CONSTANTES

Velocidad Luz	$C = \quad 299\,792\,458 \approx 3\times 10^{8} \left[\frac{m}{s}\right]$
Planck	$h \approx \quad 6{,}625\times 10^{-34}\,[J\,s] = 4{,}1356\times 10^{-15}\,[eV\,s]$ $h\cdot C \approx \quad 1240\,[eV\,nm]$
Masa del electrón	$m_e \approx \quad 9{,}109\times 10^{-31} = 0{,}511\left[\frac{MeV}{C^2}\right]$
Carga del electrón	$e = \quad -1\,[e] \approx -1{,}6022\times 10^{-19}\,[\text{Culombio}]$
Rydberg	$R_\infty = \quad R_H = 1{,}097\times 10^{7}\,[m^{-1}]$
Energía Hidrógeno	$E_H = \quad R_\infty\cdot h\cdot C \approx 13{,}6\,[eV]$
Stefan	$\sigma = \quad 5{,}64\times 10^{-8}\left[\frac{W}{m^2\,K^4}\right]$
Boltzmann	$K = \quad 1{,}37\times 10^{-23}\left[\frac{J}{K}\right] = 8{,}617\times 10^{-5}\left[\frac{eV}{K}\right]$
Universal de los Gases	$R = \quad K\cdot N_a \qquad R = 8{,}3145\left[\frac{J}{mol\cdot K}\right]$
Núm. Avogadro	$N_a = \quad 6{,}022\times 10^{23}\left[\frac{1}{mol}\right]$ (Partículas en un mol)
Compton	$\lambda_c = \quad \frac{h}{m_e C} \approx 2{,}47\,[pm]$

Masa Molar: $M\left[\frac{gr}{mol}\right]$ | Cantidad de moles: $n[moles]$ | cant. partículas: N | masa: $m[gr]$ | Z: cant. Protones

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_a}$$

RELATIVIDAD

- El tiempo, espacio y masa **dependen** de la velocidad del observador.
- La velocidad de la luz es constante para **TODO** sistema de referencia.

Dilatación Temporal y Contracción Espacial

- Se define como tiempo propio (t_0) al medido en un sistema donde **ambos eventos** ocurridos son **simultáneos**.
- Se define como longitud propia (L_0) a la distancia medida en un sistema donde **ambos puntos** están en **reposo**.
- La velocidad relativa entre ambos sistemas es V. (No confundir con v: velocidad de un objeto en el sistema).

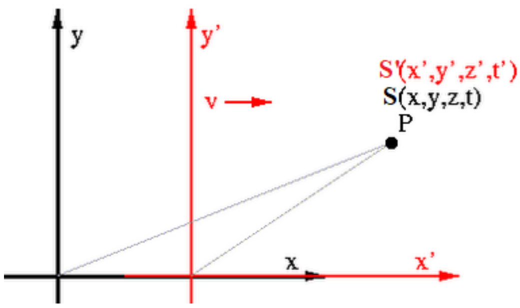
$$t = \gamma\cdot t_0 \qquad L = \frac{L_o}{\gamma} \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}} \qquad 1 \le \gamma \le \infty$$

Transformación de Lorentz

- Sea O el sistema en reposo y O' el sistema en movimiento, a velocidad "V" constante, positiva con respecto a O.
- Sean v_x, v_y, v_z las velocidades de un objeto en el sistema S.

$$S = \begin{cases} x = x \\ y = y \\ z = z \\ t = t \end{cases} \Rightarrow S' = \begin{cases} x' = & \gamma(x - Vt) \\ y' = & y \\ z' = & z \\ t' = & \gamma\left(t - \frac{V\cdot x}{c^2}\right) \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} v_x = & \dfrac{v_x' + V}{1 + V\cdot\frac{v_x'}{c^2}} \\ v_y = & \dfrac{v_y'}{\gamma\left(1 + V\cdot\frac{v_x'}{c^2}\right)} \\ v_z = & \dfrac{v_z'}{\gamma\left(1 + V\cdot\frac{v_x'}{c^2}\right)} \end{cases} \Rightarrow S' = \begin{cases} v_x' = & \dfrac{v_x - V}{1 - V\cdot\frac{v_x}{c^2}} \\ v_y' = & \dfrac{v_y}{\gamma\left(1 - V\cdot\frac{v_x}{c^2}\right)} \\ v_z' = & \dfrac{v_z}{\gamma\left(1 - V\cdot\frac{v_x}{c^2}\right)} \end{cases}$$



Coincidencia, Simultaneidad Y Coincidencia

- 2 eventos son **coincidentes** si ocurren en el **mismo x**. Depende del sistema de referencia.
- 2 eventos son **Simultáneos** si ocurren en el **mismo t**. Depende del sistema de referencia.
- Si 2 eventos son coincidentes y simultáneos (son **superpuestos**) lo son para todos los sistemas de referencia.

