

Detectores Cintiladores

Gabriel Barros
gbarros@dfn.if.usp.br

22 de Novembro de 2006

- 1 Introdução
- 2 Características Gerais
- 3 Tipos de Cintiladores
- 4 Técnicas
- 5 Bibliografia

Introdução

Introdução

Crookes (1903): ZnS e partículas- α

Introdução

Crookes (1903): ZnS e partículas- α
Geiger e Marsden

Introdução

Crookes (1903): ZnS e partículas- α
Geiger e Marsden

Curran e Baker (1944): Utilização de PMT

Introdução

Crookes (1903): ZnS e partículas- α
Geiger e Marsden

Curran e Baker (1944): Utilização de PMT

Funcionamento: Emissão de sinais luminosos

Introdução

Crookes (1903): ZnS e partículas- α
Geiger e Marsden

Curran e Baker (1944): Utilização de PMT

Funcionamento: Emissão de sinais luminosos

Utilização: Física Nuclear e de Partículas.

Características Gerais

Características Gerais

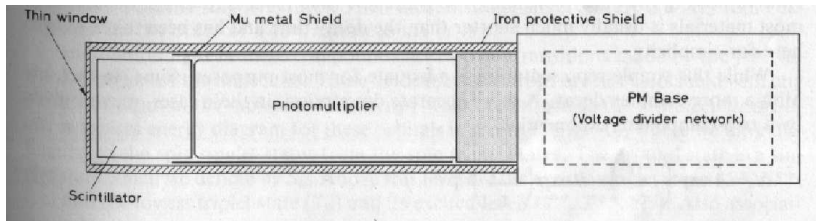


Figura: Esquema de um detector cintilador acoplado a uma PMT

Material: cintilador

Características Gerais

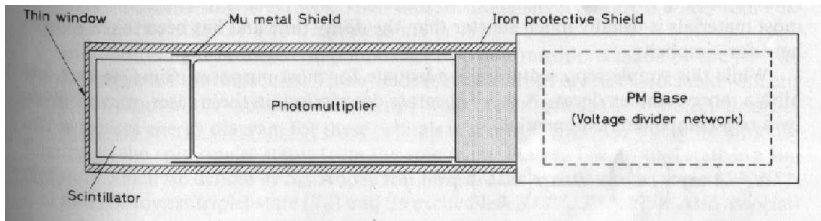


Figura: Esquema de um detector cintilador acoplado a uma PMT

Material: cintilador

Fotomultiplicadora (PMT): detecção do sinal luminoso

Algumas utilidades

Algumas utilidades

Sensíveis à energia: Linearidade

PMT linear \Rightarrow sinal coletado \propto energia

Algumas utilidades

Sensíveis à energia: Linearidade

PMT linear \Rightarrow sinal coletado \propto energia

Baixo tempo de resposta: Baixo tempo morto

Distinção entre dois eventos

Eventos com alta taxa de contagem

Algumas utilidades

Sensíveis à energia: Linearidade

PMT linear \Rightarrow sinal coletado \propto energia

Baixo tempo de resposta: Baixo tempo morto

Distinção entre dois eventos

Eventos com alta taxa de contagem

PSD: Discriminação pela forma do sinal

Mecanismos diferentes de fluorescência

Distinção de radiação incidente

Parede de Nêutrons

Mecanismos de Fluorescência

Mecanismos de Fluorescência

Mecanismos de Emissão de luz:

Mecanismos de Fluorescência

Mecanismos de Emissão de luz:

Fluorescência: reemissão até $10^{-8}s$
tempo para transições atômicas

Mecanismos de Fluorescência

Mecanismos de Emissão de luz:

Fluorescência: reemissão até $10^{-8}s$
tempo para transições atômicas

Fosforescência: reemissão demorada
estado excitado é um meta-estado

Um bom cintilador

Um bom cintilador

Eficiência: na conversão da radiação incidente em pulso luminoso

Um bom cintilador

Eficiência: na conversão da radiação incidente em pulso luminoso

Transparente à radiação fluorescente

Um bom cintilador

Eficiência: na conversão da radiação incidente em pulso luminoso

Transparente à radiação fluorescente

Espectro de emissão: compatível com o da PMT

Um bom cintilador

Eficiência: na conversão da radiação incidente em pulso luminoso

Transparente à radiação fluorescente

Espectro de emissão: compatível com o da PMT

Baixo tempo de decaimento

Tipos de Cintiladores

Tipos de Cintiladores

Seis tipos

Tipos de Cintiladores

Seis tipos

Orgânicos: Plásticos
Cristais
Líquidos

Tipos de Cintiladores

Seis tipos

Orgânicos: Plásticos
Cristais
Líquidos

Cristais Inorgânicos

Tipos de Cintiladores

Seis tipos

Orgânicos: Plásticos
Cristais
Líquidos

Cristais Inorgânicos

Gasosos

Tipos de Cintiladores

Seis tipos

Orgânicos: Plásticos
Cristais
Líquidos

Cristais Inorgânicos

Gasosos

Vítreos

Orgânicos

Orgânicos

Composição: hidrocarbonetos aromáticos com anéis benzênicos

Soluto: cintilador orgânico

Solvente: orgânico

Orgânicos

Composição: hidrocarbonetos aromáticos com anéis benzênicos

Soluto: cintilador orgânico

Solvente: orgânico

Tempo de Decaimento: $\sim ns$ ou menos

Orgânicos - Plásticos

Orgânicos - Plásticos

Solvente: plásticos sólidos

Orgânicos - Plásticos

Solvente: plásticos sólidos

Tipos: poliviniltolueno, polifenilbenzeno e poliestireno

Orgânicos - Plásticos

Solvente: plásticos sólidos

Tipos: poliviniltolueno, polifenilbenzeno e poliestireno

Prós: facilmente confeccionados para a geometria desejada

Orgânicos - Plásticos

Solvente: plásticos sólidos

Tipos: poliviniltolueno, polifenilbenzeno e poliestireno

Prós: facilmente confeccionados para a geometria desejada

Cuidados: não são resistentes a ácidos

Orgânicos - Cristais

Orgânicos - Cristais

Mais comuns: Antraceno ($C_{14}H_{10}$), Naftaleno ($C_{14}H_{10}$) e *trans-stilbene* ($C_{14}H_{12}$)

Orgânicos - Cristais

Mais comuns: Antraceno ($C_{14}H_{10}$), Naftaleno ($C_{14}H_{10}$) e *trans-stilbene* ($C_{14}H_{12}$)

Anisotropia: sinal luminoso depende da orientação do cristal

Orgânicos - Cristais

Mais comuns: Antraceno ($C_{14}H_{10}$), Naftaleno ($C_{14}H_{10}$) e *trans-stilbene* ($C_{14}H_{12}$)

Anisotropia: sinal luminoso depende da orientação do cristal

Contra: cristais rígidos \Rightarrow dificuldade em obter a geometria desejada

Orgânicos - Cristais

Mais comuns: Antraceno ($C_{14}H_{10}$), Naftaleno ($C_{14}H_{10}$) e *trans-stilbene* ($C_{14}H_{12}$)

