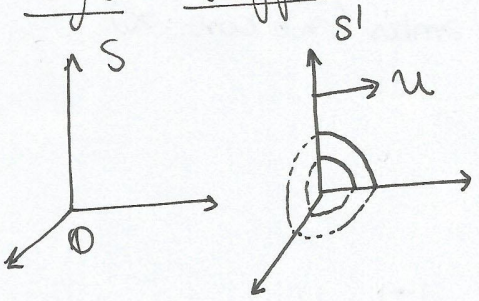
Resumo Física 4 P.2 Matheus Theodoro.

· Efeito Doppler



Fonte se aproximando de O $f = \sqrt{\frac{c+u}{c-u}}\, f_0$

Fonte se afastando de O $f = \sqrt{\frac{c-u}{c+u}}\, f_0$

$v = H_0 \cdot d$ ← distância da terra à galáxia.

H_0 ← cte. de Hubble

v ← velocidade de recessão

$[d] = Mpc = 1$ megaparsec $= 10^6$ pc ; $1pc = 3,6$ anos-luz.

→ Para galáxias se afastando → red shift

→ Para galáxias se aproximando → blue shift.

Ex: item A Q2 P2 2014

Curiosidade: Este resultado foi a primeira indicação da expansão do Universo.

· Dinâmica Relativística

→ Novo conceito: A massa de um objeto depende de sua velocidade

m_0 é sua massa de repouso

↳ $m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ com isso obtém-se uma nova equação p/ o momento linear.

$$\vec{p} = \underset{\text{módulo}}{m(v)} \cdot \vec{v} = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \vec{v}$$

→ Lembre-se que: $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}\left[\frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right] \Rightarrow \text{Para que } \vec{F} // \vec{a} \begin{cases} \vec{F} // \vec{v} \\ \text{ou} \\ \vec{F} \perp \vec{v} \end{cases}$$

1º caso: $\vec{F} // \vec{v}$ → pode-se escolher uma direção p/ ambos (no caso: x)

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}\left[\frac{m_0 v \vec{i}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right] = \frac{m_0}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \cdot \vec{a}$$

2º caso: $\vec{F} \perp \vec{v}$ ⇝ A força ñ realiza trabalho ∴ $|\vec{v}|$ é cte.

• <u>Trabalho e energia na relatividade</u>

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

⇝ A energia cinética é o trabalho para levar a partícula do repouso até v.

$$\Rightarrow \frac{dK}{dt} = \frac{dW}{dt} = \vec{F}\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = \frac{d\vec{p}}{dt} \cdot \vec{v} \qquad \left(\frac{d\vec{p}}{dt}\right)$$

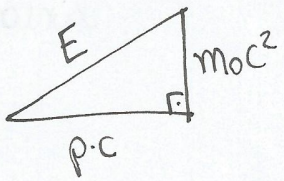
⇝ $K = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} + cte$ como $v=0 \rightarrow K=0$ ↳ $cte = -m_0c^2$ $\boxed{K = m(v)\cdot c^2 - m_0c^2}$

m_0c^2 → Energia de repouso.

Energia de um corpo = Energia Cinética + Ener. de repouso: $(E = K + m_0c^2)$

manipulação algébrica

$$\boxed{E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2}$$ ← tem uma cara de pitágoras...



$m_0 = 0$ → $\frac{E}{p \cdot c}$ $\boxed{E = p \cdot c}$ ⇝ objeto sem massa

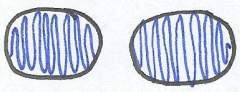
$p = 0$ → $E \mid m_0c^2$ $\boxed{E = m_0c^2}$ ⇝ objeto em repouso

• Física Quântica

→ Plank estudava maneiras de melhorar a eficiência de lâmpadas

Usando eletromagnetismo (Maxwell) e física clássica os resultados teóricos foram extremamente contraditórios frente aos dados experimentais

Partindo disses experimentos, Plank observou que a luz transporta energia em pacotes. Ele chamou esses pacotes de "quanta"

→ ondas de alta frequência → grandes pacotes  ← fótons

→ ondas de baixa frequência → pequenos pacotes 

Suponha que você tem uma Pizza:  ← pizza

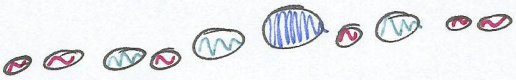
→ Qual a maneira mais fácil e rápido de comer a pizza?

