

NOVA **DIDACTA**

Sistemas Didáticos



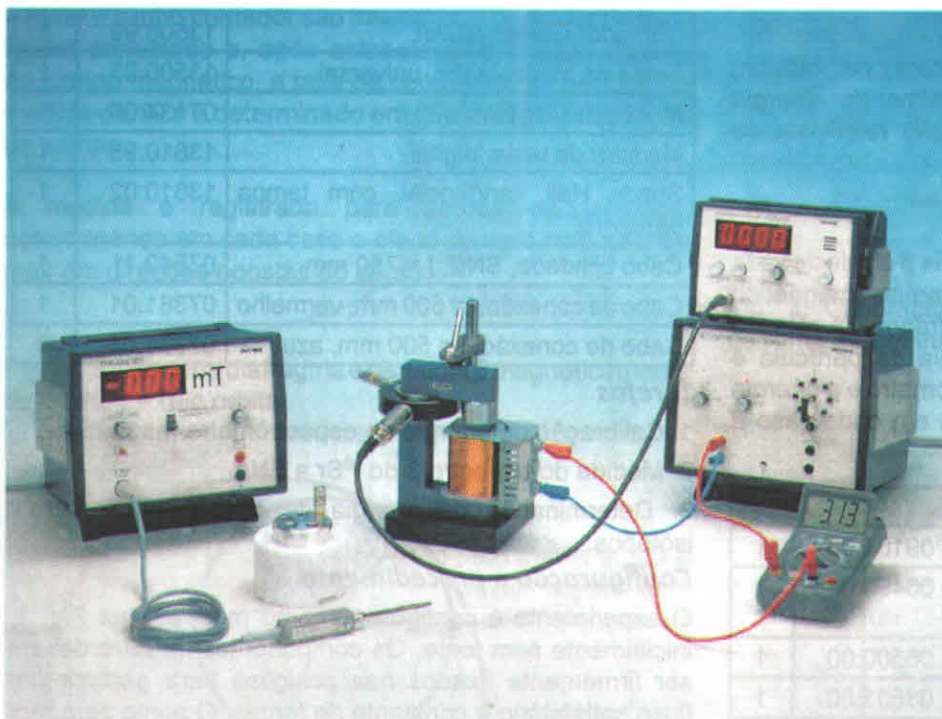
PHYWE

Radioatividade
Espectroscópio β

P2523200

MANUAL DO USUÁRIO

Soluções Tecnológicas



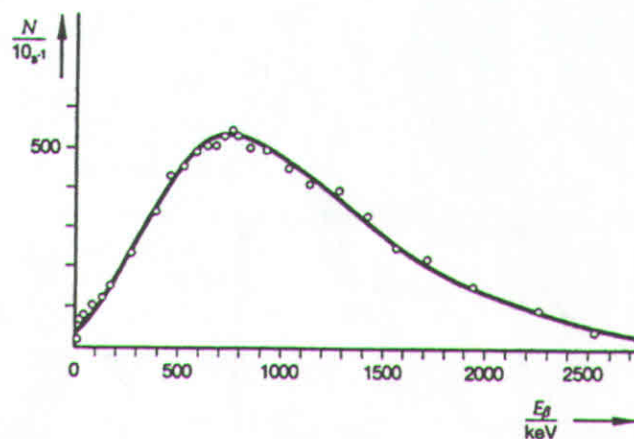
O que você pode aprender sobre este assunto...

- Decaimento β^-
- Decaimento β^+
- Captura de elétron
- Neutrino
- Póstron
- Diagrama de decaimento
- Energia de decaimento
- Energia latente
- Equação relativista de Lorentz

Princípio:

A radiação dos núcleos atômicos instáveis β é selecionada com base nos seus pulsos num campo magnético transverso, usando um sistema de diafragma. A relação entre a corrente da bobina e a energia da partícula é determinada para calibração do espectrômetro e a energia de decaimento da transição β é obtida em cada caso a partir da espectro β .