Anisotropia: sinal luminoso depende da orientação do cristal

Contra: cristais rígidos \Rightarrow dificuldade em obter a geometria desejada

Antraceno: melhor sinal luminoso

Orgânicos - Líquidos

Orgânicos - Líquidos

Composição: solução de um ou mais cintiladores orgânicos

Orgânicos - Líquidos

Composição: solução de um ou mais cintiladores orgânicos

Cintilação: detalhes do mecanismo não muito claros

Orgânicos - Líquidos

Composição: solução de um ou mais cintiladores orgânicos

Cintilação: detalhes do mecanismo não muito claros

Solutos: $C_{18}H_{14}$, PBD, PPO e POPOP

Orgânicos - Líquidos

Composição: solução de um ou mais cintiladores orgânicos

Cintilação: detalhes do mecanismo não muito claros

Solutos: $C_{18}H_{14}$, PBD, PPO e POPOP

Solventes: xileno, tolueno e benzeno

Orgânicos - Líquidos

Composição: solução de um ou mais cintiladores orgânicos

Cintilação: detalhes do mecanismo não muito claros

Solutos: $C_{18}H_{14}$, PBD, PPO e POPOP

Solventes: xileno, tolueno e benzeno

Tempo de decaimento: ~ 3 a $4ns$

Orgânicos - Líquidos

Composição: solução de um ou mais cintiladores orgânicos

Cintilação: detalhes do mecanismo não muito claros

Solutos: $C_{18}H_{14}$, PBD, PPO e POPOP

Solventes: xileno, tolueno e benzeno

Tempo de decaimento: ~ 3 a $4ns$

Dopagem: Boro-11
eficiente para detecção de nêutrons

Orgânicos - Líquidos

Composição: solução de um ou mais cintiladores orgânicos

Cintilação: detalhes do mecanismo não muito claros

Solutos: $C_{18}H_{14}$, PBD, PPO e POPOP

Solventes: xileno, tolueno e benzeno

Tempo de decaimento: ~ 3 a $4ns$

Dopagem: Boro-11

eficiente para detecção de nêutrons

Impurezas: bastante sensíveis

Cristais Inorgânicos

Cristais Inorgânicos

Composição: principalmente halógenos alcalinos ativados com impurezas

Mais comum: $NaI(Tl)$

Também utilizado: $CsI(Tl)$

Cristais Inorgânicos

Composição: principalmente halógenos alcalinos ativados com impurezas

Mais comum: $NaI(Tl)$

Também utilizado: $CsI(Tl)$

Tempo de decaimento: $\sim 500ns$

Cristais Inorgânicos

Composição: principalmente halógenos alcalinos ativados com impurezas

Mais comum: $NaI(Tl)$

Também utilizado: $CsI(Tl)$

Tempo de decaimento: $\sim 500ns$

Contra: higroscópico

Cristais Inorgânicos

Composição: principalmente halógenos alcalinos ativados com impurezas

Mais comum: $NaI(Tl)$

Também utilizado: $CsI(Tl)$

Tempo de decaimento: $\sim 500ns$

Contra: higroscópico

Prós: alto *stopping power*

Alta resolução em energia (γ , e^+ e e^- de altas energias)

Cristais Inorgânicos

Composição: principalmente halógenos alcalinos ativados com impurezas

Mais comum: $NaI(Tl)$

Também utilizado: $CsI(Tl)$

Tempo de decaimento: $\sim 500ns$

Contra: higroscópico

Prós: alto *stopping power*

Alta resolução em energia (γ , e^+ e e^- de altas energias)

Cintilação: estrutura eletrônica de bandas

Gasosos

Gasosos

Gases: Nobres (*Xe, Kr, Ar e He*)
e Nitrogênio

Gasosos

Gases: Nobres (*Xe, Kr, Ar e He*)
e Nitrogênio

Tempo de resposta: $\sim 1ns$

Gasosos

Gases: Nobres (*Xe, Kr, Ar e He*)
e Nitrogênio

Tempo de resposta: $\sim 1ns$

Inconveniente: emissão na faixa do *u.v.*
PMT ineficientes para detecção

Solução: *wavelength shifters*
absorvem *uv* e emitem *azul-verde*

Gasosos

Gases: Nobres (*Xe, Kr, Ar e He*)
e Nitrogênio

Tempo de resposta: $\sim 1ns$

Inconveniente: emissão na faixa do *u.v.*
PMT ineficientes para detecção

Solução: *wavelength shifters*
absorvem *uv* e emitem *azul-verde*

Emprego: atualmente em Física Espacial

Vítreos

Vítreatos

Tipos: Lítio com Cério Ativo
Silicatos de Boro

Vítreos

Tipos: Lítio com Cério Ativo
Silicatos de Boro

Emprego: Principalmente detecção de nêutrons
Utilizado também para radiações γ e β

Vítreos

Tipos: Lítio com Cério Ativo
Silicatos de Boro

Emprego: Principalmente detecção de nêutrons
Utilizado também para radiações γ e β

Bastante resistentes: Exceto ao ácido fluorídrico (HF)
Alto ponto de fusão

Tecnicidades

Tecnicidades

Sinal: conversão da radiação incidente em fótons

Tecnicidades

Sinal: conversão da radiação incidente em fótons

Energia: existe uma energia mínima para emissão de fótons

Tecnicidades

Sinal: conversão da radiação incidente em fótons

Energia: existe uma energia mínima para emissão de fótons

Linearidade: resposta do cintilador depende da energia e do tipo da radiação incidente

Tecnicidades

Sinal: conversão da radiação incidente em fótons

Energia: existe uma energia mínima para emissão de fótons

Linearidade: resposta do cintilador depende da energia e do tipo da radiação incidente

