

Dualidade onda-partícula

As equações abaixo descrevem a equivalência entre a matéria e a energia; a dualidade onda-partícula tanto para o fóton quanto para os elétrons; a interação da luz com a matéria provocando uma corrente elétrica; além de marcar o início da mecânica quântica ao determinar uma quantidade mínima de energia que pode ser emitida por cada frequência ou comprimento de onda.

Nos quadros abaixo pode-se ver à esquerda equações associadas ao comportamento de fótons; à direita equações associadas ao comportamento de elétrons; ao centro e acima a equação de de Broglie que prevê um comprimento de onda tanto para partículas como para ondas; ao centro e abaixo a equação de Einstein para o efeito fotoelétrico que relaciona a energia cinética de elétrons, "arrancados" de uma placa, quando a energia da luz monocromática incidente (hf) é maior do que um valor mínimo chamado de função trabalho.

fóton

$$E = mc^2$$

$$Q_f = \frac{E}{c}$$

$$E_f = hf$$

de Broglie

$$\lambda = \frac{h}{Q}$$

efeito fotoelétrico

$$hf = \phi + E_e$$

elétron

$$\phi = hf_0$$

$$Q_e = m_e v_e$$

$$E_e = \frac{m_e v_e^2}{2}$$

legenda:

E – energia de radiação.

m – massa transformada em radiação.

c – velocidade da luz.

E_f – energia do fóton.

h – constante de Planck.

f – frequência.

λ – comprimento de onda.

Q_f – quantidade de movimento do fóton

Q_e – quantidade de movimento do elétron

ϕ – função trabalho.

E_e – energia cinética do elétron.

f_0 – frequência mínima.

m_e – massa do elétron.

v_e – velocidade do elétron.

Complete a tabela abaixo utilizando as equações acima.

