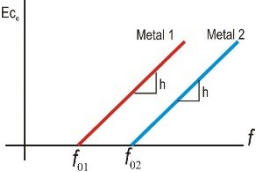


## EXPERIENCIAS QUE DIERON LUGAR A LA TEORÍA CUÁNTICA.

| Fenómeno o experiencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Explicación clásica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Fallos en la Teoría Clásica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Explicación Cuántica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RADIACIÓN TÉRMICA:</b><br><br>Todos los cuerpos emiten luz (radiación electromagnética) en función de la temperatura a la que se encuentran.<br><br><u>Experiencia del cuerpo negro:</u> Cuerpo ideal (cavidad) que absorbe toda la energía que le llega, y emite el máximo de energía posible a una temperatura dada. Estudiando este cuerpo ideal se obtienen gráficas de la energía máxima que puede emitirse en función de la longitud de onda y de la temperatura.                                                                                                                                    | La radiación térmica se emite por la vibración de los electrones de los átomos al ser calentados.<br><br>Al ser la luz una onda electromagnética, la emisión de energía en forma de o.e.m debe ser continua.                                                                                                                                                                                                                                                                   | Las explicaciones basadas en la emisión continua de radiación no pueden explicar las gráficas de energía emitida en función de la longitud de onda ("catástrofe ultravioleta").<br><br>El cuerpo negro debería emitir una cantidad casi infinita de energía en forma de rayos gamma o X, cosa que no ocurre.                                                                            | <b>Max Planck (1900):</b><br><br>La emisión de radiación está cuantizada: Para cada frecuencia, un cuerpo sólo puede emitir múltiplos de una cantidad mínima de energía (cuanto de energía), que depende de la frecuencia.<br>$E = h \cdot f$ $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$<br><br>Con esto explica las gráficas de emisión de energía.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>EFFECTO FOTOELÉCTRICO:</b><br><br>Emisión de electrones (llamados fotoelectrones) por parte de un metal al incidir radiación (luz) sobre su superficie.<br><br>Experiencias de Hertz (descubridor) y Lenard. Este último mide el número de electrones que se emiten y su energía cinética en función de la frecuencia de la radiación y de la intensidad (cantidad) de luz.                                                                                                                                               | Los electrones son emitidos al incidir la luz sobre el metal.<br><br>La luz cede su energía a los electrones, hasta que vencen la atracción del núcleo y "saltan" fuera del metal.<br>Suponiendo que la luz es una o.e.m, ésta cede continuamente energía al electrón, que la va acumulando hasta que tiene suficiente para vencer la atracción del núcleo.<br>Según esto, cualquier radiación, sea de la frecuencia que sea, produciría este efecto más tarde o más temprano. | Para cada metal, existe una frecuencia mínima de la radiación (frecuencia umbral, $f_0$ ) por debajo de la cual NO se produce la emisión de electrones.<br><br>La energía cinética de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la radiación, sino exclusivamente de la frecuencia.<br><br>La intensidad de la radiación sólo influye en el número de electrones emitidos. | <b>Albert Einstein (1905):</b><br><br>En la interacción con la materia, la luz se comporta como un chorro de partículas (fotones), que transmiten su energía de forma discontinua.<br>La energía de un fotón depende de la frecuencia $E_f = h \cdot f$<br>Al incidir sobre el metal, los fotones ceden instantáneamente su energía al electrón. Dicha energía se invierte en vencer la atracción del núcleo (trabajo de extracción, $W_{extr} = h \cdot f_0$ ).<br>Si $E_f < W_{extr}$ ( $f < f_0$ ), el electrón volverá emitir el fotón y caerá a su estado inicial.<br>Si $E_f > W_{extr}$ ( $f > f_0$ ), el electrón salta. La energía sobrante será la $E_c$ del electrón.<br>$E_{fotón} = W_{extr} + E_{c_e} \rightarrow E_{c_e} = h \cdot (f - f_0)$ |
| <b>ESPECTROS ATÓMICOS:</b><br><br>Al calentar un elemento químico y descomponer la luz que emite haciéndola pasar por un prisma, obtenemos su espectro de frecuencias. Existen espectros de emisión y absorción.<br><br>El espectro de la luz emitida por el filamento de una bombilla, o por el Sol, es continuo (se emiten todas las frecuencias), pero el emitido al calentar un elemento químico en estado gaseoso (átomos individuales), es discontinuo, el átomo no emite todos los tipos de luz, sólo unos en concreto. $\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$ | Modelo de Rutherford (planetario)(1911). Los electrones describen órbitas en torno al núcleo, debido a la atracción eléctrica.<br><br>En principio, es posible cualquier órbita, y cualquier salto del electrón al ganar o perder energía.<br><br>Al absorber energía, el electrón pasa a una órbita superior (a mayor distancia del núcleo). Cuando el electrón cae a una órbita inferior, emite luz con una energía igual a la diferencia entre las dos órbitas.             | El modelo de Rutherford no puede explicar los espectros atómicos discontinuos. Al calentar un elemento químico, sólo emite luz de frecuencias muy concretas.<br><br>Se sabía que una partícula cargada que sufre aceleración debe emitir energía en forma de radiación. El electrón iría perdiendo energía y cayendo hacia el núcleo del átomo (el modelo es inestable).                | <b>Niels Böhr (1913):</b><br>Cuantización de las órbitas:<br>- Los electrones no pueden orbitar a cualquier distancia del núcleo, con cualquier valor de energía y momento angular. Sólo están permitidas aquellas órbitas cuyo momento angular sea múltiplo de $\hbar$ ( $h/2\pi$ )<br>- En la órbita, el electrón no gana ni pierde energía.<br>- Al ganar o perder energía, el electrón salta de una órbita permitida a otra.<br><br>Energía del electrón: $E = -\frac{R_E}{n^2}$ $R_E = 2,172 \cdot 10^{-18} \text{ J}$<br><br>Energía del fotón emitido o absorbido al saltar el electrón.<br>$\Delta E = E_f - E_i = R_E \cdot \left  \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right $                                                                       |

