

# Laboratório de Física Experimental Avançada I

## Trabalho de Laboratório

### Introdução ao detetor de cintilação

Nota prévia: Nesta sessão laboratorial não existe qualquer tipo de avaliação quer na aula quer como trabalho ou relatório a entregar posteriormente. No entanto os conteúdos da aula serão importantes para trabalhos posteriores e poderão ser avaliados em prova prática individual. Aconselha-se fortemente o uso de logbook para registo dos dados.

## 1. Introdução

Esta sessão laboratorial pretende introduzir os conceitos, detetores e técnicas utilizadas com detetores de cintilação que são muito utilizados em espectroscopia nuclear, nomeadamente em espectroscopia da radiação gama.

A montagem experimental consiste num cintilador de cristal de Iodeto de Sódio dopado com Tálcio, NaI(Tl), acoplado a um fotomultiplicador(PMT). O PMT requer uma tensão de polarização que depende do modelo específico. Normalmente, estes dispositivos já têm incorporado um pré-amplificador que transforma (amplifica e formata) o sinal primário num sinal que apresenta uma subida rápida e um retorno à base lento. Segue-se, na cadeia eletrónica, um amplificador que forma o sinal final.

O sinal pode ser visualizado num osciloscópio ou adquirido utilizando um analisador multicanal que constrói um histograma da amplitude dos sinais.

## 2. Familiarização com o detetor

- Esboce o esquema do detetor, identificando as componentes principais
- Identifique os parâmetros de operação do detetor
- Discuta com o Docente os parâmetros a utilizar e ligue, com supervisão do docente, o detetor
- Observe, no osciloscópio, os sinais ao longo da cadeia eletrónica, registando as suas características. Pode utilizar uma fonte, e.g.  $^{137}\text{Cs}$ , para facilitar a visualização.
- Ligue o analisador multicanal e adquira o espectro da fonte de  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{60}\text{Co}$
- Analise os espectros identificando e caracterizando as diferentes estruturas que possam estar presentes. Pretende-se uma descrição apenas do que se observa.
- Qual a relação entre a observação no osciloscópio e o espectro do Multicanal?

## 3. Calibração

- Calibre o sistema. Poderá utilizar o pulser NIM e a fonte de Césio.
- Estude a precisão da calibração/desvio sistemático
  - Qual a incerteza estatística do valor médio do pico utilizado? Como se relaciona com o tempo de aquisição?
  - Estime a incerteza sistemática. Pode ver a linearidade com o pulser. Pode utilizar outros pontos obtidos com outras fontes radioactivas.
  - Utilize o pulser para gerar um ponto de calibração. Estime a incerteza na regulação do pulser. Nota: Não é metade da menor divisão da escala.

- Qual a estatística que deve ser utilizada por forma a ter uma incerteza de 10% no número de contagens do pico de absorção total do Césio? E 1%? E 0.1%?
- Qual a estatística que deve ser utilizada por forma a ter uma incerteza de 10% na posição do centroide do pico de absorção total do Césio? E 1%? E 0.1%?

#### 4. Radiação ambiente / fundo

- Faça uma aquisição sem a presença de uma fonte radioativa.
- O sistema regista eventos na ausência de uma fonte radioativa?
- Compare a taxa de eventos com as outras aquisições.
- Consegue identificar alguma estrutura? Quanto tempo necessitaria para ter uma incerteza de 10% na taxa de eventos no pico de absorção total do  $^{40}\text{K}$ ? E 1%? E para o valor do centroide?

## Anexo

Os espectros de energia observados nos detectores de cintilação são, na maior parte das vezes, caracterizados por um conjunto de estruturas:

- **Pico de Raio X**  
Algumas fontes / materiais emitem raios X. Devido à baixa energia são na maior parte das vezes totalmente absorvidos no detector. Geram um pico gaussiano a baixas energias que corresponde à sua energia. Por exemplo a fonte de  $^{137}\text{Cs}$  emite um raio X com 32 keV de energia
- **Patamar de Compton**  
As partículas gama podem interagir por Compton. Deste processo resultam um electrão e um gama difundido. Se o gama difundido escapar do detector é depositada apenas uma parte da energia que depende das condições da interacção. Teoricamente a energia depositada situa-se entre  $E_{min} = 0$  e  $E_{max} = \frac{E_\gamma}{1 + 2 \cdot E_\gamma / 511 \text{ keV}}$
- **Joelho de Compton**  
Corresponde ao fim do patamar de Compton.
- **Pico de retrodifusão (backscattering)**  
Se uma partícula gama interagir por efeito Compton mas, ao contrário do caso do patamar de compton, o electrão escapar e o fotão difundido depositar toda a sua energia.
- **Pico de absorção total**  
Quando a energia da partícula gama é totalmente depositada no detector. No caso de um detector ideal o sinal seria sempre o mesmo para partículas iniciais com a mesma energia. Com a colecção de vários eventos observar-se-ia um pico muito estreito. No caso do detector real observa-se que os eventos se acumulam de acordo com um pico gaussiano com uma determinada dispersão. Esta dispersão está relacionada com a resolução em energia do detetor.
- **Fundo**  
Existe sempre algumas partículas gama que atingem o detector, originadas por diferentes materiais existentes no ambiente. Mesmo sem fonte radioactiva registam-se alguns eventos. Esta componente é referida como fundo ou como radiação ambiente. Os eventos com baixa energia depositada no detector são tipicamente mais frequentes. Alguns elementos radioactivos são mais abundantes.

Tabelas onde podem ser consultadas as energias dos gamas emitidos por diferentes núclídeos.

- The Lund/LBNL Nuclear Data Search  
<http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/>
- NuDat 2.8  
<https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>

Fórmula de compton

$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)}$$

$E'_\gamma$  : Energia do fotão difundido  
 $E_\gamma$  : Energia do fotão incidente  
 $\theta$  : ângulo do fotão emitido  
 $m_e$  : massa do electrão