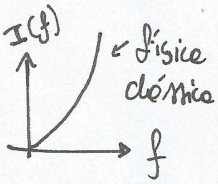
a) Comendo a pizza inteira sozinho b) Convidando vários amigos.

Substituo sua pizza imaginária por energia: ← energia

→ Qual a maneira mais fácil e rápido de emitir esta energia?

a) Em poucos e enormes pacotes 

b) Em muitos e pequenos pacotes 



Resposta p/ ambos: B

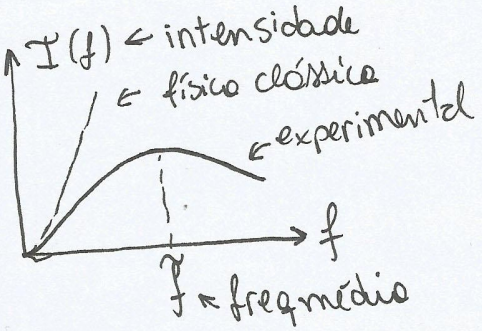
Se os ondas possuíssem infinita capacidade de absorção, tudo chegaria ao zero absoluto instantaneamente. Mas isso é impossível!

O sol não concentra todo sua energia numa única onda e sim nos tais pacotes de energia

→ A média de pacotes emitidas por um corpo sejam eles grandes ou pequenos é o que determina a temperatura desse corpo.

↑ freq. média de radiação emitida → ↑ temperatura

↳ Por isso você "brilha" em infra-vermelho e a lâmpada em luz amarela



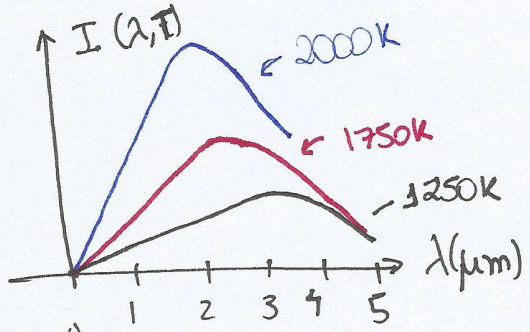
$\tilde{f}$ cresce com a temp. do corpo.

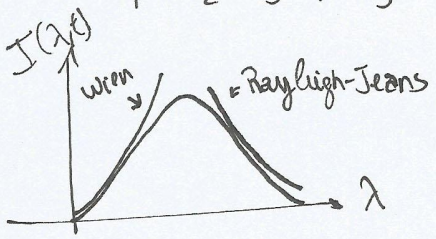
$$\boxed{I = \sigma \cdot T^4}$$ ← termodinâmico. (Stefan-Boltzmann)

σ ← cte; T ← temperatura

Se $\tilde{f}$ cresce $\tilde{\lambda}$ diminui:

Ex





A idéia de pacotes se dá na equação:

$$\boxed{E_n = n \cdot h f}$$ ← freq.

n ← nº inteiro; h ← cte de plank

$h = 4{,}136 \cdot 10^{-15}\ eV \cdot s = 6{,}62 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$

$E = n \cdot \hbar \cdot \omega \rightarrow \hbar = \frac{h}{2\pi}$

→ A partir do cálculo teórico:

Rayleigh-Jeans: $I(\lambda,t) = \frac{2\pi \cdot c k \cdot T}{\lambda^4}$ (k ← cte de Boltzmann)

→ Empiricamente: $I(\lambda,t) = \frac{a}{\lambda^5} \cdot e^{-b/\lambda t}$, a e b ctes ← wein

↳ Então Plank chegou em:

$$I(\lambda,t) = \frac{2\pi \cdot h c^2}{\lambda^5 \left[\exp(hc/\lambda k T) - 1\right]}$$

λ pequeno → wein

λ grande → Rayleigh-Jeans.

