Resumo Física IV - P2 - 2017 | Akira 2017.2

I) Relatividade

→ Efeito Doppler Relativístico

Colocamos o referencial no observador, pois, pela ser uma onda eletromagnética não necessita de meio para se propagar

Sempre fonte!

$$\boxed{f_o = f_F \cdot \frac{\sqrt{1-v^2/c^2}}{\left(1-\frac{v}{c}\cdot\cos\theta\right)}}$$

- para $\theta = 0°$ (aprox. frontal): $f_o = f_F\sqrt{\frac{1+v/c}{1-v/c}} > 1$
- para $\theta = 180°$ (afastamento frontal): $f_o = f_F\sqrt{\frac{1-v/c}{1+v/c}}$

→ Momento Relativístico

$$\boxed{m(v) = \frac{m_o}{\sqrt{1-v^2/c^2}}}$$

m_o → Massa de repouso

→ quanto maior a velocidade da partícula maior será sua massa

→ se $v \cong c$ então $m(v) \to \infty$ (nada é mais rapido que a luz).

$\boxed{\vec{p} = m\vec{v}}$ → Conservação do Momento continua válida.

$\boxed{\vec{F} = m\frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v}\cdot\frac{dm}{dt}}$ → Não é necessariamente nulo

→ Energia Relativística

$$\boxed{K = mc^2 - m_o c^2}$$

K: energia cinética; mc^2: energia total da partícula; $m_o c^2$: energia de repouso da partícula

→ uma pequena variação de massa causa um grande dissipação de energia!

Relação Importante: $\boxed{E^2 = p^2c^2 + E_o^2}$ ($E_o^2 \to m_o^2c^4$)

Obs: caso não haja forças dissipativas vale a conservação da ~~movimento~~ energia.

Obs: a energia cinética nem sempre se conserva. Mas quando ocorre podemos tratar de uma colisão elástica.

Partícula de Massa de Repouso:

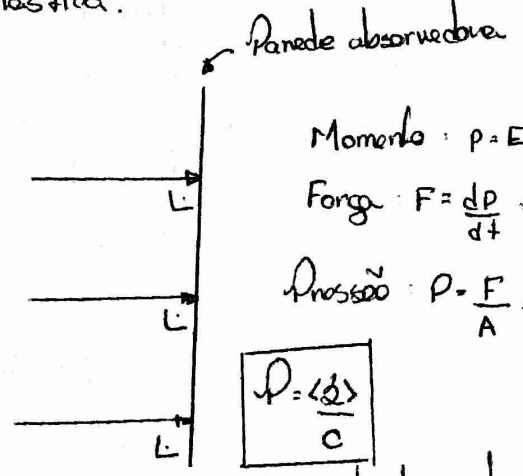
$\boxed{m_o = 0}$

$E_o = 0$

$E = K = pc \Rightarrow p = E/c$

$m = \frac{E}{c^2} \Rightarrow v = c$ ← massa finita

fóton: não tem massa de repouso mas "adquire massa" devido a velocidade da luz ("curvatura da luz → Einstein)



Momento: $p = E/c$

Força: $F = \frac{dp}{dt} = \frac{1}{c}\cdot\frac{dE}{dt}$

Pressão: $P = \frac{F}{A} = \frac{1}{c}\cdot\frac{1}{A}\frac{dE}{dt}$ ($\frac{1}{A}\frac{dE}{dt}$ → vetor de Poyting)

$$\boxed{P = \frac{\langle S\rangle}{c}}$$

↳ parede absorvedora

Parede refletora: $\boxed{P = \frac{2\langle S\rangle}{c}}$

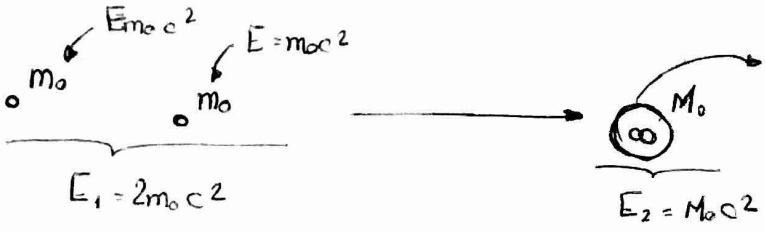
Parede parcialmente refletora/absorvedora: $\boxed{P = \frac{2\langle S\rangle}{c} R + \frac{\langle S\rangle}{c} \cdot A}$