O que você precisa:			
Espectroscópio Beta	✓ ✓	09104.00	1
Núcleo de ferro, sólido, comprimento 25 mm	✓ ✓	06490.01	1
Núcleo de ferro, forma de haste, laminado	✓ ✓	06500.00	1
Núcleo de ferro, forma de U, laminado	✓ ✓	06501.00	1
Dispositivo de grampeamento	✓ ✓	06506.00	1
Bobina, 600 espiras	✓ ✓	06514.01	1
Fonte radioativa, Na-22, 74kBq	✓ *	09047.52	1
Fonte radioativa, Sr-90, 74kBq	✓	09047.53	1
Tubo de contagem, tipo A, BNC	✓ ✓	09025.11	1
Contador Geiger-Müller	✓ ✓	13606.99	1
Fonte de alimentação, universal	✓ ✓	13500.93	1
Multímetro digital 2010	✓ ✓	07128.00	1
Medidor de tesla, digital	✓ ✓	13610.93	1
Sonda Hall, tangencial, com tampa protetora	✓ ✓	13610.02	1
Cabo blindado, BNC, l = 750 mm	✓ ✓	07542.11	1
Cabo de conexão, plugue 4 mm, 32 A, vermelho, l = 50 cm	✓ ✓	07361.01	1
Cabo de conexão, plugue 4 mm, 32 A, azul, l = 50 cm	✓ ✓	07361.04	2
Conjunto Completo de Equipamentos, Manual em CD-ROM incluso			
Espectroscópio β P2523200			



Espectro β de ^{90}Sr .

Tarefas:

1. Calibração de energia do espectrômetro magnético.
2. Medida do espectro β do ^{90}Sr e ^{22}Na .
3. Determinação da energia de decaimento de dois isótopos.

Tópicos relacionados

Decaimento β^- , decaimento β^+ , captura de elétron, neutrino, pósitron, diagrama de decaimento, energia de decaimento, energia latente, equação relativista de Lorentz.

Princípio

A radiação dos núcleos atômicos instáveis β é selecionada com base nos seus pulsos num campo magnético transverso, usando um sistema de diafragma. A relação entre a corrente da bobina e a energia da partícula é determinada para calibração do espectrômetro e a energia de decaimento da transição β é obtida em cada caso a partir da espectro β .

Contador Geiger-Müller	13606.99	1
Fonte de alimentação, universal	13500.93	1
Multímetro digital	07134.00	1
Medidor de tesla, digital	13610.93	1
Sonda Hall, tangencial, com tampa protetora	13610.02	1
Cabo blindado, BNC, l = 750 mm	07542.11	1
Cabo de conexão, l = 500 mm, vermelho	07361.01	1
Cabo de conexão, l = 500 mm, azul	07361.04	2

Tarefas

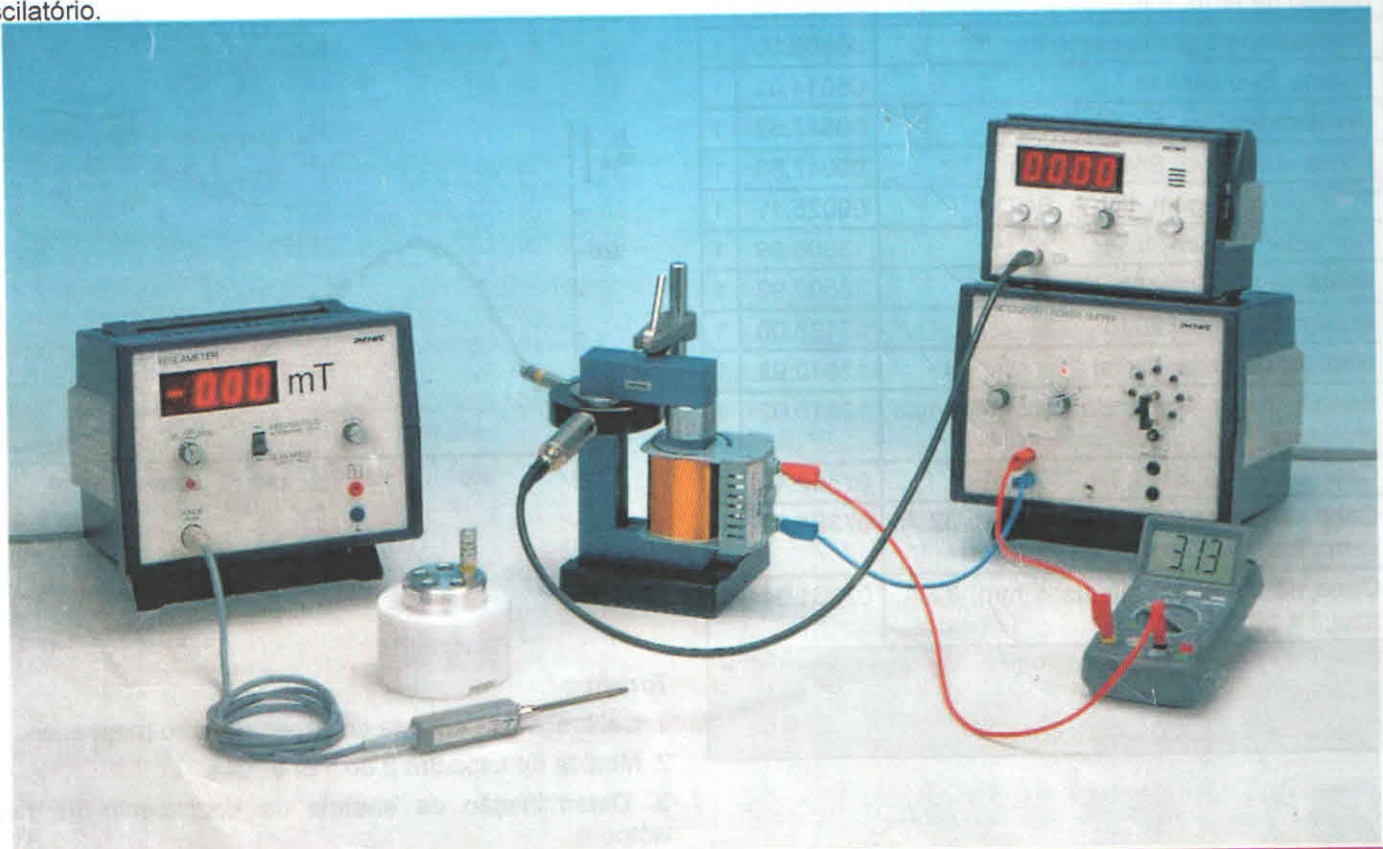
1. Calibração de energia do espectrômetro magnético.
2. Medida do espectro β do ^{90}Sr e ^{22}Na .
3. Determinação da energia de decaimento de dois isótopos.