Causalidad

- 2 eventos pueden sufrir inversión temporal si la distancia de estos es mayor a la recorrida por la luz.
- Los eventos que sufren inversión temporal son **independientes** entre sí.

$$c\cdot(t_2 - t_1) < x_2 - x_1 \qquad \leftarrow \text{Condición de inversión temporal.}$$

Sincronización de Relojes

- 2 relojes que se encuentran sincronizados para un sistema (simultáneos) dejan de estarlo para el otro sistema. t_{sync} representa dicha diferencia en sincronización para el 2do sistema.

$$\Delta t_{sync} = \frac{\Delta t'}{\gamma} = \frac{V \cdot \Delta x}{c^2}$$

Dinámica

- Se sigue cumpliendo la 2da ley de Newton siempre que se utilice la masa relativista.

$$\frac{d}{dt} p = F \qquad p = m \cdot v \left[kg \cdot \frac{m}{s}\right] \qquad m = m_0 \cdot \zeta \qquad \zeta = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad m_0 = \text{Masa en Reposo.}$$

Energía

- Los objetos simplemente por tener masa poseen una energía en reposo.

$$E = E_C + E_0 = m \cdot c^2 \qquad E^2 = p^2 c^2 + {m_0}^2 \cdot c^4 \qquad \begin{cases} E_C = (\zeta - 1) \cdot m_0 \cdot c^2 \\ E_0 = m_0 \cdot c^2 \end{cases}$$

TERMODINÁMICA ESTADÍSTICA

- Se considera al gas como un "macro estado". Combinación de muchas partículas.
- Los valores medidos son los más probables de las distribuciones de partículas.
- A nivel macro, la velocidad que importa es el módulo del vector velocidad (v).

$$\rho(v_x) = \left(\frac{m}{2\pi \cdot K \cdot T}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot e^{-\frac{m \cdot {v_x}^2}{2KT}} \qquad \rho(\bar{v}) = \rho(v_x) \cdot \rho(v_y) \cdot \rho(v_z) = \left(\frac{m}{2\pi \cdot K \cdot T}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot e^{-\frac{m \cdot \bar{v}^2}{2KT}} \qquad \rho(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi \cdot K \cdot T}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{m \cdot v^2}{2KT}}$$

Velocidades Importantes

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot K \cdot T}{m}} \qquad v_{+probable} = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot T}{m}} \qquad \langle v \rangle = \sqrt{\frac{8 \cdot K \cdot T}{\pi \cdot m}}$$

Energía En Gases

- Aproximación para gases en equilibrio térmico. No contempla variación por temperatura de C_V.
- Aproximación inválida para sólidos. Expresiones exactas con mecánica cuántica.
- Una molécula monoatómica posee 3 grados de libertad.
- Una molécula diatómica posee 5 grados de libertad.

$$\text{Energía media: } U = \frac{K \cdot T \cdot \nu}{2} \cdot N = \frac{R \cdot T \cdot \nu}{2} \cdot n \qquad \nu = \text{grados de libertad del átomo}$$

$$\text{capacidad térmica: } C_V = \frac{\partial U}{\partial T} = \frac{K \cdot \nu}{2} \cdot N = \frac{R \cdot \nu}{2} \cdot n$$

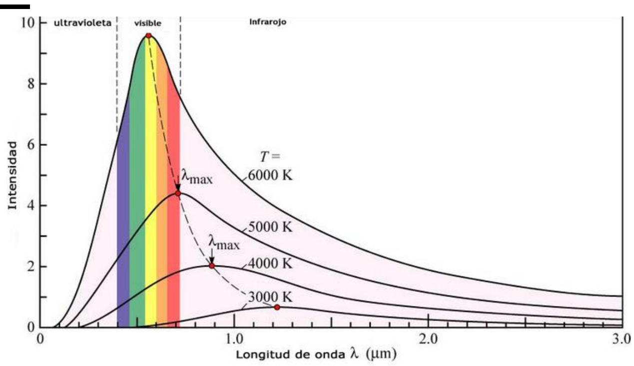
RADIACIÓN

- Emisión de energía debido a la temperatura.
- Un **cuerpo negro** absorbe todas las longitudes de onda incidentes sin reflejar y emite en todo el espectro (ideal).
- Ecuaciones de la ley de Planck.

