

Conceitos básicos



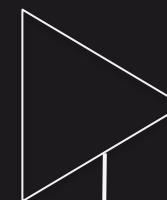
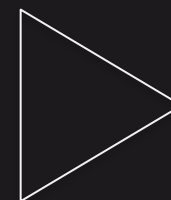
Radiação ou
Partículas

Detector

Partículas interagem com
o material do detector
produzindo um sinal
elétrico (ou luz que é
convertida em um sinal
elétrico)



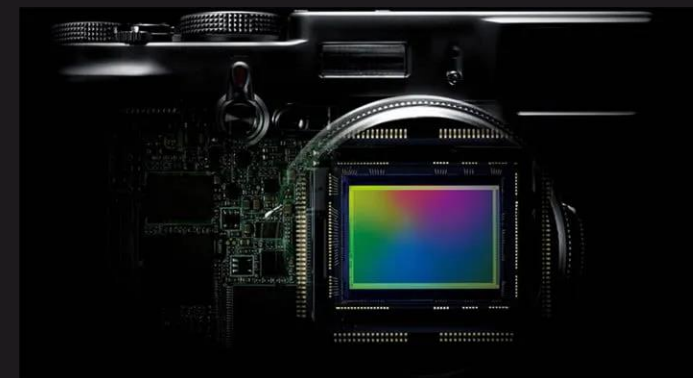
Processamento do sinal
(analógico)

