2)/2m$$

de lo cual obtenemos la conocida igualdad $p=(\hbar k)$ una de las que sirvió de base a Louis de Broglie para llegar a su fundamental $\lambda=h/p$ donde tuvo en cuenta $k=2\pi/\lambda$.

Se hace patente así que, dado que es universalmente aceptada la formulación de Schrödinger, la concepción de las ondas materiales de Louis de Broglie resultó crucial para el desarrollo teórico de la Mecánica Cuántica tal como hoy se presenta.

Joaquín GONZÁLEZ ÁLVAREZ
j.gonzalez.a@hotmail.com