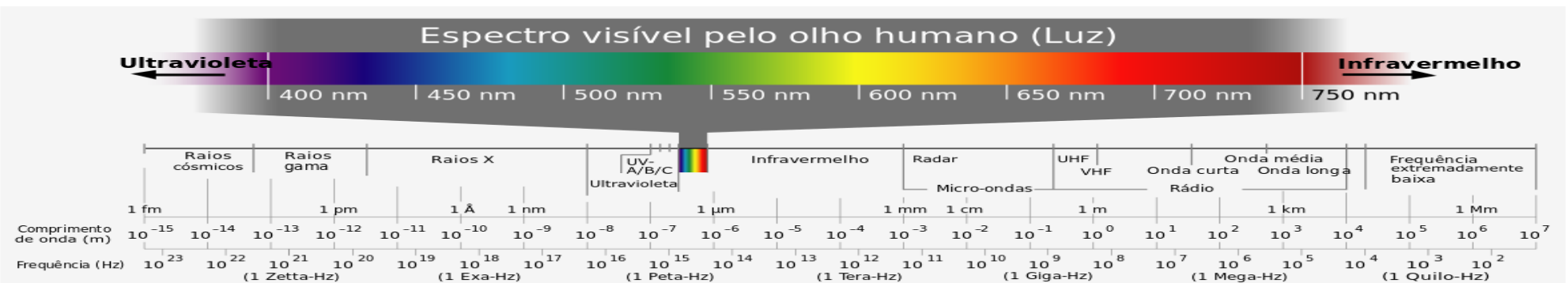
Tabela anti-estresse

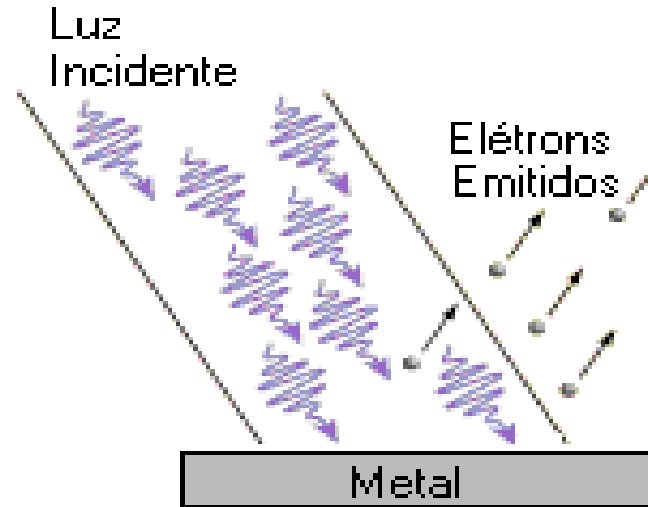
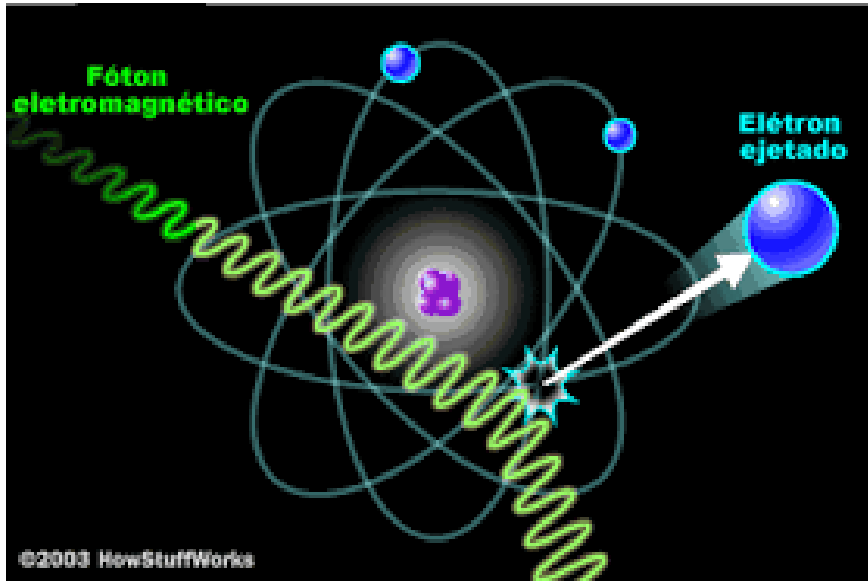
v_e - velocidade do elétron

$\times(1,60218E-19)$

$$v_e = \sqrt{\frac{2E_e}{m_e}}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	
	h (eV s)	h (J s)	m_e (kg)	f (Hz)	E=hf (eV)	ϕ (eV)	E_e (eV)	E_e (J)	v_e (m/s)	Q_e (kg.m/s)	λ_e (m)
a	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	6,00000E+18	2,48140E+04	2,50000E+00	2,48115E+04	3,97525E-15	9,34228E+07	8,51024E-23	7,78600E-12
b	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	7,00000E+17		2,30000E+00					
c	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	7,50000E+16		2,30000E+00					
d	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	8,00000E+15		2,30000E+00					
e	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	9,00000E+14		2,30000E+00					
f	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	8,00000E+14		2,30000E+00					
g	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	7,00000E+14			5,94967E-01				
h	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31		2,48140E+00			2,90636E-20			
i	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31		2,44004E+00						3,27725E-09
j	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31		2,39869E+00				2,64369E+05		
k	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	5,70000E+14						2,14300E-25	
l	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	5,60000E+14						1,83990E-25	
m	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	5,50000E+14							4,48975E-09
n	4,13567E-15	6,62607E-34	9,10938E-31	5,40000E+14				5,32888E-21			





Energia do Fóton Incidente

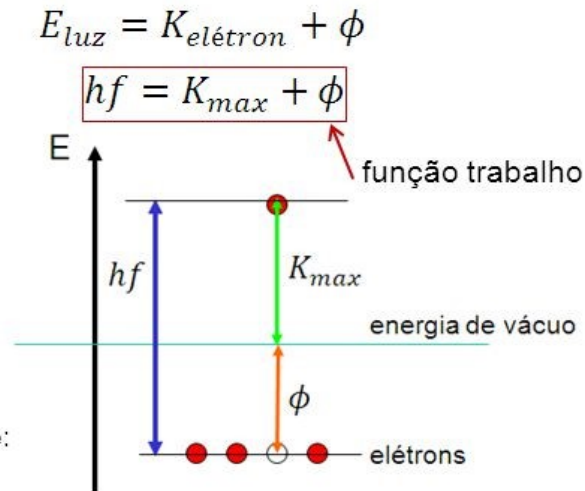
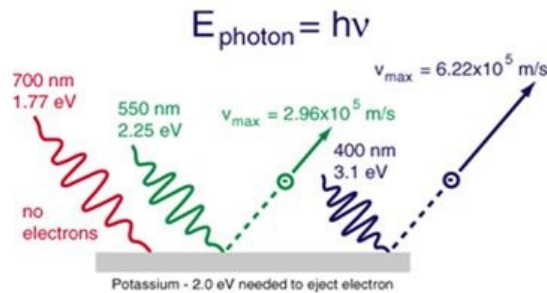
$$E = h.f$$