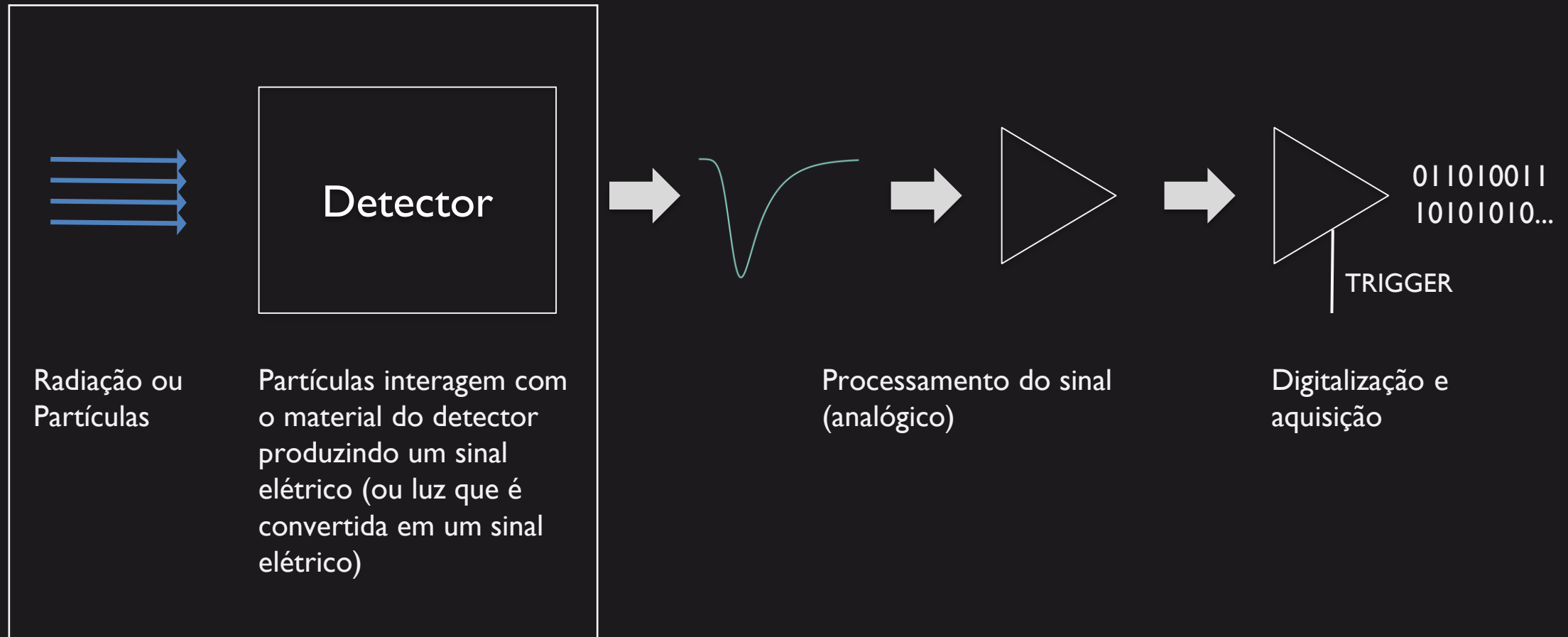


TRIGGER

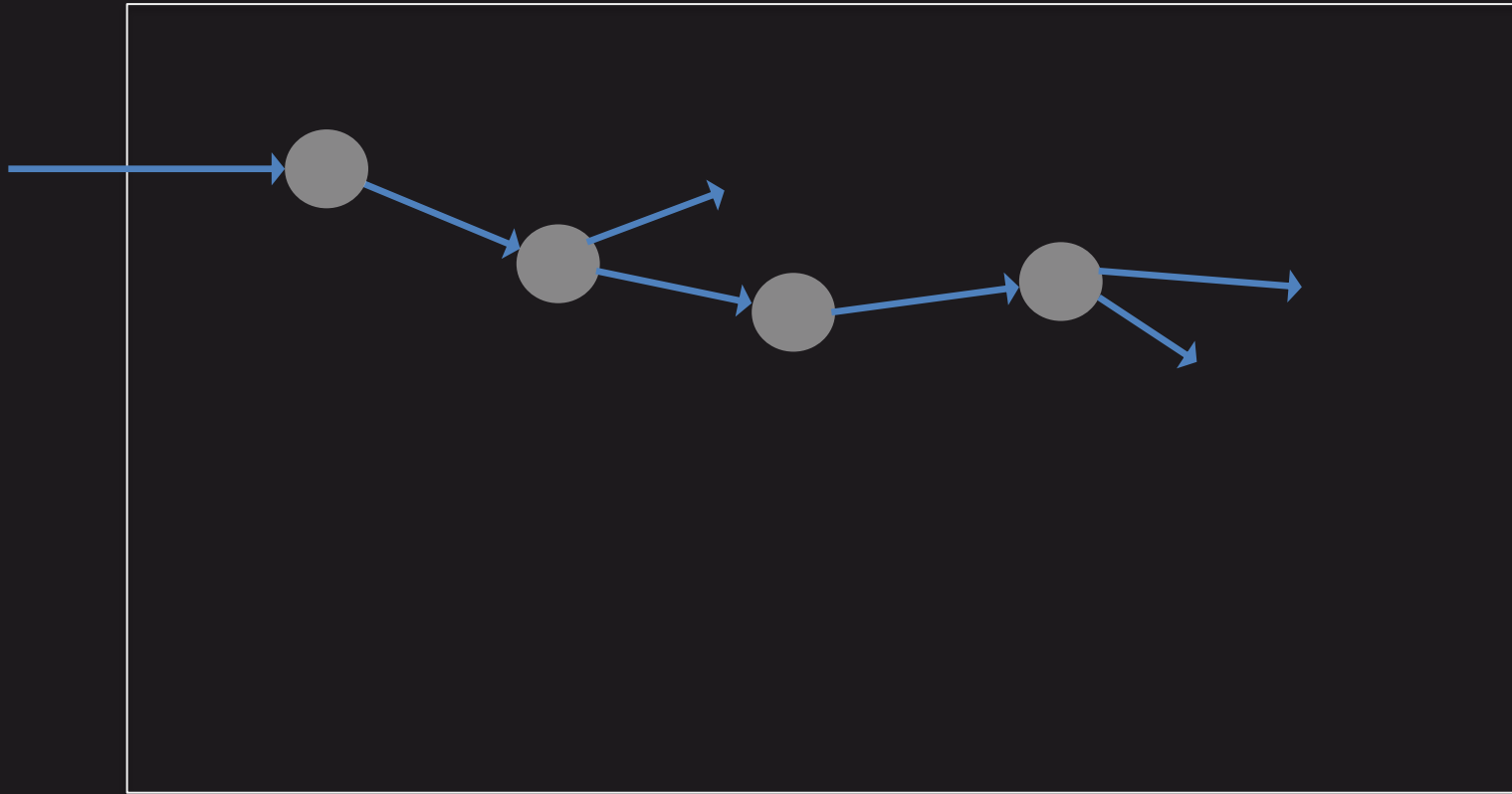
011010011
10101010...

Digitalização e
aquisição

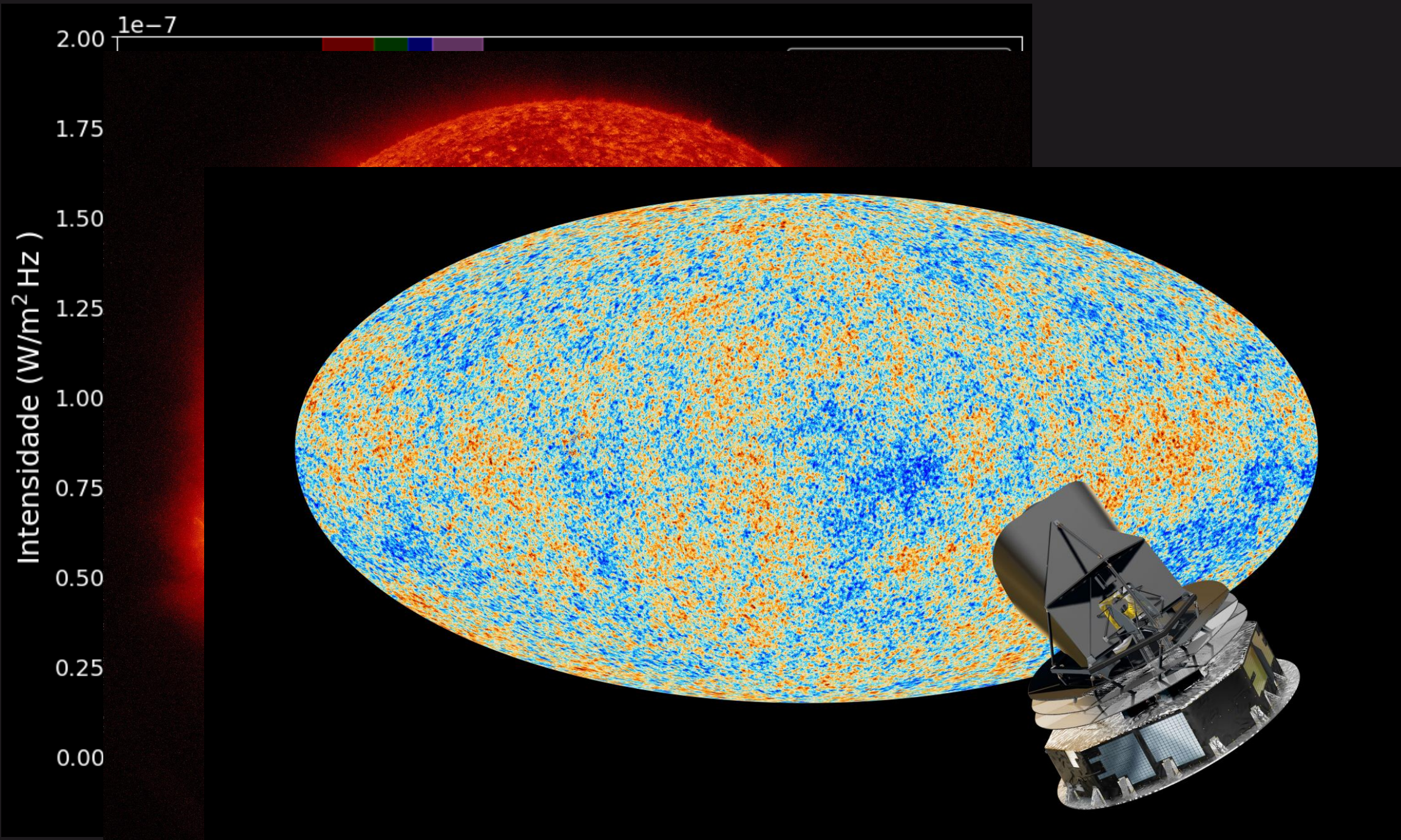




Interações com o meio do detector



Alguns conceitos de Física “Quântica”