$A \equiv$ porcentagem absorvida

$R \equiv$ porcentagem refletida

$(R + A = 1)$

Sistemas ligados



há uma energia potencial de ligação (por isso, $M_0 < 2m_0$)

↳ se $\underbrace{2m_0 > M_0}_{E_1 > E_2}$ → ligado ← fornecer energia para quebrar o sistema

↳ se $\underbrace{2m_0 < M_0}_{E_1 < E_2}$ → quebra (não ligado) ← sobra energia na quebra

Unidades de Física Nuclear

$\underbrace{1\,eV}_{keV,\ MeV,\ GeV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,J$

$m = \frac{E}{c^2} \rightarrow \frac{MeV}{c^2}$ $\begin{cases} m_0 \text{ eletron} = 0{,}511\ \frac{MeV}{c^2} \\ m_0 \text{ proton} = 938\ \frac{MeV}{c^2} \end{cases}$

Unidade de massa atômica → uma : $1\,uma = \frac{1}{12} m_0 = 931{,}5\ \frac{MeV}{c^2}$ (do ^{12}C)

$\begin{cases} m_0 \text{ eletron} = 0{,}00055\,uma \\ m_0 \text{ proton} = 1{,}00728\,uma \\ m_0 \text{ neutron} \simeq 1\,uma \end{cases}$

II) Física Quântica

→ Radiação de um corpo negro

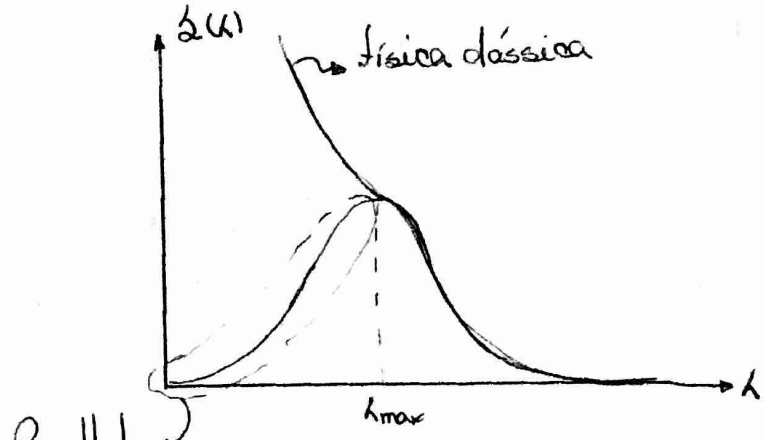
Corpo negro: absorve totalmente a luz que incide nesse corpo. Luz proveniente de um corpo negro é de sua emissão própria

Intensidade da luz emitida em um intervalo

$\lambda_1 \le \lambda \le \lambda_2 \Rightarrow I(\lambda_1 \le \lambda \le \lambda_2) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \mathcal{L}(\lambda)\,d\lambda$

$f_1 \le f \le f_2 \Rightarrow I(f_1 \le f \le f_2) = \int_{f_1}^{f_2} \mathcal{L}(f)\,df$

Intensidade Total: $I_T = \mathcal{L}_T = \int_0^\infty \mathcal{L}(\lambda)\,d\lambda = \int_0^\infty \mathcal{L}(f)\,df$



Resultados experimentais explicado pela eq. de Plank (natureza particular da onda)

$\boxed{Q_T = \sigma T^4}$ → Usar em Kelvin!

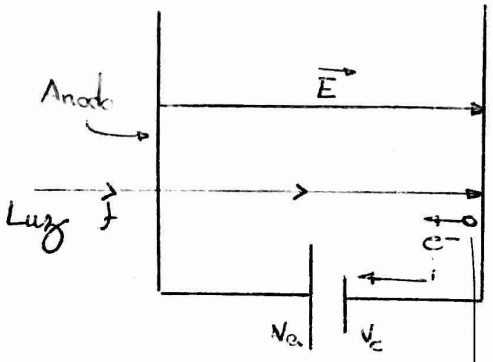
σ → Constante de Stefan-Boltzman

$\sigma = 5{,}97 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

Lei de Wien: $\boxed{\lambda_{máx} = \frac{b}{T}}$ → $b = 2{,}9 \cdot 10^{-3}\, mK$

$\boxed{N_{fotons} = \frac{I \cdot A}{E_{fot}}}$

→ Efeito Fotoelétrico

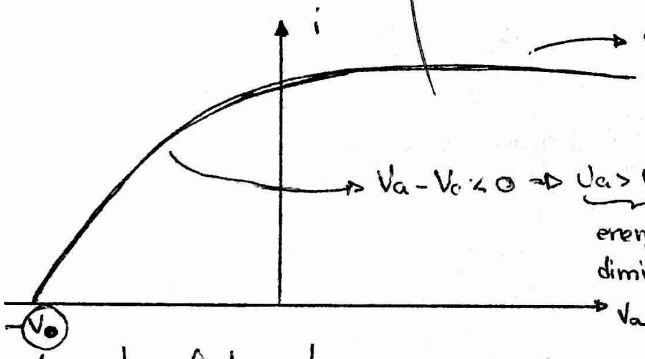


→ eletron absorve o fóton.