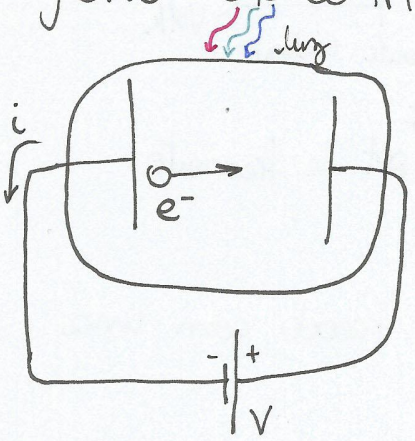
Obs: I → potência total por unidade de Área.

$$\int_0^\infty I(\lambda,T) = I$$

T sempre em Kelvin

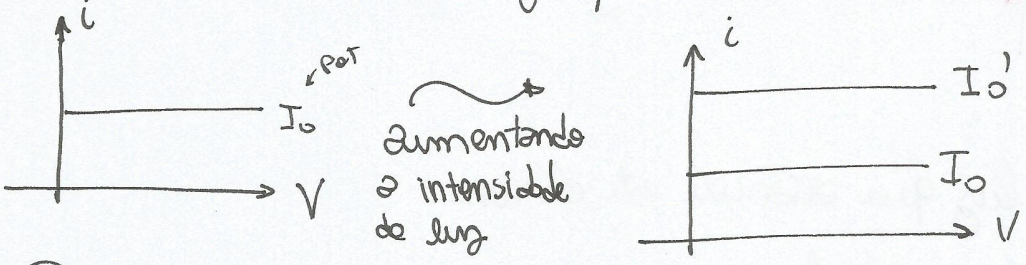
Exercícios: Q4 · P2
- a) 2014
- a) 2013
- I) 2012
- 2009
- 2007

Efeito Fotoelétrico

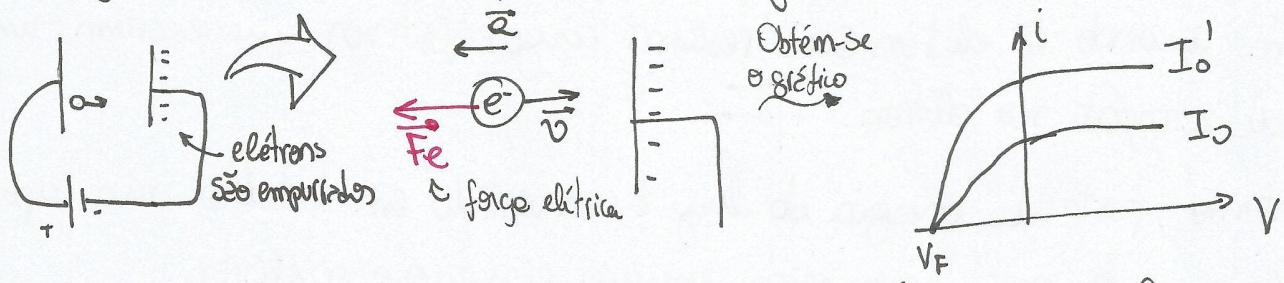


Observou-se que na presença de luz, elétrons saltavam de uma placa para outra.

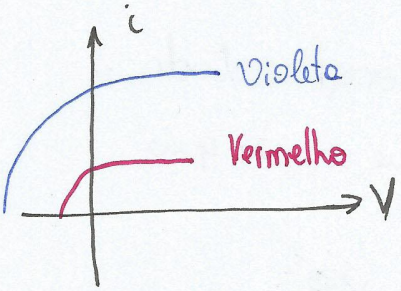
Para uma mesma frequência:



• Para frear os elétrons inverte-se a polaridade da bateria.



• Para diferentes frequências:



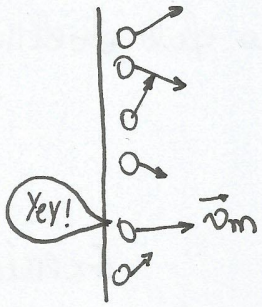
← Diferentes potenciais de freamento está associado ao material

Como interpretar tudo isso?

