

DETECTORES

Características Gerais

O princípio básico dos detectores é a transferência de parte ou de toda a energia da radiação incidente para o material do detector, onde é convertida noutra forma, mais acessível à percepção humana.

A transferência da energia incidente faz-se por excitação e ionização dos átomos e/ou moléculas do material do detector.

A sua conversão depende de cada tipo de detector.

► Nos detectores gasosos (Ex.: Geiger-Müller) os electrões de ionização formam directamente o impulso eléctrico que será tratado pela electrónica associada.

► Nos detectores de cintilação (Ex.: plásticos) tanto a excitação como a ionização contribuem para induzir transições moleculares de que resulta emissão de luz.

► Em emulsões fotográficas a ionização induz reacções químicas que permitem visualizar a trajectória da partícula.

• Detectores de cintilação

Certos materiais, quando bombardeados com partículas carregadas ou radiações, emitem pequenos flashes de luz, isto é, cintilam.

Acoplados a um dispositivo de amplificação (como o fotomultiplicador - PM) as cintilações são convertidas em impulsos eléctricos que são tratados pela cadeia electrónica associada.

As suas mais importantes características gerais são:

- **Sensibilidade**: acima de um limiar em energia, muitos cintiladores exibem uma resposta quase linear à energia incidente
⇒ bons como espectrómetros de energia.
- **Resposta em tempo**: são rápidos, pois têm tempos de resposta e de recuperação muito pequenos (comparados com outros tipos de detectores)
⇒ bons para altas taxas de contagem, mantendo um tempo morto reduzido.
⇒ bons para definição em tempo dos eventos.

Os materiais cintiladores são luminescentes, isto é, quando sujeitos à luz, calor, radiação, etc, absorvem a energia e reemitem-na sob a forma de luz visível.

- Se a reemissão ocorre imediatamente ($\sim 10\text{ ns}$), tempo típico das transições atômicas, dá-se a **fluorescência**

- Se a reemissão for atrasada (alguns μs a horas) por criação de estados excitados **metastáveis**, dá-se a **fosforescência**.

Em muitos cintiladores há 2 componentes de reemissão, a **rápida** e a **lenta**, sendo a 1ª geralmente dominante.

Nem todos os materiais cintiladores servem para detectores. Os requisitos são:

- **grande eficiência** na conversão da energia em radiação **fluorescente**.
- **transparência** à radiação fluorescente para boa transmissão da luz ao fotocátodo do PM.
- **emissão numa região espectral** adequada à do material do fotocátodo do PM.
- **uma componente rápida** de reemissão de **pequena constante de decaimento**.

Os tipos de cintiladores usados são: **cristais e líquidos orgânicos, plásticos, cristais inorgânicos, gases e vidros.**

A título de exemplo, tabelam-se as diferenças entre plásticos e cristais inorgânicos.

→ ver figs.

	plásticos	cristais inorg:	Consequências
Z	baixo	alto	plásticos bons para e^- cristais bons para γ
Índice de refração	~ 1.58	~ 1.78	boas transparências
luz remi-tida	1	1 - 10	cristais: boa resolução em energia $\text{NaI(Tl)} = 2.3$
comp. rápida (const. decaim.)	2 - 4 ms	60 - 1000 ms	$\text{NaI(Tl)} = 230 \text{ ns}$
compr. onda (máxima emis) são	370 - 430 nm	300 - 450 nm	$\text{NaI(Tl)} = 413 \text{ nm}$
material higroscópico	não	Sim (em geral)	NaI(Tl) Sim BGO não

Nas figuras da página seguinte, cada diagrama representa o número de eventos adquiridos em função da amplitude do sinal recolhido (que, multiplicado pela constante de calibração dá a energia da partícula).

- O patamar (à esquerda) representa os eventos adquiridos em que só se deu a difusão de Compton, isto é, só houve recolha parcial da energia.

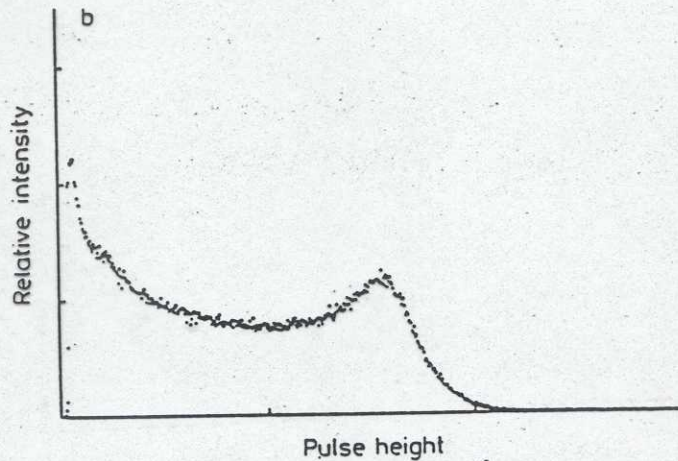
- O pico (à direita) corresponde aos eventos em que a energia total foi depositada no detector. Ou seja, a difusão de Compton seguiu-se o efeito fotoelétrico final, sendo a energia depositada relativa a estes dois processos sequenciais toda integrada no mesmo evento.