Longitud de Máxima Radiación:

- Aumentar T desplaza la longitud de onda de máxima radiación.

$$\lambda_{MAX} \cdot T = cte = 2{,}5 \times 10^{-3}\ [m\ K]$$



Radiancia espectral: Radicación de una única λ.	**Radiancia total:** Radiación total para todas las λ.	**Densidad de energía espectral:** Energía por unidad de volumen para una λ.
$R(\lambda) = 2\pi h \cdot c^2 \frac{1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot c}{\lambda \cdot K \cdot T}} - 1} \left[\frac{W}{m^2\ \mu m}\right]$	$R_T = \int_{-\infty}^{+\infty} R(\lambda)\, d\lambda = \sigma \cdot T^4 \left[\frac{W}{m^2}\right] = \frac{Potencia}{Superficie}$	$\rho_T(\lambda) = \frac{4}{C} \cdot R_T \left[\frac{J}{m^3\ \mu m}\right]$

MODELO ATÓMICO DE BOHR

- Ecuaciones válidas para hidrógeno y átomos similares (monoelectrónicos).
- Modelo inválido con mecánica cuántica puesto que da valores exactos a momento angular, velocidad y radio.
- n corresponde al número atómico del átomo.
- $n = 1$ se llama **Estado fundamental**.

Radio	$r_n = 4\pi \cdot \varepsilon_0 \dfrac{n^2\hbar^2}{m \cdot \mathbb{Z} \cdot e^2}$	$con\ n = 1,2,3, \ldots$
Velocidad	$v_n = \dfrac{n \cdot \hbar}{m \cdot r}$	$con\ n = 1,2,3, \ldots$
Energía	$E_n = -\dfrac{m \cdot e^4 \cdot \mathbb{Z}^2}{(4\pi \cdot \varepsilon)^2 \cdot 2\hbar^2} \cdot \dfrac{1}{n^2} = -R_\infty \cdot \mathbb{Z}^2 \cdot \dfrac{1}{n^2}$	$con\ n = 1,2,3, \ldots$

$$E_C = -E_n \qquad E_P = 2 \cdot E_n$$

- Una corrección al modelo de Bohr sugiere utilizar R_M en vez de R_H.

$$\mu = \frac{m_e \cdot m_{nucleo}}{m_e + m_{nucleo}} \qquad R_M = \frac{\mu}{m_e} \cdot R_\infty \qquad E_n = -R_M \cdot Z^2 \cdot \frac{1}{n^2}$$

Líneas de emisión

- Se obtienen de las ecuaciones anteriores, sabiendo que $\Delta E = E_{foton}$. (ver Fotones).

$$\frac{1}{\lambda} = R_\infty \cdot \mathbb{Z}^2 \cdot \left(\frac{1}{{n_i}^2} - \frac{1}{{n_f}^2}\right) \qquad h \cdot f = E_H \cdot \left(\frac{1}{{n_i}^2} - \frac{1}{{n_f}^2}\right)$$

Espectroscopía del hidrógeno:

- Los gases, al tener partículas libres, **absorben** solo algunas longitudes de onda (pasar luz blanca sobre el gas).
- Los gases también **emiten** solo determinadas líneas del espectro si se los coloca en un bajo Efecto Fotoeléctrico.
- El espectro de emisión posee **todas** las líneas del material. El de absorción solo **algunas**.