Os elétrons terão uma energia cinética K quando saírem da placa

$K = \frac{1}{2} m_e v^2$ ← massa elétron

↳ porém com velocidades diferentes de tal forma que a velocidade máx (v_m) será do elétron que sair perpendicularmente à placa



· Lembre-se de $P = i \cdot U \Rightarrow W = A \cdot V \Rightarrow \frac{J}{s} = \frac{C}{s} \cdot V \Rightarrow \boxed{J = C \cdot V}$

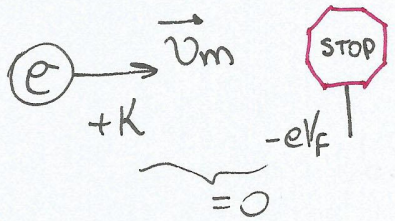
Joule Coulomb Volts

∴ A energia p/ frear um elétron é: sua carga (e) $\times V_F$

↳ pot de freamento

$$E_F = e \cdot V_F$$

Logo, o elétron possui uma energia K e irá ser freado com uma energia eV_F. Por conservação:



$$K = eV_F \Rightarrow \frac{1}{2} m_e v_m^2 = e \cdot V_F$$

↳ Agora pense no luz que arrancou este elétron.

↳ possuía energia $E_L = h \cdot f$.

Porém quando o elétron sai restam cargas positivas que exercem uma força de atração no elétron.

Portanto, parte da energia da luz é convertida em trabalho para opor esta força e a outra parte vira energia cinética p/o elétron.

↳ Logo: $K = E_L - \underbrace{W}$ → varia de acordo com o material

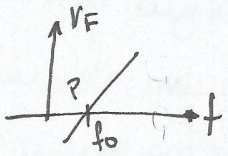
"A idéia mais simples é que um quantum de luz transfere toda a sua energia a um único elétron: vamos supor que é isto que acontece". Einstein.

↳ $\boxed{\frac{1}{2} m_e v_m^2 = eV_F = h \cdot f - W}$

Parabéns, toma aqui seu prêmio nobel

Eq. do efeito fotoelétrico

Obs:



em P ⇒ $\frac{h}{e} f_0 = \frac{W}{e} \Rightarrow W = h \cdot f_0$

↳ coef ang. $= \frac{h}{e}$

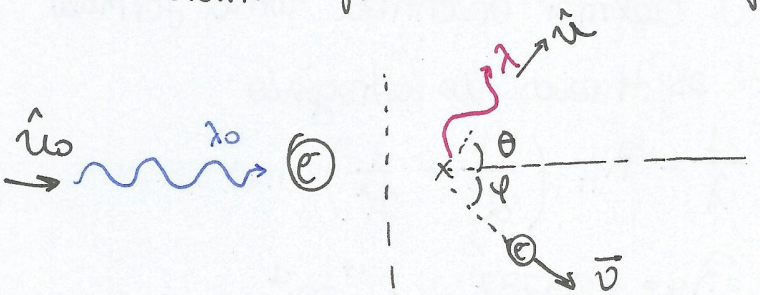
Exercícios: Q4 P2 { b) 2014, II) 2012, 2011, 2008, 2007 } Q3 P1 { 2013, 2012 }

Efeito Compton

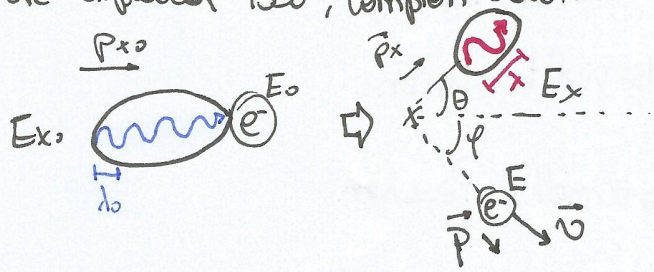
⇨ Evidência do comportamento corpuscular da luz.

→ Compton atirou um raio X num elétron e viu o elétron mudar seu momento (p) e o raio X mudar de comprimento de onda.

(Obviamente foi muito mais complexo que isso).



Para explicar isso, Compton adotou as teorias de Einstein.