Configuração e procedimento

O experimento é configurado como mostrado na Fig. 1, inicialmente sem fonte. Os componentes de ferro devem ser firmemente fixados nas posições para garantir um fluxo satisfatório e constante de forças. O ponto zero tem que ser ajustado no instrumento de medida de campo magnético, antes da sonda Hall tangencial ser introduzida através da abertura lateral. A relação entre a corrente da bobina e a densidade de fluxo magnético é determinada. As medidas são executadas em ambas as direções do campo magnético (veja Fig. 3).

Equipamento:		
Espectroscópio Beta	09104.00	1
Núcleo de ferro, sólido, comprimento 25 mm	06490.01	1
Núcleo de ferro, curto, laminado	06500.00	1
Núcleo de ferro, forma de U, laminado	06501.00	1
Dispositivo de grampeamento	06506.00	1
Bobina, 600 espiras	06514.01	1
Fonte radioativa, Na-22, 74 kBq	09047.52	1
Fonte radioativa, Sr-90, 74 kBq	09047.53	1
Tubo de contagem, tipo A, BNC	09025.11	1

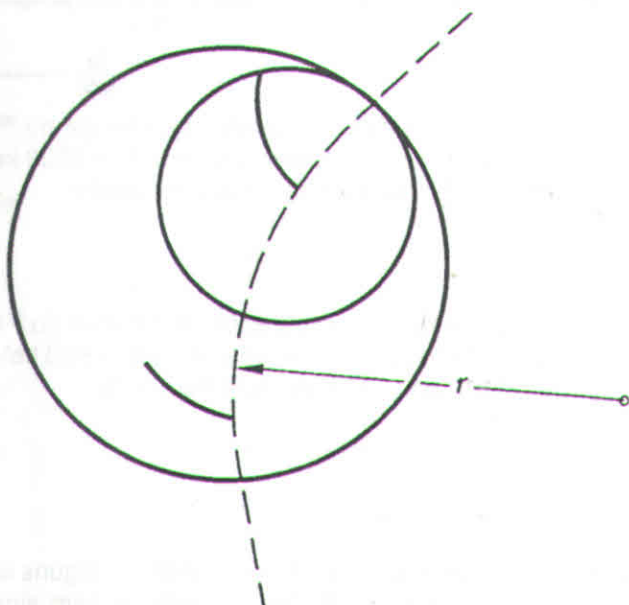
Fig. 1: Configuração experimental para determinar a indutância a partir da frequência ressonante de um circuito oscilatório.



A fonte e o tubo contador são inseridos, o contador Geiger-Müller conectado e, após estabelecer a direção correta do campo magnético, a taxa de contagem por período de medida de 10 s é determinado em diferentes intensidades de campo.

