

## Física Moderna

Prof Arthur Casa Nova - 31/08/2023

Meus queridos fótons mesalvínicos, tudo bem? Nesta aula, vamos estudar os pontos principais da Física do Século XX. Juntos, vamos falar sobre fótons, relatividade, efeito fotoelétrico e muito mais que chocou o mundo no início dos anos 1900.

### Onde está na matriz do ENEM?

[https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz\\_referencia.pdf](https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf)

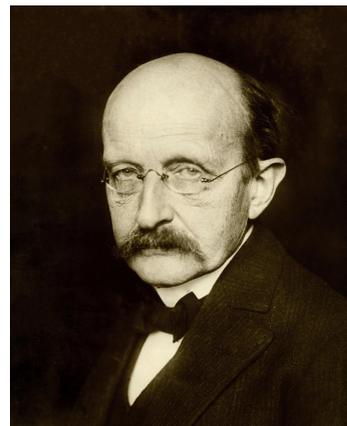
**Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H20** – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

**H22** – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

## Parte I - Teoria dos Quanta

- No século XIX, muitas tentativas foram realizadas para tentar encontrar uma lei que relacionasse a temperatura e o comprimento de onda emitida por corpos aquecidos (teoria do corpo negro).
- Todas as teorias falharam, menos a teoria do físico Max Planck (1900), a Teoria dos Quanta. Segundo o pesquisador:



- ★ Um elétron, oscilando com frequência  $f$ , emite (ou absorve) uma onda eletromagnética com a mesma frequência. No entanto, a energia não é emitida ou absorvida continuamente, mas, sim, de forma quantizada.

$$E = h \cdot f$$

← ENERGIA FÓTON  
 ← CONSTANTE DE PLANCK → Nobel 1918  
 ← frequência

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

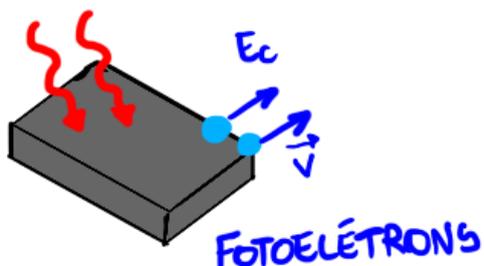
PARA LUZ VISÍVEL:  $f = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  LOGO  $E_f = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

**ATENÇÃO:** elétron absorve (ou emite) 1 fóton ou NADA!

## Parte II - Efeito Fotoelétrico

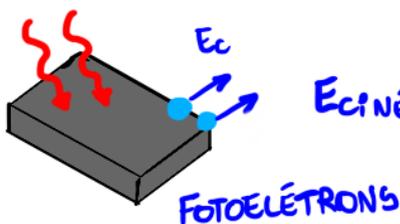
- Efeito descoberto por Hertz, em 1887, sem explicação dada na época;

RADIAÇÃO INCIDENTE



- Qual era o problema?

INTENSIDADE ↑



$E_{\text{CINÉTICA}} =$

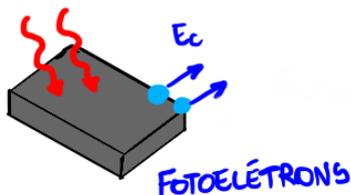
PELA TEORIA CLÁSSICA:

$I \uparrow \rightarrow \text{ENERGIA} \uparrow$

- Qual a explicação de Einstein para o efeito?



$$E_f = h \cdot f$$



CADA  $e^-$  ABSORVE 1 FÓTON,  
LOGO

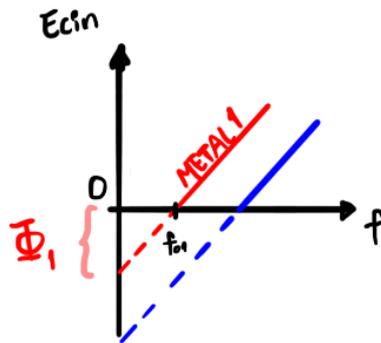
$E_f \uparrow \rightarrow E_c \uparrow$       $I \uparrow \rightarrow \text{MAIS } e^-$