ASPECTOS BÁSICOS DE LA TEORÍA CUÁNTICA

**Dualidad onda-partícula (Louis de Broglie, 1924)**

Del mismo modo que la luz puede comportarse como partículas, una partícula puede comportarse como una onda en determinados experimentos. A cada partícula corresponde una onda asociada (onda de materia). Se habla del carácter dual de la materia.

La longitud de onda de la onda de materia asociada viene dada por  $\lambda = \frac{h}{p} \rightarrow \lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

Así, partículas como los electrones pueden sufrir interferencias y difracción, si encuentran obstáculos de tamaño parecido a su longitud de onda asociada, como la distancia entre átomos en un cristal.

¿Cuándo son importantes las características de onda en una partícula?

- Cuando la longitud de onda asociada a la partícula sea parecida o mayor que el tamaño de la propia partícula. Si  $\lambda$  es despreciable frente al tamaño de la partícula, usaremos la Física Clásica.

Para el electrón en el átomo, Erwing Schrödinger propone en 1926 la ecuación de onda, cuya solución nos da información sobre la probabilidad de encontrar un electrón con una energía concreta en una zona determinada del espacio.

$$-\frac{h^2}{8\pi^2m}\left(\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\Psi}{\partial z^2}\right)+V(r)\cdot\Psi=E\cdot\Psi$$

**¿Cómo calculamos la velocidad de la partícula?**

Normalmente a partir de su energía cinética  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$

En el caso de partículas cargadas, esta  $E_c$  la adquieren al acelerarlas desde el reposo mediante una diferencia de potencial  $\Delta V$ . (como vimos en el tema de Campo Eléctrico)

$$E_M = cte \rightarrow \Delta E_c = -\Delta E_{pe} \rightarrow \Delta E_c = -q\cdot\Delta V \rightarrow E_c - 0 = -q\cdot(V_2-V_1) \rightarrow E_c = |q\cdot\Delta V|$$

Recuerda que si  $q > 0 \rightarrow V_1 > V_2$ , y si  $q < 0 \rightarrow V_2 > V_1$ .

**Principio de incertidumbre (Werner Heisemberg, 1926)**

*Es imposible medir simultáneamente y con total exactitud la posición y la cantidad de movimiento (velocidad) de una partícula. Siempre la incertidumbre (error que podemos cometer) en la medida cumplirá*

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4 \cdot \pi}$$

Consecuencias:

- Este principio limita en gran medida el conocimiento que podemos tener sobre la naturaleza. De hecho, rompe con el determinismo propio de los científicos del s. XIX, que suponían que todo en la naturaleza podía ser conocido con exactitud. El propio hecho de realizar la medida modifica el estado del sistema que vamos a medir.

- Ya no podemos hablar de posición o velocidad exactas de una partícula, únicamente de probabilidad de encontrar a una partícula en una determinada posición. Por lo tanto, el modelo de Böhr para el átomo ya no es válido, hay que buscar una nueva visión de las cosas, una nueva Física. Schrödinger, con su ecuación de onda, y Dirac, con el Álgebra Cuántica, proporcionan las herramientas básicas de la Física Cuántica.

TABLA COMPARATIVA ONDAS – PARTÍCULAS

|                                                | Características de partícula |                        | Caract. comunes<br>onda-partícula | Caract. de onda           |
|------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                                | Masa                         | Cantidad de movimiento | Energía                           | Longitud de onda          |
| Fotón                                          | 0                            | $p = \frac{E}{c}$      | $E = h \cdot \nu$                 | $\lambda = \frac{c}{\nu}$ |
| Partículas clásicas<br>(protón, electrón, etc) | m                            | $p = m \cdot v$        | $E_c = \frac{1}{2}m \cdot v^2$    | $\lambda = \frac{h}{p}$   |