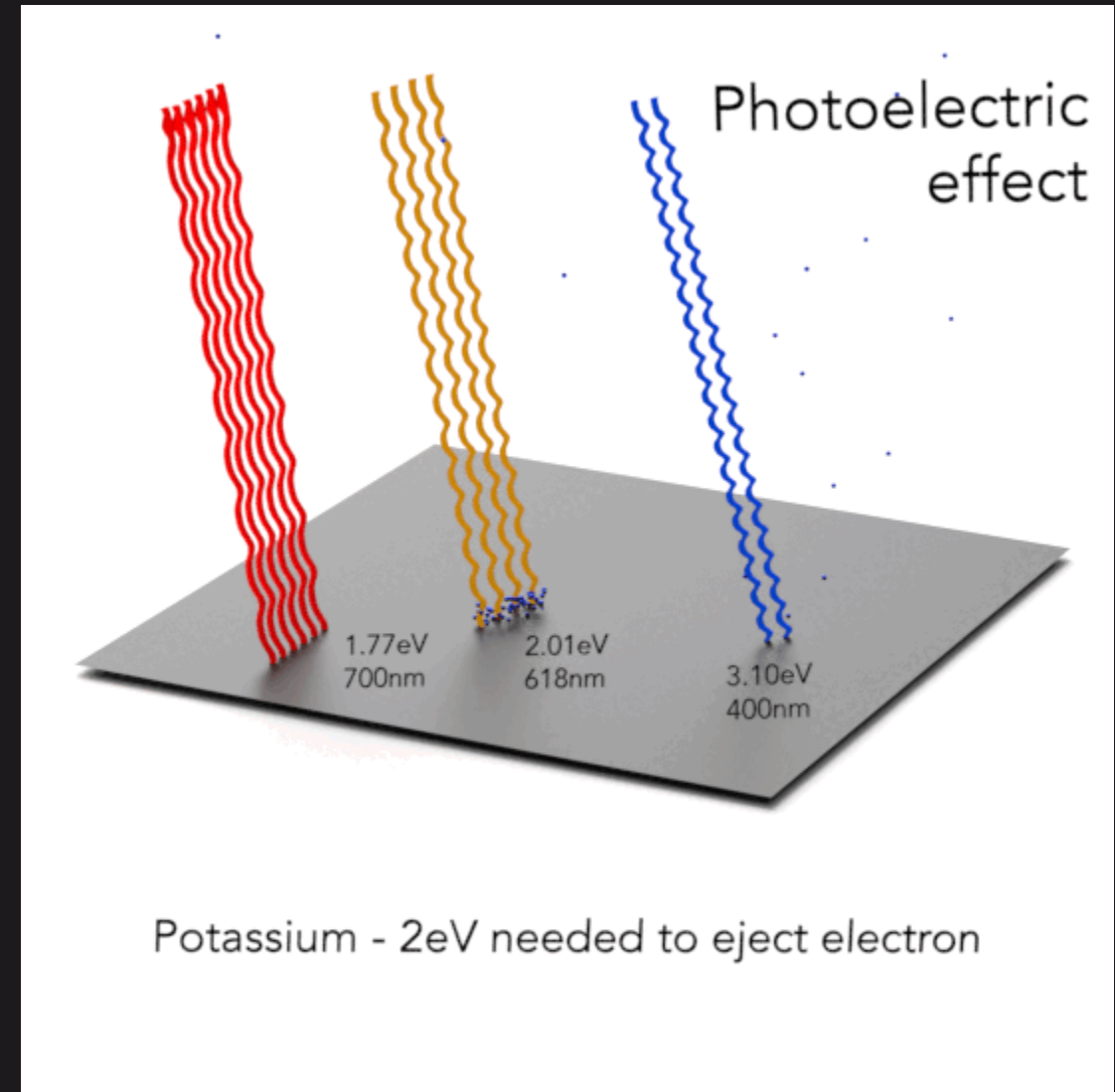


Efeito fotoelétrico: emissão ou liberação de elétrons das ligações atômicas de um material pela incidência de luz (radiação eletromagnética)

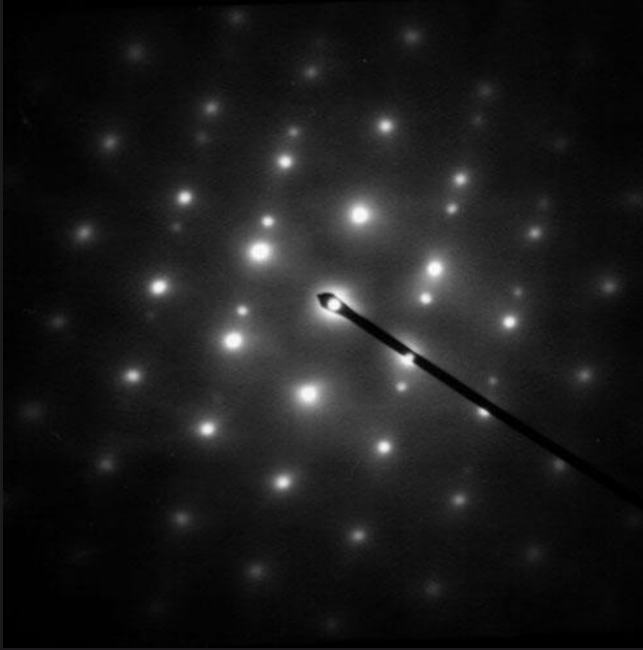
A luz se comporta como pacotes (quanta) de energia, ou fótons (Einstein).

Energia cinética do *fotoelétron*:

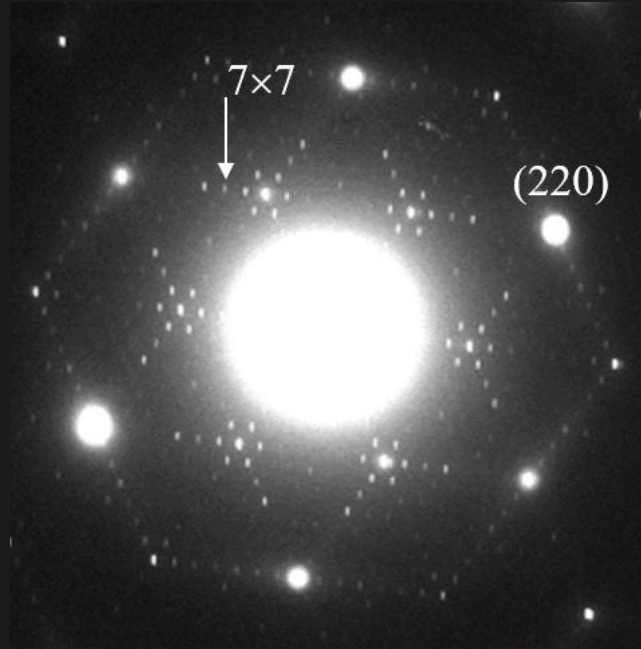
$$E_K = h\nu - \Phi$$



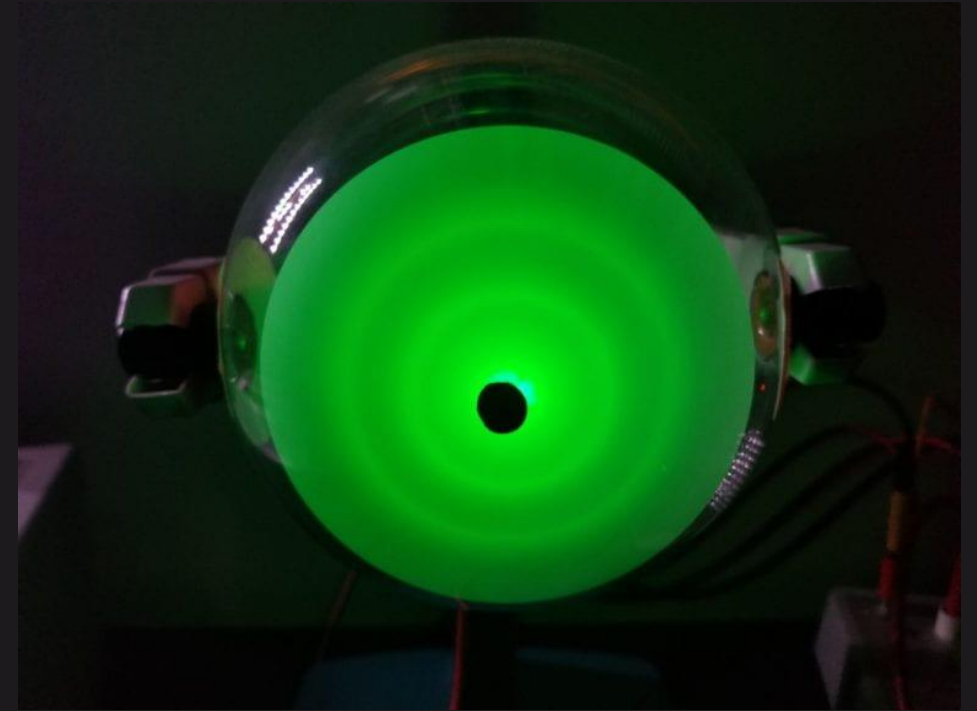
Difração de elétrons



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Austenite_ZADP.jpg



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transmission_electron_diffraction_pattern_of_Si_\(111\)_7x7.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transmission_electron_diffraction_pattern_of_Si_(111)_7x7.png)



<https://ucscphysicsdemo.sites.ucsc.edu/physics-5c6c-demos/electron-diffraction-apparatus/>

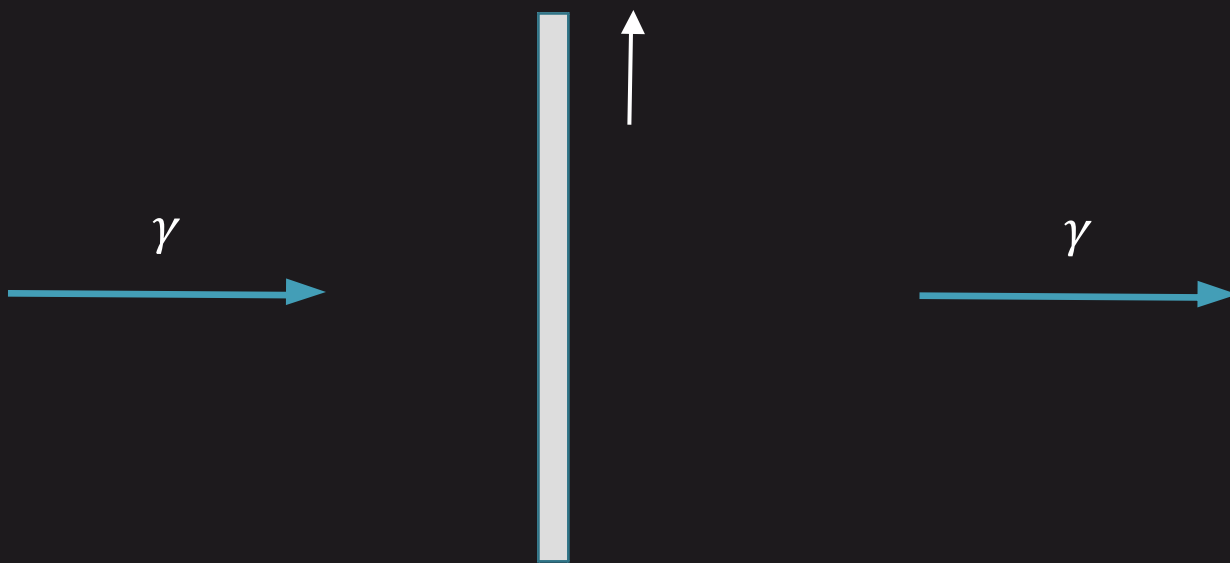
~~Ondas ?~~

~~Partículas ?~~

Exemplo: polarização da luz

Estado de polarização vertical: $|\uparrow\rangle$
Estado de polarização horizontal: $|\rightarrow\rangle$

Polarizador vertical (0°)



$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\rightarrow\rangle$$

O fóton tem a mesma probabilidade de estar em qualquer estado de polarização.

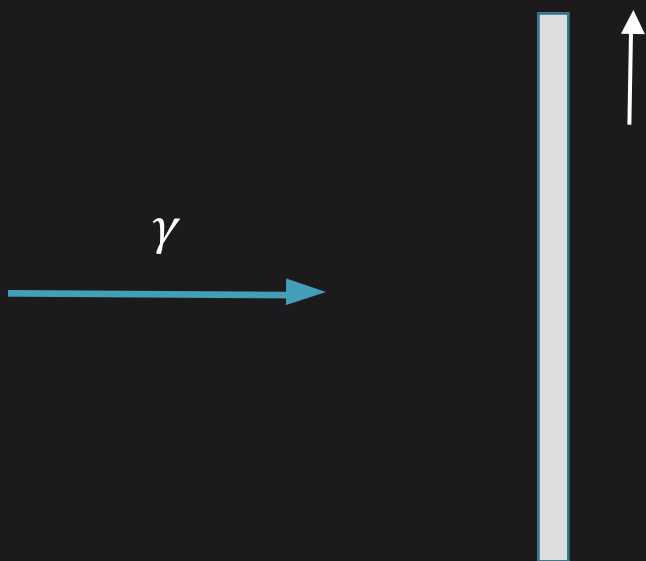
$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle$$

Estado de polarização: \uparrow

O fóton irá passar pelo polarizador com probabilidade 50%.