Na figura da página subsequente, o diagrama representa, comparando um detector de plástico com um de cristal, a probabilidade de ocorrência dos diferentes tipos de interação de fótons com a matéria:

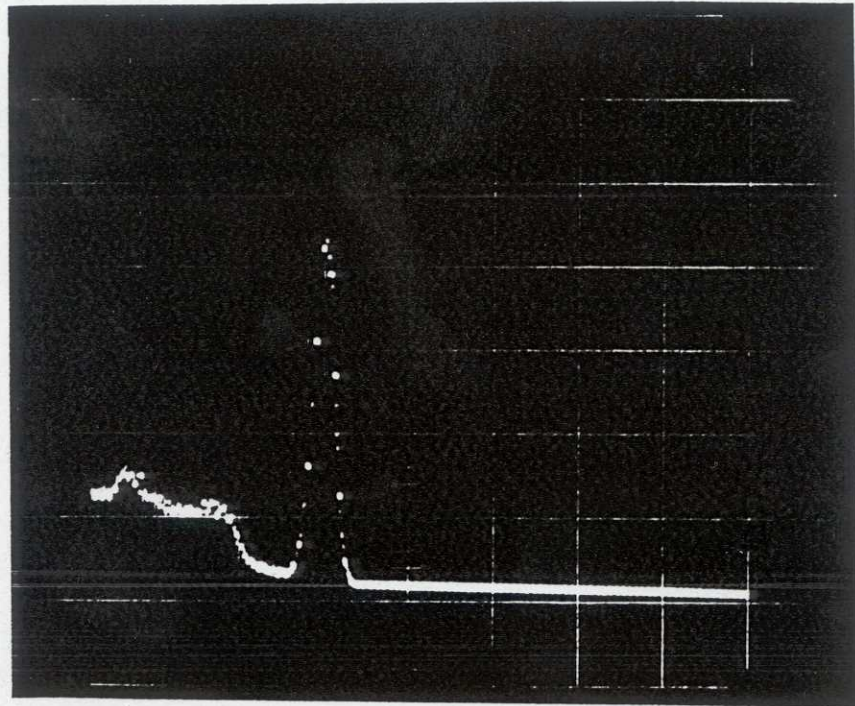
- efeito fotoelétrico, só importante a baixas energias
- efeito de Compton, importante a energias intermédias
- efeito de produção de pares, importante a energias elevadas (caso do cristal)

Deteccção de γ :

Plásticos:



Baixo \bar{z} \Rightarrow Má eficiência de recolha do sinal
Pouca cintilação \Rightarrow Má resolução dos picos e distribuições

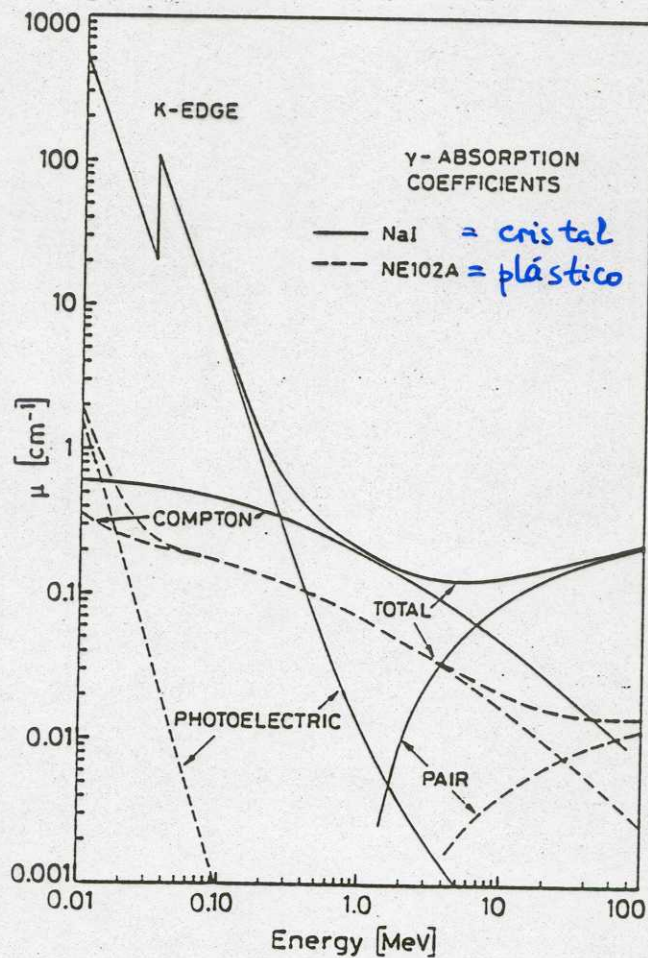


Cristais:

Alto \bar{z} \Rightarrow Boa eficiência na recolha da energia do γ
Muita cintilação \Rightarrow Boa resolução