- Função trabalho

$$\frac{m(V_{\text{máx}})^2}{2} = h \cdot f - \Phi$$

FUNÇÃO TRABALHO

↳ ENERGIA MÍNIMA PARA  
O E ESCAPAR

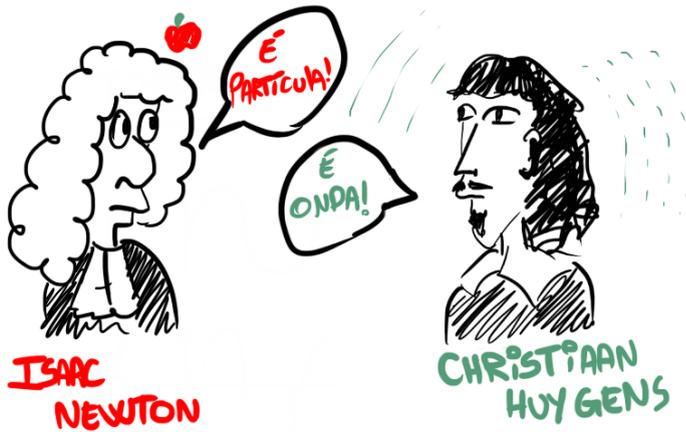


SENDO  $\Phi \rightarrow$  ENERGIA, TEMOS

$$\Phi = h \cdot f_0 \quad \therefore$$

$$\hookrightarrow \frac{m(V_{\text{máx}})^2}{2} = h(f - f_0)$$

### Parte III - A treta da luz



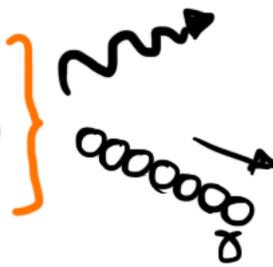
### Experimento de Young



THOMAS  
YOUNG (1801)



Parte IV - Outros pontos interessantes de Física Moderna

DUALIDADE  
ONDA - PARTÍCULA } 

$$E = mc^2 = hf$$

$$p = m \cdot v = m \cdot c \Rightarrow E = p \cdot c$$



PRINCÍPIO DA  
INCERTEZA

→ INDETERMINISMO

→ "DEUS NÃO JOGA DADOS!"  
EINSTEIN

$$\Delta x \cdot \Delta p \gg \frac{\hbar}{2}$$

→  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$



RELATIVIDADE  
RESTRIITA



↳ As leis da Física são as mesmas em todos os REF. INERCIAIS

↳ A velocidade da luz é uma constante universal

\* Dilatação Temporal

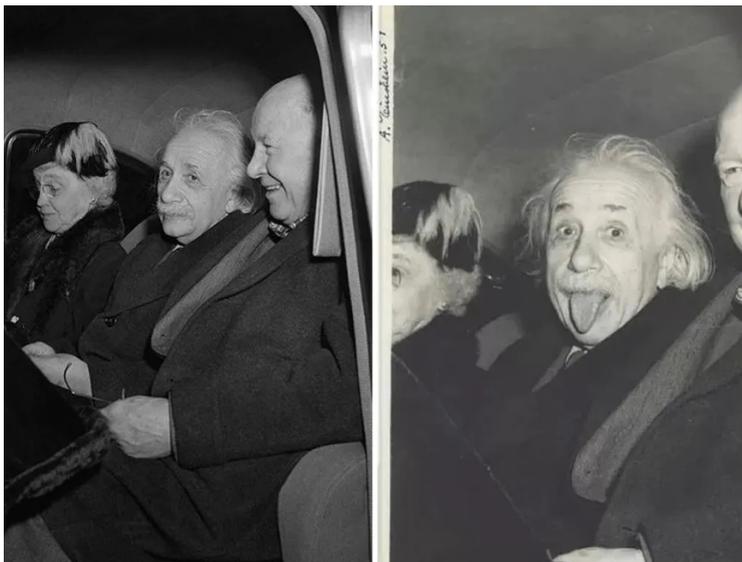
\* Contração Espacial

## Parte V - Pose pra foto



### Solvay, 1927 - Montagem

Fonte: <https://www.fisicando.com.br/genios-ciencia>. Acesso em 15/08/2023



### Princeton, em 14 de março de 1951 - Papparazzi

Fonte: <https://rarehistoricalphotos.com/albert-einstein-tongue-1951/>  
Acesso em 15/08/2023

## Parte VI - Exercícios

(ENEM) - O efeito fotoelétrico contrariou as previsões teóricas da física clássica porque mostrou que a energia cinética máxima dos elétrons, emitidos por uma placa metálica iluminada, depende:

- A. exclusivamente da amplitude da radiação incidente.
- B. do comprimento de onda da radiação incidente.
- C. da amplitude da onda da radiação incidente.
- D. da frequência e não da amplitude da radiação incidente.
- E. Nem uma das anteriores

(ENEM DIGITAL 2020) As células fotovoltaicas (placas semicondutoras compostas de silício) são os componentes principais dos painéis solares e são capazes de converter, com certa eficiência, parte da energia dos raios solares em energia elétrica. Essa conversão é causada pelo fenômeno físico denominado “efeito fotoelétrico”, que pode ocorrer em uma variedade de materiais, incluindo metais e semicondutores.

Na superfície dos metais, a sequência de eventos que caracteriza esse efeito, de forma simplificada, é a

- A. absorção de fótons e a emissão de elétrons.
- B. absorção de elétrons e a emissão de fótons.
- C. emissão de fótons e a absorção de elétrons.
- D. absorção e a emissão de elétrons.
- E. absorção e a emissão de fótons.

## Chama o Brunão!

(ENEM 2017) A célula fotovoltaica é uma aplicação prática do efeito fotoelétrico. Quando a luz incide sobre certas substâncias, libera elétrons que, circulando livremente de átomo para átomo, formam uma corrente elétrica. Uma célula fotovoltaica é composta por uma placa de ferro recoberta por uma camada de selênio e uma película transparente de ouro. A luz atravessa a película, incide sobre o selênio e retira elétrons, que são atraídos pelo outro, um átomo condutor de eletricidade. A película de ouro é conectada à placa de ferro, que recebe os elétrons e os devolve para o selênio, fechando o circuito e formando uma corrente elétrica de pequena intensidade.

DIAS, C. B. Célula fotovoltaica. Disponível em: <http://super.abril.com.br>. Acesso em: 16 ago. 2012 (adaptado)

O processo biológico que se assemelha ao descrito é a

- A. fotossíntese.
- B. fermentação.
- C. quimiossíntese.
- D. hidrólise do ATP.
- E. respiração celular.

(ENEM 2013 2ª apl) Quando a luz branca incide em uma superfície metálica, são removidos elétrons desse material. Esse efeito é utilizado no acendimento automático das luzes nos postes de iluminação, na abertura automática das portas, no fotômetro fotográfico e em sistemas de alarme.

Esse efeito pode ser usado para fazer a transformação de energia

- A. nuclear para cinética.
- B. elétrica para radiante
- C. térmica para química.
- D. radiante para cinética.
- E. potencial para cinética.

(UEMA) Com a pandemia do COVID-19, o mundo tem utilizado a luz ultravioleta (UV) para desinfetar ambientes públicos e hospitalares. Foram encontradas evidências da eficácia do UV quanto à área irradiada, ao ângulo de exposição, à intensidade e à dose de radiação sobre superfícies. Mas, essas não são as únicas alternativas.

A alta dose de radiação tem a função de promover várias mutações no DNA e/ou RNA dos vírus, levando-o à morte ou impedindo que ele se reproduza. A luz UV é eficaz para inativar bactérias e vírus nas faixas de UV-B e UV-C com onda de comprimento entre 200 a 310 nm (nanômetros).

<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/08/07/para-anvisa-nao-ha-certeza-de-que-raios-ultravioleta-destroem-coronavirus.htm> (Adaptada)

Sabe-se que a radiação eletromagnética (ou simplesmente, a luz) é quantizada, segundo Einstein, e a quantidade elementar de luz, hoje, recebe o nome de fóton. Por isso, para eliminar o vírus sobre a superfície, uma rede de supermercado instalou cabines UV para descontaminar os carrinhos de compras. A cabine contém luz ultravioleta com comprimento de onda de 300 nm.

Qual a energia desse fóton em elétrons-volts?

Adote a constante de Planck =  $4,14 \cdot 10^{-15}$  eVs e a velocidade da luz de  $3,0 \cdot 10^8$  m/s

- A.  $4,14 \cdot 10^6$
- B.  $12,42 \cdot 10^{-13}$
- C.  $4,14 \cdot 10^{-3}$
- D. 372,6
- E. 4,14

(ENEM 2019) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz se espalha por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, [os raios luminosos] se atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala atravessa o ar; pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. In: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- A. O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- B. O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- C. O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- D. A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- E. A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.