Funções trabalhos de alguns metais	
Metal	ϕ (eV)
Na	2,28
Co	3,90
Al	4,08
Cu	4,70
Pb	4,14
Zn	4,31
Fe	4,50
Ag	4,73
Pt	6,35

Nas figuras acima vê-se a interação da luz com a matéria. Cada material é caracterizado por uma função trabalho, que oferece maior ou menor resistência à saída de elétrons. Caso a energia do fóton incidente seja maior do que a função trabalho do material, os elétrons terão energia suficiente para escapar da atração eletromagnética e lançarem-se no espaço ao redor. A tabela ao lado traz uma lista de metais e suas respectivas funções trabalho.

O efeito fotoelétrico explicado

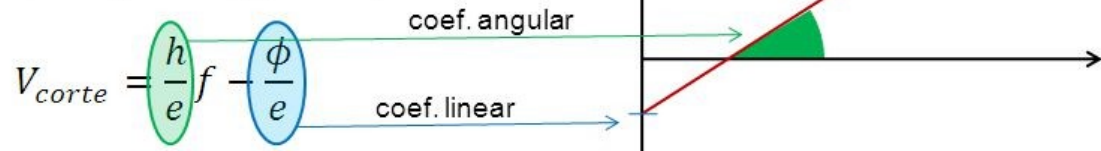
- Descrição do efeito fotoelétrico com fótons: OK!!



- Como determinar h e ϕ ?
 - Aplique um potencial V que freie os elétrons ejetados
 - Quando a corrente medida se tornar zero você sabe que:

$$eV_{\text{corte}} = K_{\text{max}} \quad (\text{energia potencial elétrica} = \text{energia cinética elétron})$$

- **Faça um gráfico V_{corte} vs. frequência**



Resolução

$$E_e(J) = E_e(\text{eV}) \times e^-$$

b-5	$E = h \cdot f$	$\frac{h}{4,13567E-15}$	\times	f $7,00000E+17$	$\cdot =$	$2,89497E+03$
------------	-----------------	-------------------------	----------	----------------------	-----------	---------------

b-7	$E_e = hf - \phi$	hf $2,89497E+03$	$\cdot -$	ϕ $2,30000E+00$	$\cdot =$	$2,89267E+03$
------------	-------------------	-----------------------	-----------	-------------------------	-----------	---------------

b-8	$E_e(J) =$	$\frac{E_e(\text{eV})}{2,89247E+03}$	\times	e $1,60218E-19$	$\cdot =$	$4,63425E-16$
------------	------------	--------------------------------------	----------	----------------------	-----------	---------------

b-9	$v_e = \sqrt{\frac{2E_e}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,63425E-16}{9,10938E-31}} = 3,18989E+07$					
------------	---	--	--	--	--	--

b-10	$Q_e = m \cdot v_e =$	$\frac{m_e}{9,10938E-31}$	\times	v_e $3,18989E+07$	$\cdot =$	$2,90579E-23$
-------------	-----------------------	---------------------------	----------	------------------------	-----------	---------------

b-11	λ_e	$\frac{h}{Q}$	$\cdot =$	$\frac{4,63425E-16}{2,90579E-23}$	$\cdot =$	$1,59483E+07$
-------------	-------------	---------------	-----------	-----------------------------------	-----------	---------------

h-4	$f = E/h$	$\cdot =$	$\frac{2,48140E+00}{4,13567E-15}$	$\cdot =$	$6,00000E+14$
------------	-----------	-----------	-----------------------------------	-----------	---------------

h-6	$\phi = hf - E_e$	$\cdot =$	$2,48140E+00$	$\cdot -$	$1,81400E-01$	$\cdot =$	$2,30000E+00$
------------	-------------------	-----------	---------------	-----------	---------------	-----------	---------------

h-7	$h(\text{eV}) = h(j)/e$	$\cdot =$	$\frac{2,90636E-20}{1,60218E-19}$	$\cdot =$	$1,81400E-01$
------------	-------------------------	-----------	-----------------------------------	-----------	---------------