Deteccção de γ :

Comparação dos coeficientes de absorção linear entre um plástico (NE102A) e um cristal inorgânico (NaI)



Comportamento típico das secções eficazes:

$$\sigma_{\text{fotoeléctrico}} \propto Z^5$$

$$\sigma_{\text{Compton}} \propto Z$$

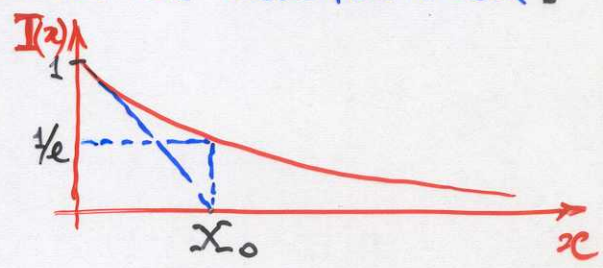
$$\sigma_{\text{prod. pares}} \propto Z^2$$

Plásticos cintilantes:

Recolha de luz:

A luz de cintilação pode perder-se por absorção pelo seu próprio material — é a atenuação exponencial com a distância.

$$I(x) = I_0 \exp(-x/\lambda_0)$$



Como o comprimento de atenuação $\lambda_0 \sim 1\text{m}$ nos plásticos, só para detectores compridos esta perda é significativa.

A luz de cintilação pode também escapar pelos bordos do plástico. Só a radiação que melles incide acima de θ_B (\neq de Brewster) se mantém dentro (reflexão total)

⇒ plástico é envolvido por reflector $\frac{n_{ar}}{n_{cint}} = \text{sen } \theta_B$

∴ material mais comum: folha reflectora de alumínio

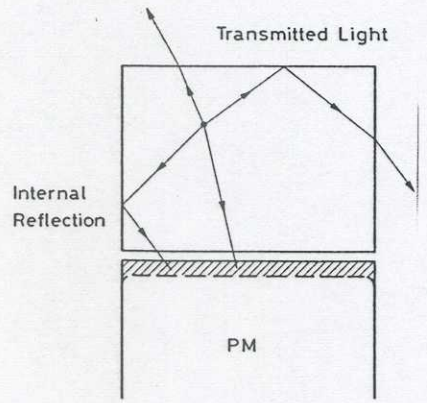


Fig. 9.1. Light collection in a typical scintillator

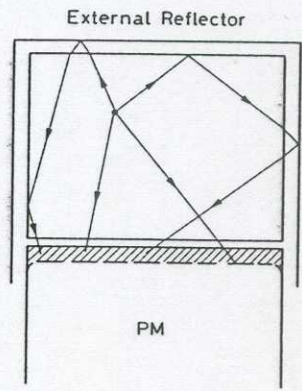


Fig. 9.2. Scintillator with an external reflector for improved light collection

o plástico é ainda revestido por um oleado preto, para se evitar a entrada de luz visível (ruído).

► Guias de luz:

○ acoplamento dos plásticos cintilantes, que podem ter formas variadas, aos fotomultiplicadores (PMS), faz-se através de guias de luz, fabricados em plexiglass, lucite ou perspex.

○ seu objectivo é transportar o sinal luminoso e adaptar a forma do plástico à do fotomultiplicador.

Também podem transformar o comprimento de onda λ da radiação cintilante produzida no plástico na mais adequada para excitar fotocátodo da forma mais eficiente, dado que este é especialmente sensível a uma certa gama de λ — são os guias de luz WLS (wave length shifters).

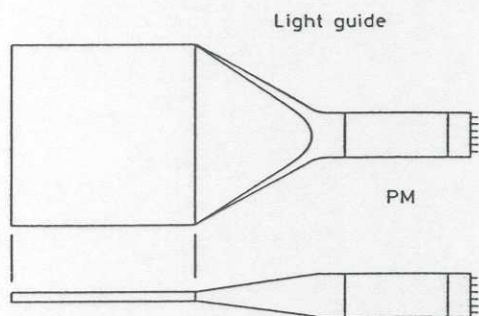


Fig. 9.6. Adapting a flat scintillator sheet to the circular face of a PM with a light guide

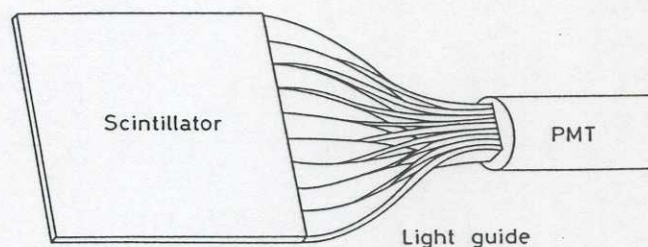


Fig. 9.7. The *twisted* light guide. Many strips of light guide material are glued on to the edge of the scintillator and then twisted 90° so as to fit onto the PM face

No contacto com o plástico cintilante usa-se cola e no contacto com o PM uma gordura com propriedades ópticas específicas.