Líneas correspondientes a λ cuando:

$n_i = 1 \rightarrow Lineas\ de\ Lyman$
$n_i = 2 \rightarrow Lineas\ de\ Balmer$
$n_i = 3 \rightarrow Lineas\ de\ Paschen$
$n_i = 4 \rightarrow Lineas\ de\ Brackett$
$n_i = 5 \rightarrow Lineas\ de\ Pfund$
$n_i = 6 \rightarrow Lineas\ de\ Humphreys$

$n_f = n_i + 1 \rightarrow$ línea alfa (α)
$n_f = n_i + 2 \rightarrow$ línea beta (β)
$n_f = n_i + 3 \rightarrow$ línea gamma (γ)

MECÁNICA CUÁNTICA

- Todos los elementos emiten radiación debido a la vibración de los átomos.
- La energía es escalonada, no es continua. Los saltos energéticos son de: $E_0, 2E_0, 3E_0, \ldots$

$E_0 = h \cdot f$ (Valor de Plank, no válido con Schrödinger)

- Se basa en los postulados **de Broglie**:

$$p = \hbar \cdot k \qquad E = \omega \cdot \hbar$$
$$p = h/\lambda \qquad E = h \cdot f$$

Principio de Incertidumbre

- Define un máximo de medición de las partículas elementales.
- Todas las partículas elementales se mueven con funciones probabilidad.
- Todas las **partículas** elementales a su vez **son ondas** que siguen los postulados de Broglie.

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{\hbar}{2} \qquad \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

Fotones

- Partículas elementales del fenómeno electromagnético (luz). También llamados partículas gamma.
- Posee **masa nula** y **velocidad *c***.
- Un electrón solo es desplazado cuando un fotón lo empuja.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h \cdot c}{f} \qquad E = p \cdot c$$

ECUACIONES DE SCHRÖDINGER

- La ecuación **no es relativista**, para eso ver ecuaciones de Dirac. (se cumple que $E = E_C + V$)

$$\boxed{\begin{gathered} j\hbar \cdot \frac{\partial}{\partial t}\Psi(\bar{x},t) = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi(\bar{x},t) + V(\bar{x},t)\Psi(\bar{x},t) \\ \hat{E} \cdot \Psi(\bar{x},t) = \hat{H} \cdot \Psi(\bar{x},t) \end{gathered}}$$

Operador Energía: $\hat{E} = j\hbar \cdot \dfrac{\partial}{\partial t}$ Operador Hamiltoniano: $\hat{H} = -\dfrac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + U(\bar{x},t) = \dfrac{\hat{P}^2}{2m} + V(\bar{x},t)$

- La integral del módulo al cuadrado de Ψ debe dar 1. (la partícula debe existir en algún punto de todo el espacio).
- Ψ debe ser continua (salvo casos especiales).

Ecuación Independiente del Tiempo

- Solo válida cuando U no depende del tiempo.

$$\hbar \cdot \psi(x) + V(x)\psi(x) = E \cdot \psi(x)$$

Valores Reales

- La función de onda se utiliza para obtener la función probabilidad de encontrar al átomo en el espacio.

$$P(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi \cdot x \cdot \Psi^* dx = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot |\Psi|^2 dx$$

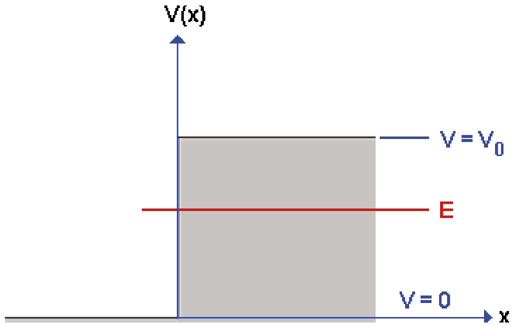
Casos especiales

Partícula libre:

- $V = 0$ $\qquad \psi(x) = A \cdot e^{jkx} + B \cdot e^{-jkx}; \qquad k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$

Escalón de potencial:

- $V = V_0 \cdot u(x)$
- Si $E < V_0$ la función de onda deja de oscilar, pasa a ser exponencial decreciente.
- Para R y T considerar $k_2 = \frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}$