Estado de polarização vertical: $|\uparrow\rangle$
Estado de polarização horizontal: $|\rightarrow\rangle$

Polarizador vertical (0°)



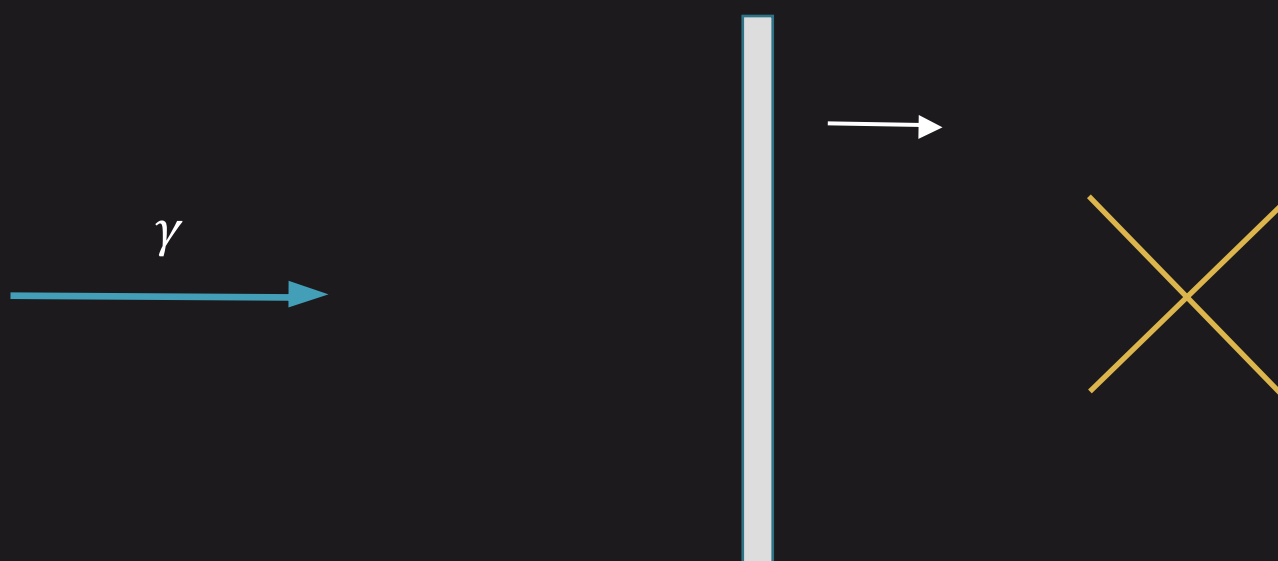
$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\rightarrow\rangle$$

O fóton tem a mesma probabilidade de estar em qualquer estado de polarização.

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle$$

Estado de polarização: \uparrow

Polarizador horizontal (90°)

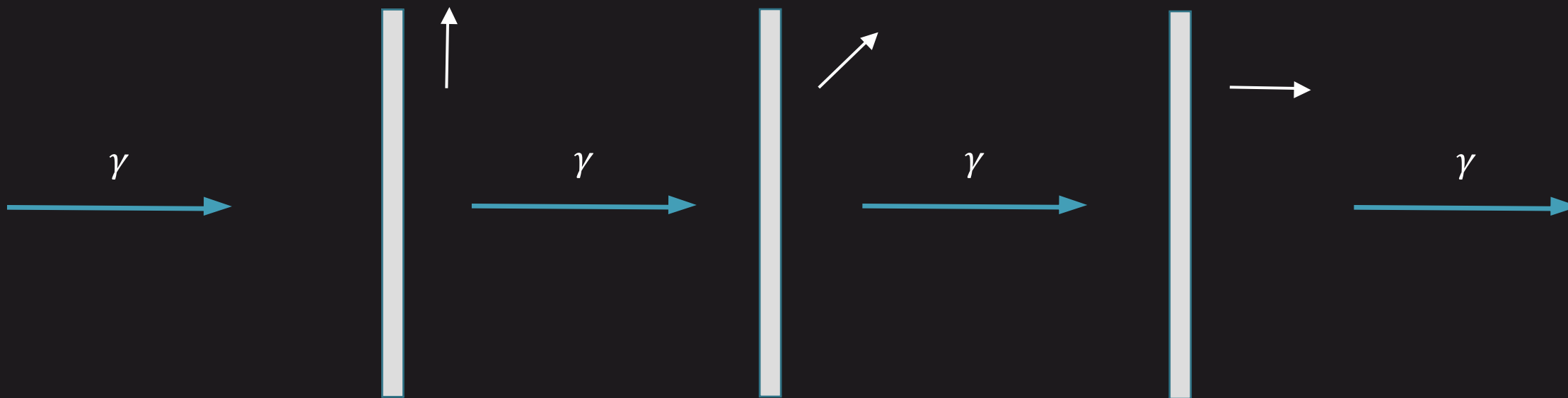


O fóton irá passar pelo polarizador com probabilidade 50%.

O polarizador seleciona apenas estados ortogonais ao fóton incidente. O fóton não passa.

Estado de polarização vertical: $|\uparrow\rangle$
Estado de polarização horizontal: $|\rightarrow\rangle$

Polarizador oblíquo (45°)
Polarizador vertical (0°)
Polarizador horizontal (90°)



$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\rightarrow\rangle$$

O fóton tem a mesma probabilidade de estar em qualquer estado de polarização.

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle$$

Estado de polarização: \uparrow

$$\begin{aligned}\psi &= \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} |\nearrow\rangle \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\rightarrow\rangle \right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{prob}(\uparrow) &= \frac{1}{8} = 12,5\% \\ \text{prob}(\rightarrow) &= \frac{1}{8} = 12,5\%\end{aligned}$$