A medida é registrada para ambos os isótopos, determinando em cada caso o efeito de zero com a fonte, mas em direções opostas do campo.

Fig. 2a: Sistema de diafragma e partícula β magneticamente defletida; r = raio orbital.



Teoria e avaliação

As partículas β são selecionadas no espectroscópio β com base na sua energia obrigando-os a seguir uma órbita fixa usando diafragmas em um campo magnético homogêneo (Fig. 2a e 2b).

Nesta órbita a força de Lorentz, devido ao campo magnético cruzado, e a força centrífuga estão em equilíbrio:

$$e \cdot v \cdot m = \frac{m v^2}{r}$$

Isto produz a seguinte expressão para o momento:

$$p = m \cdot v = e \cdot B \cdot r.$$

A equação para as partículas realísticas com o momento é então

$$\frac{E^2}{c^2} = p^2 + m_0^2 c^2$$

Fig. 2b: Espectroscópio β : 1) parede não magnetizável; 2) entrada para amostra; 3) íris; 4) entrada para sonda Hall tangencial; 5) suporte do tubo contador; 6) íris.

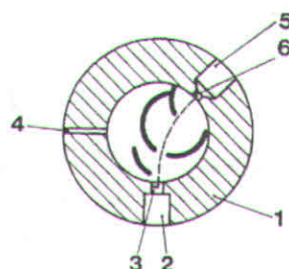
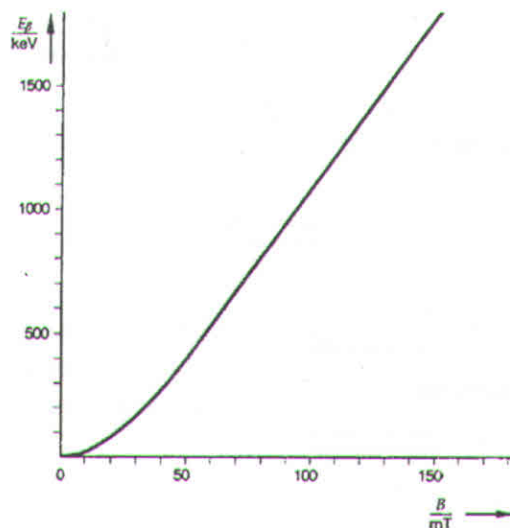


Fig. 3: Calibração do espectroscópio: relação entre a corrente da bobina e a energia da partícula selecionada.



na qual E denota a energia total das partículas, composta de energia cinética E_{kin} e energia latente $m_0 c^2$

$$E = E_{kin} + m_0 \cdot c^2.$$

A energia cinética é assim.

$$E_{kin} = \sqrt{(eBrc)^2 + m_0^2 c^4} - m_0 c^2.$$

Com um raio orbital dado de $r = 50$ mm, é possível fixar uma energia de partícula específica para cada intensidade de campo magnético e para cada intensidade de corrente.

O processo de decaimento β^- nos núcleos atômicos resulta na conversão de um nêutron n em um próton p e um elétron e^- , que deixa o núcleo, e em um antineutrino $\bar{\nu}$ que é difícil de detectar. A equação completa de decaimento então fica como a seguir:



O decaimento β^+ provoca a ocorrência de um pósitron, em que a equação de decaimento será:



A energia de decaimento E_z é liberada durante a conversão (Figs. 4 e 5).

Como o neutrino carrega com ele uma parte da energia de decaimento, a magnitude da qual não pode ser determinada, uma distribuição contínua de energia ocorre na qual todos os valores de energia desde 0 até E_z ocorrem.

Fig. 4: Diagrama de decaimento de ^{90}Sr .

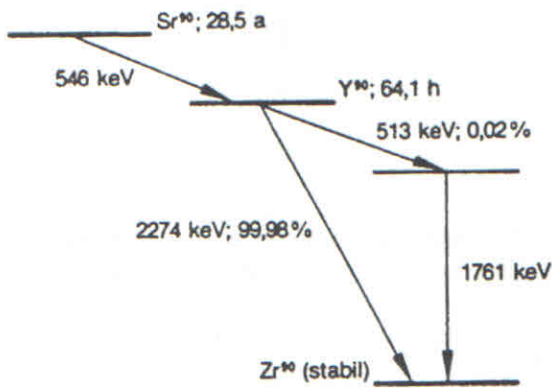
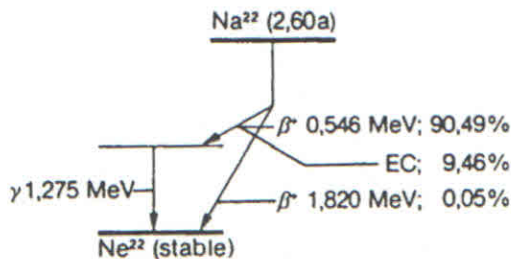


Fig. 5: Diagrama de decaimento de ^{22}Na .