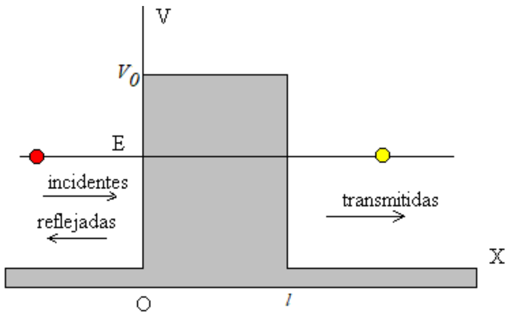
$$\text{coef. Reflexión: } R = \frac{B \cdot B^*}{A \cdot A^*} = \left(\frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}\right)^2$$

$$\text{coef. Transmisión: } T = \frac{C \cdot C^*}{A \cdot A^*} = \frac{2k_1 k_2}{(k_1 + k_2)^2}$$

$$\psi(x) = \begin{cases} A \cdot e^{jk_1 x} + B \cdot e^{-jk_1 x} & x < 0 \\ C \cdot e^{-jk_2 x} & x > 0 \end{cases}; \qquad k_1 = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} \qquad k_2 = \frac{\sqrt{2m(E - V_0)}}{\hbar}$$

Barrera potencial:

- $V = \begin{cases} V_0 & 0 < x < l \\ 0 & en\ otros\ casos \end{cases}$
- Si $E < V_0$ la función de onda dentro de la pared es exponencial y no oscila.
- Aunque $E < V_0$ la partícula tiene probabilidad de atravesar la pared (**efecto túnel**).
- Para los coeficientes R y T considerar $k_2 = \frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}$

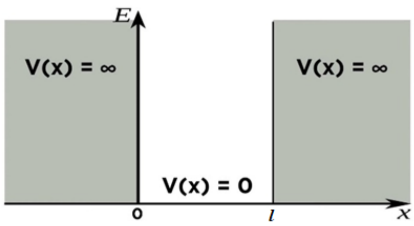


$$\psi(x) = \begin{cases} A \cdot e^{jk_1 x} + B \cdot e^{-jk_1 x} & -\infty < x < 0 \\ C \cdot e^{jk_2 x} + D \cdot e^{-jk_2 x} & 0 < x < l \\ F \cdot e^{jk_1 x} & l < x < +\infty \end{cases}; \qquad k_1 = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} \qquad k_2 = \frac{\sqrt{2m(E - V_0)}}{\hbar}$$

$$R = \frac{B \cdot B^*}{A \cdot A^*} = \left(\frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}\right)^2 \qquad T = \frac{F \cdot F^*}{A \cdot A^*} = \frac{4{k_1}^2{k_2}^2}{4{k_1}^2{k_2}^2 + \left({k_1}^2 + {k_2}^2\right)^2 \operatorname{senh}^2(2k_2 l)}$$

Pozo potencial infinito:

- $V = \begin{cases} 0 & 0 < x < l \\ \infty & en\ otros\ casos \end{cases}$



- La partícula solo existe entre 0 y l.
- Este caso particular tiene niveles energéticos definidos según n.
- El cambio entre estos niveles es el que produce fotones.

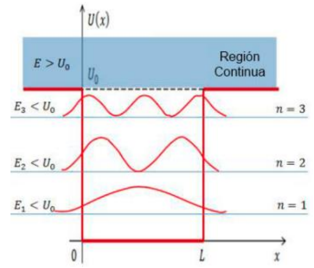
$$\psi(x) = jA \cdot \operatorname{sen}(k \cdot x); \qquad k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} = \frac{\pi \cdot n}{l}; \qquad A = \sqrt{\frac{2}{l}}; \qquad E_n = \frac{h^2 \cdot n^2}{8m \cdot l^2}$$

- En caso de ser 3D los resultados son los mismos, pero k responde a 3 valores n.

$$\psi(x) = j\sqrt{\frac{8}{l_x l_y l_z}} \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{\pi \cdot n_x}{l_x} \cdot x\right) \operatorname{sen}\left(\frac{\pi \cdot n_y}{l_y} \cdot y\right) \operatorname{sen}\left(\frac{\pi \cdot n_z}{l_z} \cdot z\right)$$

$$k = \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2} \qquad E_n = \frac{h^2 \cdot k^2}{8m}$$

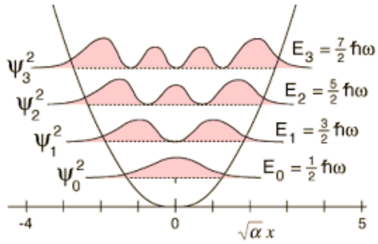
Pozo potencial finito:



- $V = \begin{cases} 0 & 0 < x < l \\ V_0 & en\ otros\ casos \end{cases}$
- Misma forma que pozo potencial infinito, con puntas alargadas que pasan ligeramente la barrera.

$$E_n = \frac{\pi^2 \cdot h^2 \cdot n^2}{2m \cdot (l + 2\delta)} \qquad \delta \approx \frac{\hbar}{\sqrt{2m(V_0 - E)}}$$

Oscilador Armónico:



- $V = A \cdot x^2 \ \Rightarrow\ V = \frac{1}{2} K \cdot x^2$ (Caso Resorte)
- Responde igual que el postulado de Planck, pero agrega un $\frac{1}{2}$.

$$K = \omega^2 \cdot m$$
$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot hf$$

Átomo de Hidrógeno:

- $V = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 \cdot r} \qquad r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

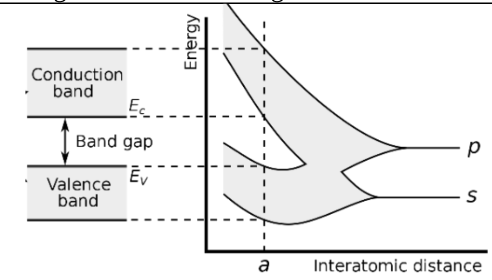
- Se resuelve en coordenadas polares y se obtienen los números cuánticos.
- La energía sigue respondiendo como el Modelo Atómico de Bohr.
- $n = 1$ se llama **Estado fundamental**.

núm. cuántico principal: n
núm. cuántico azimutal: $l = 0,1,2, \dots, n-1$
núm. cuántico magnético: $m_l = -l, -l+1, \dots, 0, \dots, l-1, l$
núm. cuántico de spin: $m_s = \pm\frac{1}{2}$

Energía: $E_n = -\frac{m \cdot \mathbb{Z}^2 e^4}{(4\pi \cdot \varepsilon)^2 \cdot 2\hbar^2 \cdot n^2}$
Impulso Angular: $L = \hbar\sqrt{l \cdot (l+1)}$
Impulso Angular en eje z: $L_Z = m_l \cdot \hbar$

Bandas de Energía

- Método de aproximación de posos potenciales separados una distancia a (modelo Kronig-Penney).
- Se generan bandas energéticas en vez de niveles discretos debido a la cantidad y separación de átomos.



Conductor:	banda de valencia no está completa (admite electrones libres).
Semiconductor:	banda de valencia llena y Gap mayor a $2eV$.
Aislante:	banda de valencia llena y Gap menor a $2eV$.

masa efectiva: $m^* = \frac{\hbar^2}{\frac{\partial E^2}{\partial k^2}}$ Relación masas electrón: $\frac{m^*}{m_n}$ Relación masas hueco: $\frac{m^*}{m_p}$

- Se utiliza la masa efectiva para aproximaciones. Está tabulada por cada material.
- Se define **hueco** como ausencia de electrón (la masa efectiva del electrón es negativa).

Estadística Cuántica

- Definimos $F(E)$ como la función distribución de probabilidad de encontrar un electrón en el estado E.
- Definimos $G(E)$ como la densidad de estados y $n(E)$ como la densidad de partículas por unidad de energía.
- Válido para cristales. Los fermiones usan F_{FD}, los bosones usan F_{BE}.

$$G(E) = \frac{4\pi \cdot (2m_e)^{3/2} \cdot E^{1/2}}{h^3} \cdot Vol \left[\frac{num.Estados}{\Delta E}\right] \qquad n(E) = F(E) \cdot G(E) \left[\frac{\#\,particulas}{\Delta E}\right]$$

$$F_{FD}(E) = \frac{1}{1 + e^{\frac{E-E_F}{k \cdot T}}} \qquad F_{MB}(E) = \frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{k \cdot T}}} \qquad F_{BE}(E) = \frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{k \cdot T}} - 1}$$

Cantidad de Partículas: $N = \int_0^{+\infty} n(E)\, dE$ Energía Interna: $U = \int_0^{+\infty} E \cdot n(E)\, dE$ Energía Promedio: $\langle E \rangle = \frac{U}{N}$