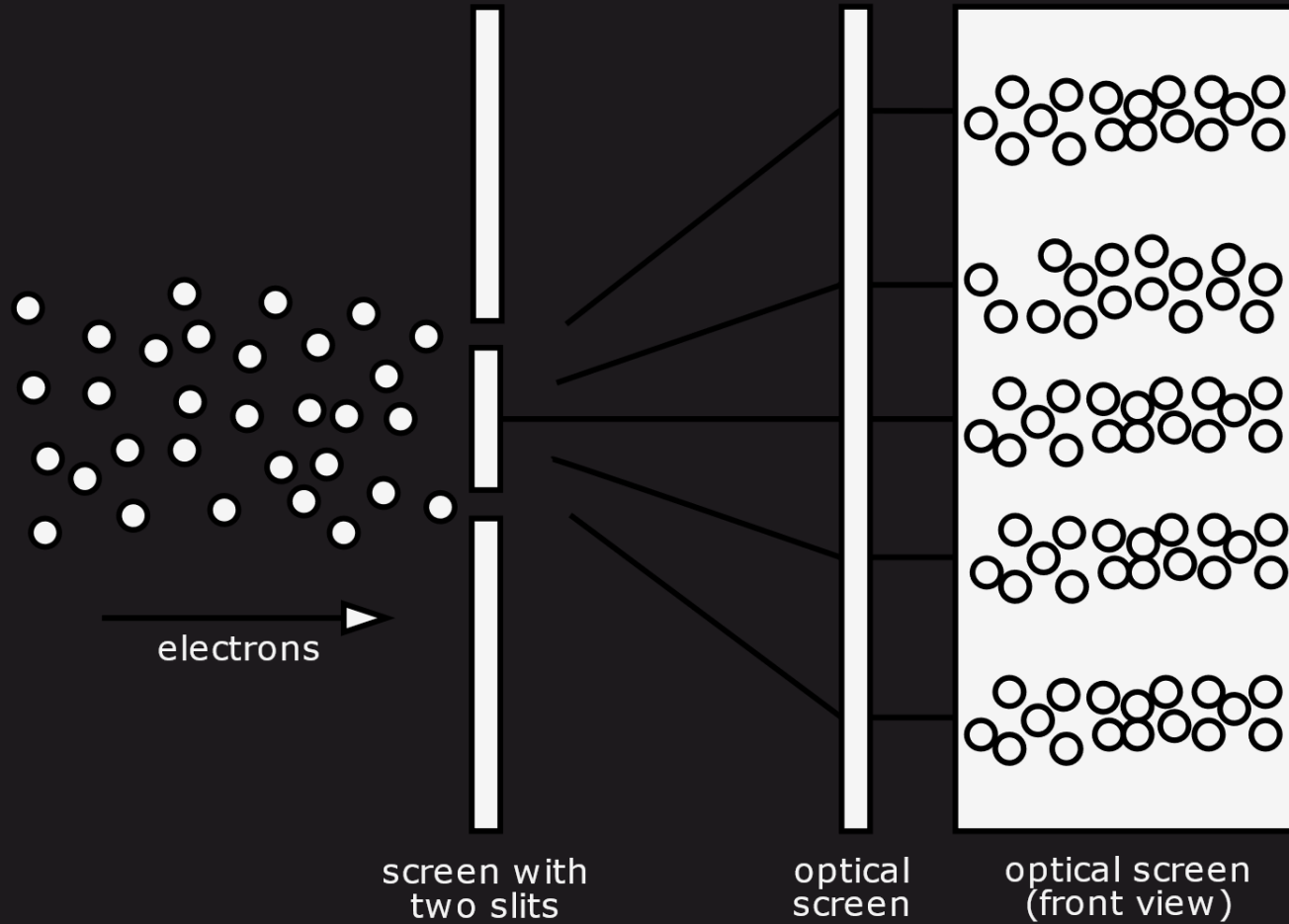
$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} |\rightarrow\rangle$$

Estado de polarização: \rightarrow

O fóton irá passar pelo último polarizador com probabilidade 12,5%.

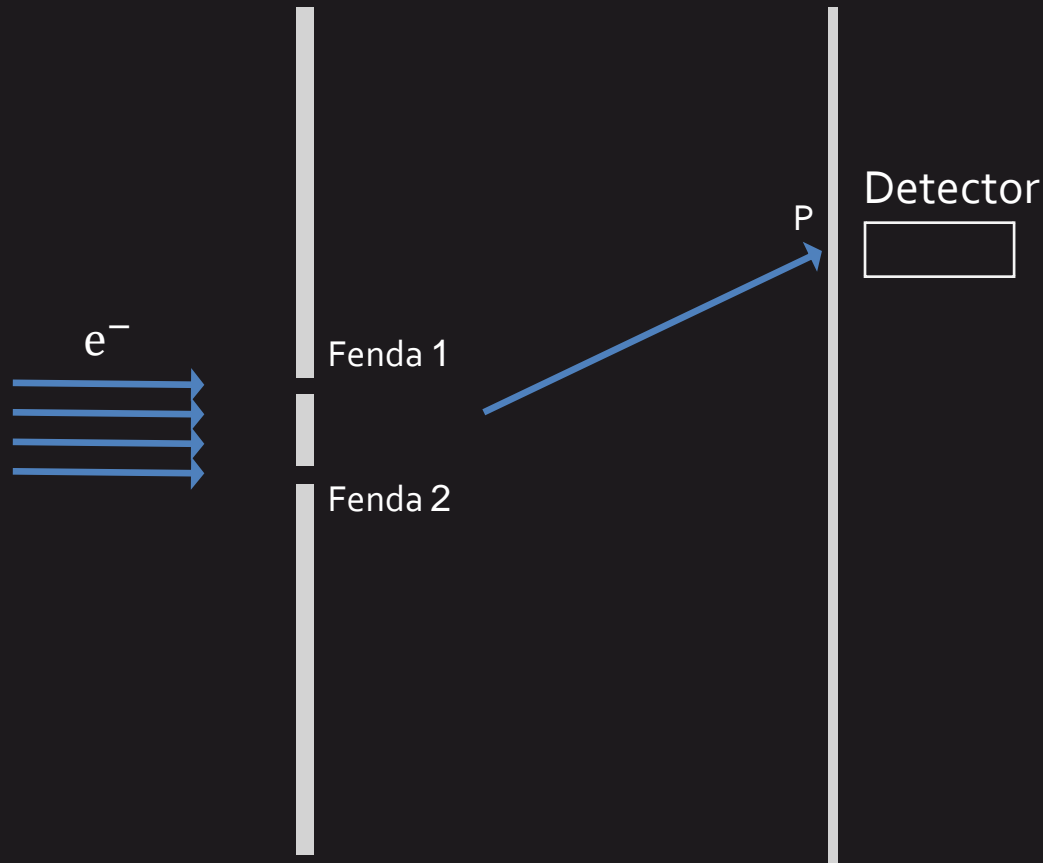
Processos e amplitudes

Exemplo: Experimento de fenda dupla



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Two-Slit_Experiment_Electrons.svg

Experimento de fenda dupla



Precisamos definir o *processo*: de um feixe incidente, um elétron é observado em uma posição P no plano de detecção.