→ Luz incide sobre a superfície metálica (catodo), arranca os elétrons da superfície e surge uma corrente elétrica no anodo.

→ $f < f_{corte}$: nenhuma corrente elétrica aparece no circuito

→ $f > f_{corte}$: corrente elétrica aparece no circuito mesmo quando invertemos a polaridade



→ $V_a - V_c = -e(V_a - V_c)$ → $V_a - V_c < 0$ → $V_a < V_c$

$V_a - V_c < 0$ → $V_a > V_c$

energia cinética diminui → eletrons são desacelerados → corrente diminui.

i tende a tirar ele (muitos eletrons chegam ao anodo) | Vai de um potencial maior para um menor → aumento da energia cinética

→ potencial de corte (potencial mínimo para que haja corrente dado que o efeito fotoelétrico ocorre).

Einstein (1905):

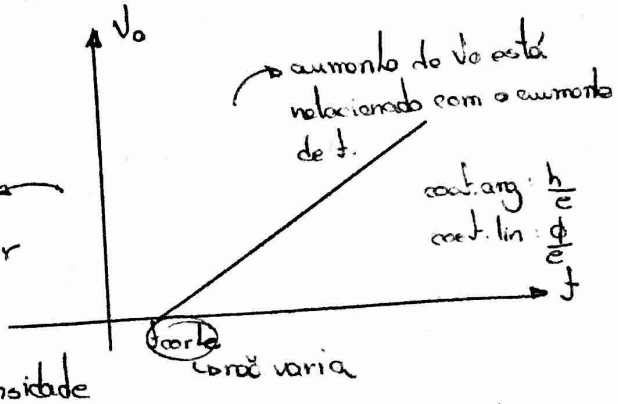
$\boxed{k_{max} = hf - \phi}$

→ energia do fóton

→ função trabalho: energia para tirar um eletron da placa

→ energia cinética do eletron ao deixar o catodo

$\boxed{k_{max} = eV_0}$ e $\boxed{f_{corte} = \frac{\phi}{h}}$



→ aumento do V_0 está relacionado com o aumento de f.

coef. ang: $\frac{h}{e}$

coef. lin: $\frac{\phi}{e}$

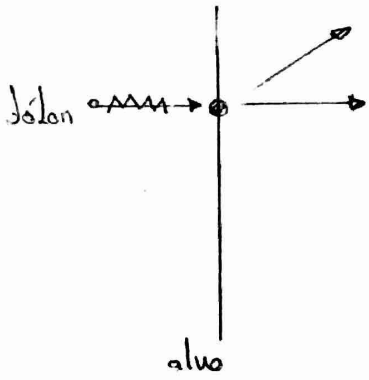
Relação Linear

→ não varia

Obs: $f > f_{corte} \rightarrow \frac{c}{\lambda} > \frac{\phi}{h} \rightarrow \phi < \frac{hc}{\lambda}$

A física clássica não prevê potencial de corte, pois, a intensidade não depende da frequência. Mas prevê que o aumento da intensidade provoca um aumento no potencial de corte (o que não ocorre na prática). Também prevê que um feixe fraco de luz implicaria que os eletrons levariam muito tempo para adquirir energia e escapar do catodo (na verdade a corrente surge quase que instantaneamente).