$\Delta\lambda \equiv \lambda - \lambda_0$ Deslocamento de Compton

E_{x0} = Energia inicial do fóton

E_x = Energia final do fóton

p_x = momento inicial do fóton

p_{x0} = momento final do fóton

E/E_0 = Energia inicial / final do elétron.

$$E_{x0} + \underbrace{m_0c^2}_{E_0} = E_x + E \quad (1) \qquad \frac{E_{x0}}{c}\hat{u}_0 = \frac{E_x}{c}\hat{u} + \vec{p} \quad (2) \qquad \underbrace{\frac{c}{\lambda_0} = \frac{E_x}{h}}_{\text{Einstein}} \quad (3)$$

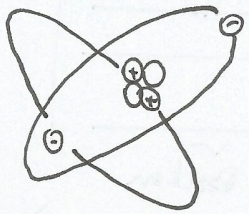
$$\boxed{\Delta\lambda \equiv \lambda - \lambda_0 = \left(\frac{h}{m_0 \cdot c}\right)(1 - \cos\theta)}$$ Deslocamento de Compton

Exercícios: Q1. P3-2014 Q1. P3 2013 Q1. 2012 Q1. 2010 Q3.P2.2012

• Modelos Atômicos

- Rutherford: modelo planetário

· O átomo possuia um núcleo positivo e elétrons (carga neg) orbitavam esse núcleo.

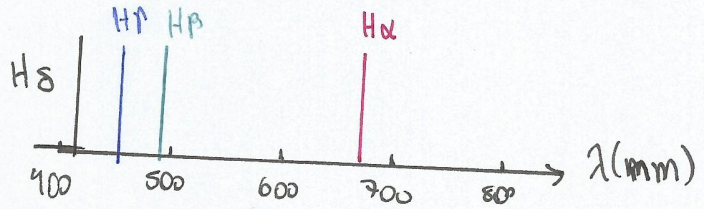


· Porém a física clássica ñ explica isso, os elétrons emitiriam radiação (perderiam energia) e colidiriam com o núcleo.

Pausa: Espectros atômicos

Gases rarefeitos submetidos à descargas elétricas emitem um espectro de linhas. Apenas algumas frequências são emitidas

· Espectro Hidrogênio.



J. Balmer encontrou uma fórmula p/ as 4 raias do hidrogênio

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad n=3,4,5...$$

$R_H = 1{,}0973732 \cdot 10^{+7}\ m^{-1}$
cte de Rydberg

A partir disso vieram:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad n=2,3,4.. \rightarrow \text{Ultravioleta Lyman}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad n=4,5,6... \rightarrow \text{Infravermelho Paschen}$$

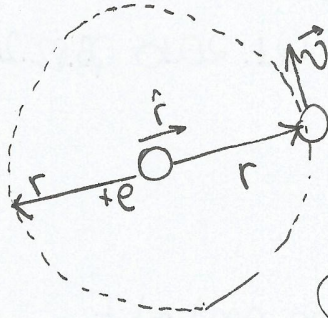
$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad n=5,6,7... \rightarrow \text{I.R. Bracket}$$

—//—//—

• Bohr: Se ~~aplicá~~ aplica p/ H e íons hidrogenóides (1 elétron)

Ex: He^+ e Li^{2+}

• Adotou que o elétron faz uma órbita circular.



$$\frac{1}{\lambda} = \frac{K \cdot e^2}{2 \cdot h \cdot c}\left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i}\right) \qquad K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

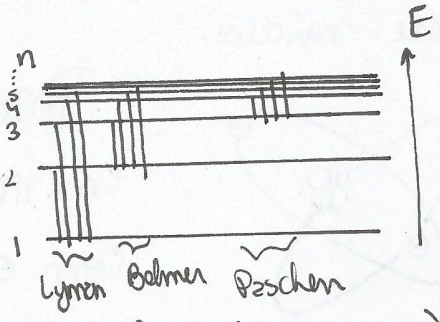
$$\overset{\frac{h \cdot c}{\lambda}}{\Delta E_{i \to f}} = \frac{K \cdot e^2}{2}\left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i}\right) \therefore \frac{e^2 \cdot K}{2 h c r_n} = \frac{R_H}{n^2}$$

Associação da ΔE a Δraio da órbita

$$r_n = n^2 \cdot a_0 \rightarrow a_0 = \frac{e^2 \cdot K}{2 h \cdot c \cdot R_H} \leftarrow \text{raio de Bohr}$$

P/ íon hidrogenóide c/ núcleo c/ carga Ze:

$$r_n = \frac{n^2 \cdot a_0}{Z}; \quad E_n = \frac{-Ke^2}{2a_0} \cdot \frac{Z^2}{n^2} \quad (n=1,2,3..)$$



Ex: Q1 P3 2007 Q2 (P3 → 2011, P03) Q3 (P3 - 2012, 2010)