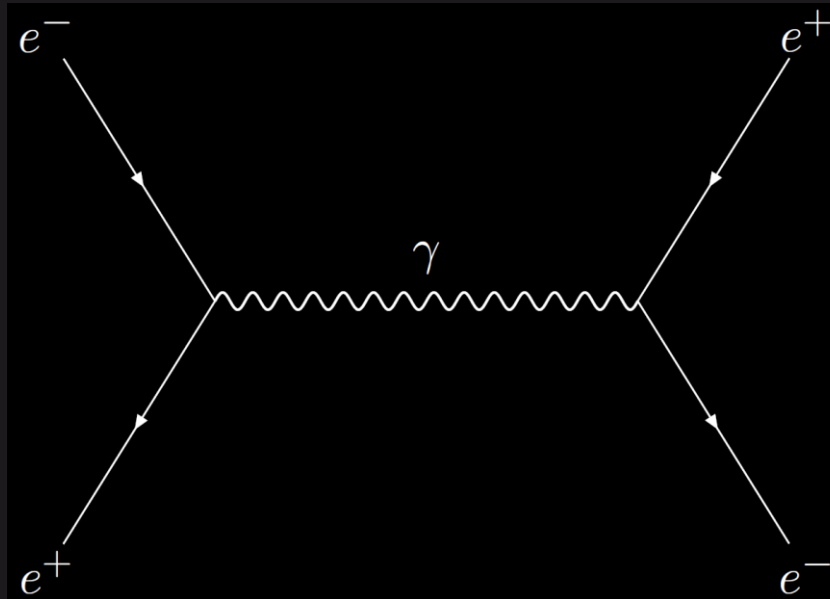
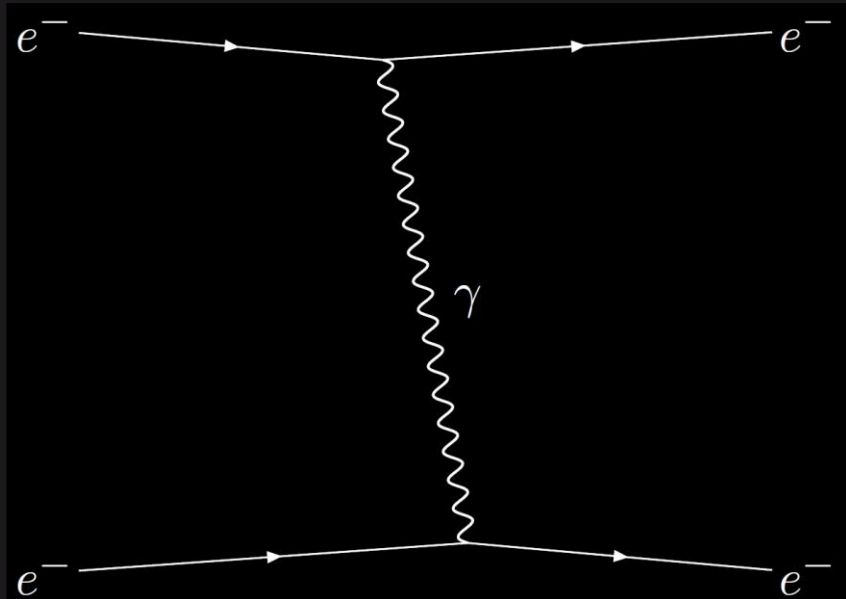
Podemos definir duas *amplitudes* para o processo: o elétron passando pela fenda 1 ou 2, e alcançando o ponto P no plano.

As amplitudes são números complexos, A_1^P e A_2^P .

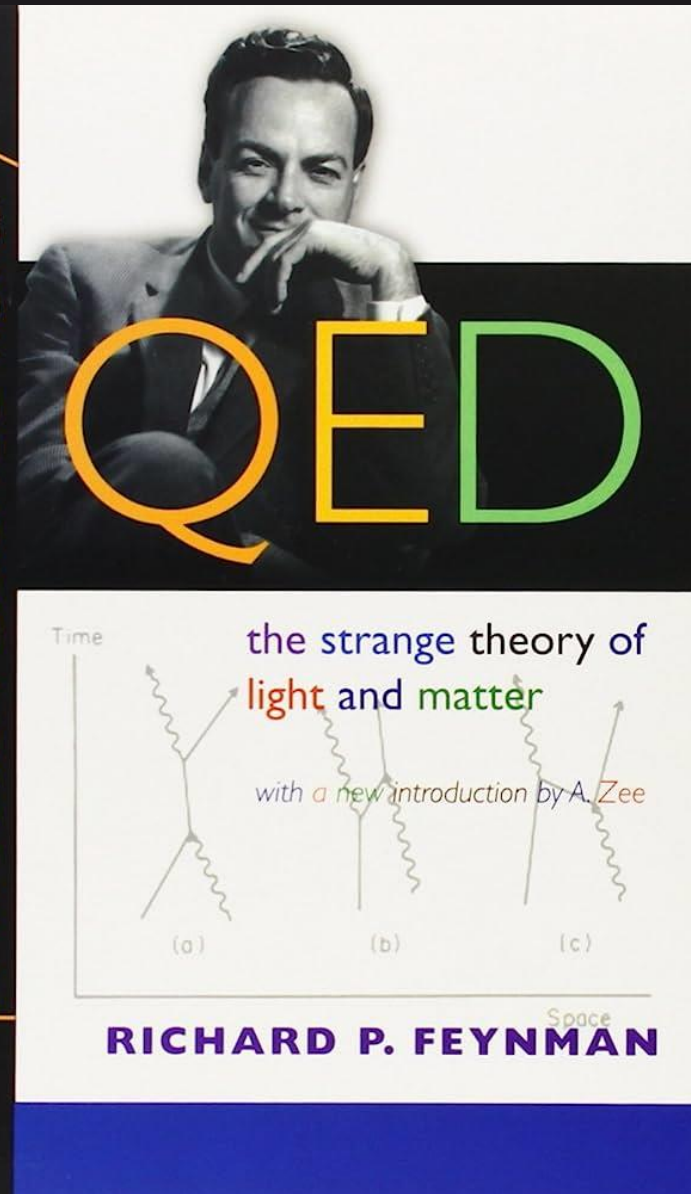
A probabilidade de o elétron ser observado no ponto P é $\text{prob}(P) = |A_1^P + A_2^P|^2$.

Posicionar um detector na fenda 1 ou 2 muda o processo.