Reglas de Selección y Exclusión

- **No** puede haber 2 fermiones con el **mismo conjunto** de números cuánticos (electrón, protón, neutrón, etc.).
- Los Bosones sí pueden repetir sus números cuánticos (el fotón es un bosón).
- Los cambios de nivel energético responden a las siguientes reglas:

$$\Delta l = +1, -1 \qquad\qquad \Delta m_l = -1\,,0\,,+1$$

CASOS ESPECIALES

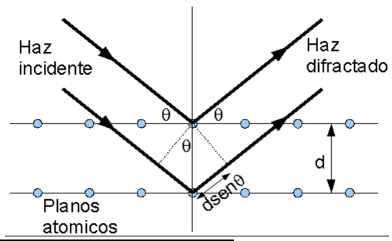
Efecto Fotoeléctrico

- Un fotón impactando un material con la energía suficiente puede desprender electrones.
- El proceso ocurre si un fotón es absorbido por un electrón en el cátodo del material.
- Cada material posee una función trabajo (W) que debe superarse para desprender electrones.
- Si la energía es negativa, el electrón **no** se mueve. $E_{C_{electron}} = 0$.

$$E_{C_{electron}} = h \cdot f - W$$
$$V_0 = \frac{h \cdot f}{e} - \frac{W}{e}$$

Modelo de Bragg y von Laue

- Los rayos X poseen interferencia al igual que la luz al pasar por sólidos cristalinos (difracción).
- Distancia entre planos cristalográficos d (Obtenida de índices de Miller).
- Von Laue realiza un análisis vectorial. Bragg es una simplificación práctica para cristales.



Von Laue $\left(\bar{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \widehat{dir}\right)$	Bragg
$d \cdot (\bar{k}_i - \bar{k}_t) = 2\pi \cdot n \quad \begin{cases} \bar{k}_i\text{:dirección inicial} \\ \bar{k}_t\text{:dirección final/transmitida} \end{cases}$	$2 \cdot d \cdot \operatorname{sen} \alpha = n \cdot \lambda$

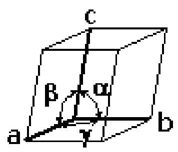
Índices de Miller:

- h, k, l Corresponden a la inversa de la intersección del plano con los ejes. Se debe simplificar a los menores números enteros posibles.
- a, b, c Corresponden a las longitudes de la celda unitaria.

plano cristalográfico: (h, k, l)

Dirección normal al plano: $[h, k, l]$

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$



Espectroscopía y Ley de Moseley

- Para el caso hidrógeno ir a Espectroscopía del hidrógeno:.
- Un electrón ingresa y mueve a otro nivel energético un electrón del átomo.
- Existe una longitud de onda mínima que emite líneas espectrales, dependiente de la energía entregada.

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{e \cdot V}$$

$n_i = 1 \quad \rightarrow \quad Lineas\ K$
$n_i = 2 \quad \rightarrow \quad Lineas\ L$
$n_i = 3 \quad \rightarrow \quad Lineas\ M$

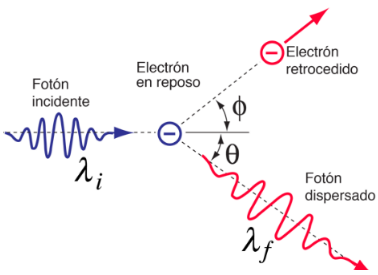
$n_f = n_i + 1 \quad \rightarrow$ línea alfa (α)
$n_f = n_i + 2 \quad \rightarrow$ línea beta (β)
$n_f = n_i + 3 \quad \rightarrow$ línea gamma (γ)

$$\text{líneas K: } \frac{1}{\lambda_K} = R_\infty \cdot (Z-1)^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{{n_f}^2}\right)$$

Efecto Compton

- Cuando los fotones poseen mucha energía e interactúan con electrones, su longitud de onda cambia.
- Se plantea **conservación de energía** y **momento** para un fotón y un electrón en reposo.
- Al finalizar el electrón se mueve en dirección θ y el fotón en dirección φ con distinto λ.

$$\lambda_f - \lambda_i = \Delta\lambda = \frac{h}{m_e \cdot c}(1 - \cos\theta)$$



Antimateria

- Toda partícula elemental posee su par idéntico con carga opuesta.
- El choque entre una partícula y su antipartícula las destruye y genera energía.
- Un fotón puede dividirse en un electrón y un positrón en direcciones opuestas.