Temperatura: fraca dependência à temperatura ambiente

Pulse Shape Discrimination (PSD)

Pulse Shape Discrimination (PSD)

“Mecanismo”: componentes rápida *versus* lenta

Pulse Shape Discrimination (PSD)

“Mecanismo”: componentes rápida *versus* lenta

Finalidade: radiação incidente

Pulse Shape Discrimination (PSD)

“Mecanismo”: componentes rápida *versus* lenta

Finalidade: radiação incidente

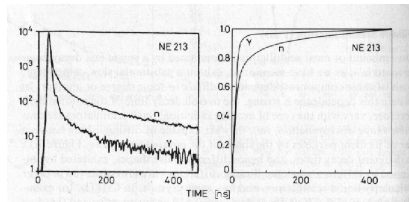


Figura: PSD para distinção de nêutrons e raios- γ

Pulse Shape Discrimination (PSD)

“Mecanismo”: componentes rápida *versus* lenta

Finalidade: radiação incidente

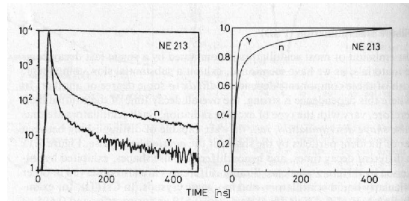


Figura: PSD para distinção de nêutrons e raios- γ

Nêutrons: espalhamento de prótons

Pulse Shape Discrimination (PSD)

“Mecanismo”: componentes rápida *versus* lenta

Finalidade: radiação incidente

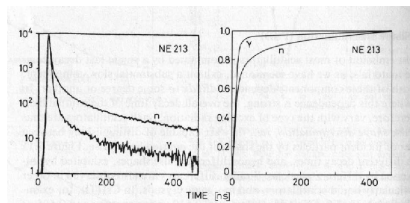


Figura: PSD para distinção de nêutrons e raios- γ

Nêutrons: espalhamento de prótons

Raios- γ : efeitos fotoelétrico e Compton e produção de pares

Detecção

Considerações

Detecção

Considerações

Mecanismo: interação da radiação com a matéria

Seção de choque: livre caminho médio

Resposta: luminescência

Detecção

Considerações

Mecanismo: interação da radiação com a matéria

Seção de choque: livre caminho médio

Resposta: luminescência

Íons pesados

Detecção

Considerações

Mecanismo: interação da radiação com a matéria

Seção de choque: livre caminho médio

Resposta: luminescência

Íons pesados

Inorgânicos: melhor sinal

Nal: alto *stopping power* \Rightarrow boa resolução em energia

Detecção

Considerações

Mecanismo: interação da radiação com a matéria

Seção de choque: livre caminho médio

Resposta: luminescência

Íons pesados

Inorgânicos: melhor sinal

***Nal*:** alto *stopping power* \Rightarrow boa resolução em energia

Exemplo: partícula- α

***ZnS*:** baixa resolução em energia
eventos com baixa taxa de contagem

Detecção

Elétrons

Detecção

Elétrons

Eficiência: $\sim 100\%$

Dificuldades: espalhamentos laterais e traseiros

Solução: incidência perpendicular ou detector de geometria 4π

Detecção

Elétrons

Eficiência: $\sim 100\%$

Dificuldades: espalhamentos laterais e traseiros

Solução: incidência perpendicular ou detector de geometria 4π

Raios- γ

Cintilação: efeitos fotoelétrico e produção de pares

Característica: Seção de Choque

Detecção

Elétrons

Eficiência: $\sim 100\%$

Dificuldades: espalhamentos laterais e traseiros

Solução: incidência perpendicular ou detector de geometria 4π

Raios- γ

Cintilação: efeitos fotoelétrico e produção de pares

Característica: Seção de Choque

Nêutrons

Cintilação: ionização e excitação

Rápidos: reação (n, p) - NE213

Térmicos: reações (n, γ) e (n, α) - ${}^6\text{Li}$ e ${}^{10}\text{B}$

Bibliografia

Bibliografia

*Technique for Nuclear and Particle Physics
Experiments: A How-to Approach*, W. R. Leo,
Second Revised Edition, Springer-Verlag, Berlin,
Heidelberg (1994)