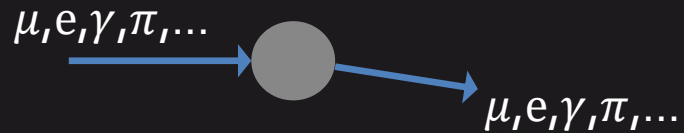
Interações relativísticas



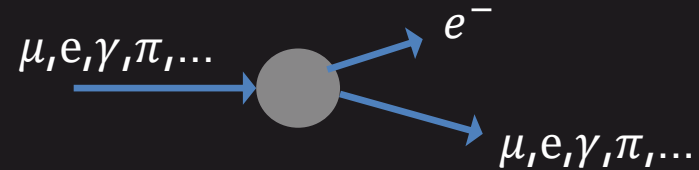
princeton science library



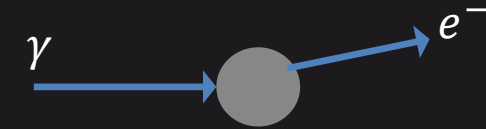
Processos devido a interações na matéria:



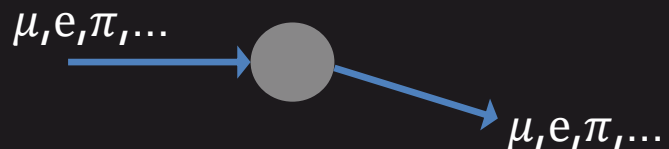
Partícula incidente interage com elétron atômico que é excitado.



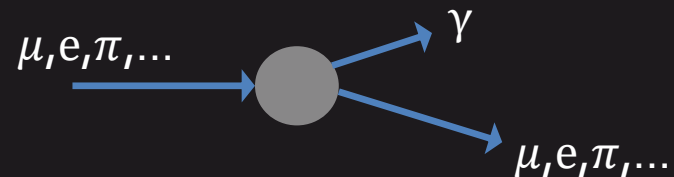
Partícula incidente interage com elétron atômico que se libera do potencial atômico, deixando um íon positivo.



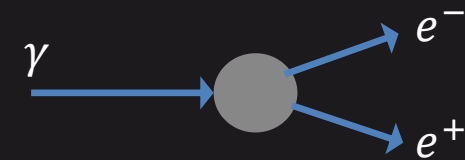
Fóton incidente é absorvido e libera um elétron atômico (efeito fotoelétrico).



Partícula carregada incidente interage com núcleo atômico e é defletida.



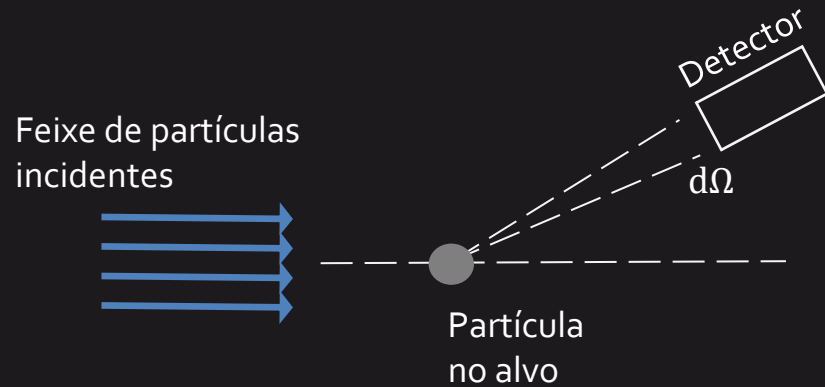
Partícula carregada incidente interage com núcleo atômico, é defletida e emite um fóton.



Fóton incidente interage com núcleo atômico e decai em par elétron-pósitron.

...

“Seção de choque”



A seção de choque quantifica a probabilidade de ocorrência de um processo.

Exemplo: Um feixe de partículas incide em um alvo e é observado o número de partículas (de um determinado tipo) espalhadas em um ângulo $d\Omega$.

$$d\sigma = \frac{1}{F} \times dn_1$$

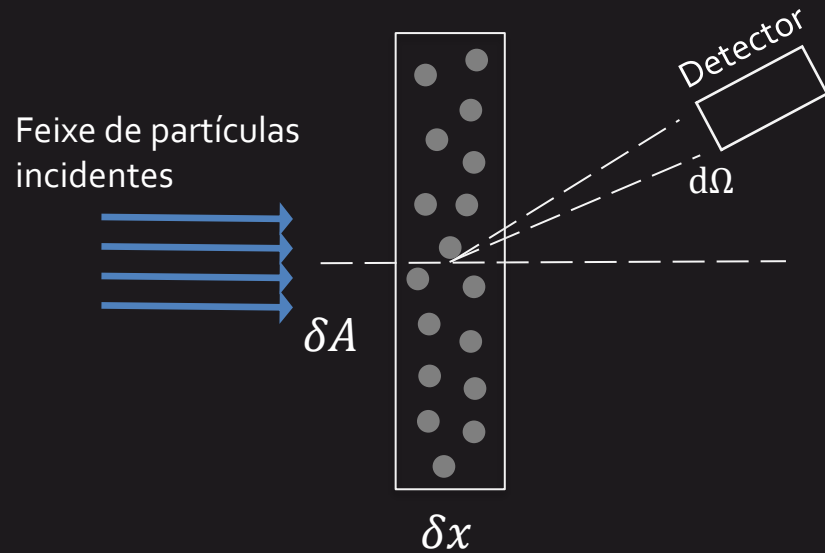
F : Fluxo de partículas incidentes, por unidade de área e de tempo.

dn_1 : Número de espalhamentos por unidade de tempo.

$d\sigma$: Seção de choque para o processo.

Probabilidade de espalhamento entre uma partícula do feixe e do alvo.

“Seção de choque”



Número de espalhamentos por unidade de tempo em um ângulo $d\Omega$, em um alvo de espessura δx :

$$\begin{aligned} dn &= F \delta A N_{alvo} \delta x d\sigma & \delta A: \text{Área com interação do feixe no alvo.} \\ &= n_{inc} N_{alvo} \delta x d\sigma & N_{alvo}: \text{Densidade de partículas} \\ & & \text{interagentes no alvo.} \end{aligned}$$

n_{inc} : Número de partículas incidentes do feixe por unidade de tempo.

Número total de espalhamentos pelo processo (com partículas espalhadas em qualquer direção):

$$n = n_{inc} N_{alvo} \delta x \sigma \quad \sigma: \text{Seção de choque do processo.}$$

Probabilidade de uma partícula do feixe interagir:

$$\text{prob.} = N_{alvo} \delta x \sigma$$

Para interação via qualquer processo: $\sigma^{Tot.} = \sum_i \sigma^{Proc.i}$