→ Efeito Compton

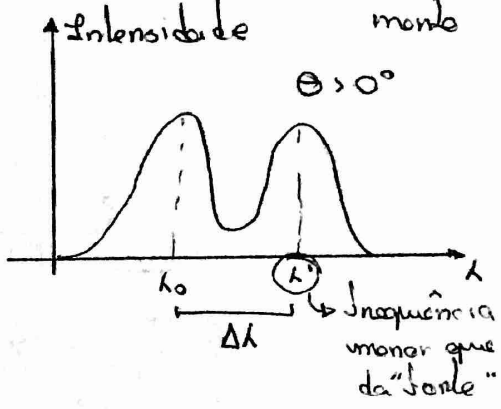


em física clássica a partícula deveria vibrar com a mesma frequência da fonte mas não é isso que ocorre na prática

elétron ou átomo

$$\boxed{\Delta\lambda = \lambda' - \lambda_0 = \frac{h}{m_0 c}(1-\cos\theta)}$$

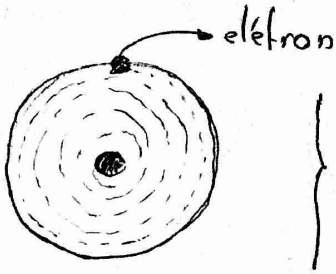
é igual para todos os materiais — independe do material — ângulo de espalhamento



Lembrar que: $p = \frac{E_f}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h\cancel{c}}{\cancel{c} \cdot \lambda} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda}$

→ O átomo de Bohr

Para a física clássica:



Conforme o elétron se movimenta deveria perder energia e colapsar com o núcleo. Isso ocorreria em pouco tempo ⇒ o átomo não existiria.

O modelo de Bohr:

Bohr supôs que:

→ o elétrons se move em órbita circular sob ação da força de Coloumb.

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{e^2}{R^2} \Rightarrow v^2 = \frac{e^2}{4\pi m\varepsilon_0 R} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi m\varepsilon_0 R}}} \therefore \omega = \frac{v}{R} = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi m\varepsilon_0 R^3}}$$

momento angular: $L = mvR = \sqrt{\frac{me^2R}{4\pi\varepsilon_0}}$; $E_{TOTAL} = -\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{e^2}{R}$

→ o elétron só pode estar em órbitas cujo o momento angular é dado por: $L = n\hbar$

↳ órbitas estáveis ⇒ energia está fixa e, portanto, a mecânica clássica se aplica

Raio de Bohr.

$$mvR_n = n\hbar \Rightarrow \sqrt{\frac{me^2R_n}{4\pi\varepsilon_0}} = n\hbar \Rightarrow R_n = n^2\left(\frac{\hbar^2\cdot 4\pi\varepsilon_0}{me^2}\right) \Rightarrow R_n = n^2\cdot R_B$$

→ quando o elétron muda de órbita, ele emite ou absorve um fóton, e a energia deste fóton é igual a diferença de energia entre duas órbitas.

$$\frac{hc}{\lambda} \leftarrow E_n = -\underbrace{\frac{e^2 hc}{8\pi\varepsilon_0 R_B \cdot hc}}_{R_H}\cdot\frac{1}{n^2} \cong -13{,}6\,\frac{Z^2}{n^2}\,eV \cong -2{,}2\cdot10^{-18}\cdot\frac{1}{n^2}\,J$$

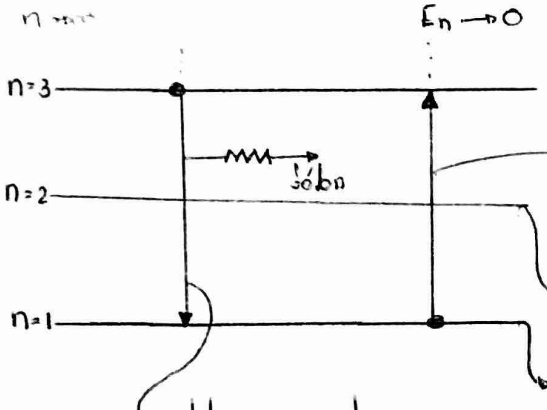
→ Z^2 (hidrogenóides)

$$\boxed{\Delta E = -2{,}2\cdot10^{-18}\left(\frac{1}{n_f^2}-\frac{1}{n_i^2}\right)}$$

antes → positivo abs emitida

depois → absorvida

antes (emitida) → n_i



→ Quantização da energia

→ eletron passa de um estado de maior energia para um de maior ⇒ absorve fóton

→ primeiro estado excitado

→ estado fundamental

→ eletron passa de um estado de maior energia para um de menor ⇒ emite fóton

Obs: "Fótons em colisão com átomos não implicam em cinemática relativística".

Espectro do hidrogênio: $\boxed{\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)}$

→ Teoria de de Broglie:

A luz apresenta características ondulatórias e corpusculares. Assim, de Broglie postulou que a matéria também apresenta esse caráter dual.

de Broglie associou a uma partícula de massa m, velocidade v e momento $p = mv$, o comprimento de onda: $\boxed{\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}}$ → expressão não relativística!

$$\boxed{f = \frac{E}{h}}$$