Outra característica do espectro β é sua energia E_h mais freqüente que será sempre um terço da energia máxima E_z :

$$E_h = \frac{1}{3} E_z.$$

A energia E_h mais freqüente pode ser determinada com uma precisão muito maior que a energia máxima E_z , pois na extremidade superior o espectro passa com uma inclinação fixa sobre o eixo zero.

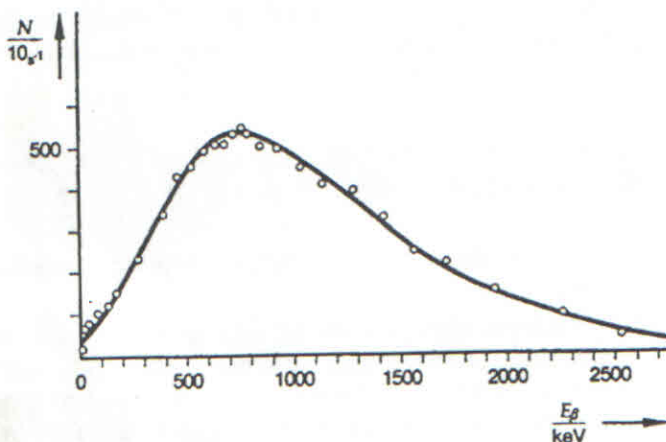
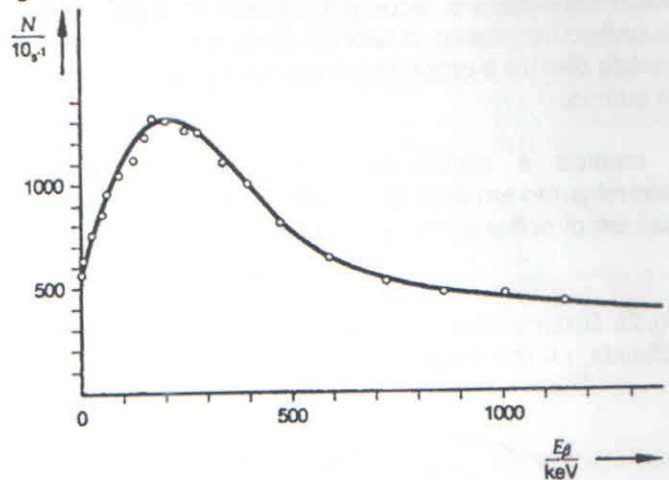


Fig. 6: Espectro β do ^{90}Sr .

Fig. 7: Espectro β do ^{22}Na .



A Fig. 6 revela com base no espectro de energia do ^{90}Sr uma energia máxima de aproximadamente $E_z = 2500 \text{ keV}$ e o seguinte valor para a energia mais freqüente:

$$E_h = 740 \pm 30 \text{ keV}.$$

A Fig. 7 revela com base no espectro de energia do ^{22}Na uma energia máxima de aproximadamente $E_z = 900 \text{ keV}$ e o seguinte valor para a energia mais freqüente:

$$E_h = 210 \pm 30 \text{ keV}.$$

Notas

1. A direção do campo magnético irá variar em alguns dos experimentos, pois as partículas de radiação têm sinais diferentes.
2. Um exame mais cuidadoso revela que o escalonamento das intensidades espectrais não é constante no espectro medido pelas seguintes razões:
 - (a) a largura interna por medida de energia é uma janela de momento e não uma janela de energia.
 - (b) a probabilidade de resposta do tubo contador e a resolução do espectrômetro são dependentes da energia.

Os espectros são como resultados distorcidos, embora isto não afete seu valor preditivo em relação às energias.

3. O fundo altamente intensificado no espectro de ^{22}Na é atribuído à radiação de aniquilação de 511 keV.
4. Os espectros são compostos de várias frações em ambos os casos. Em conjunto com a resolução limitada do espectrômetro, isto resulta em um erro de medida sistemático. A energia de partícula mais freqüente está de acordo com os valores teóricos para ambos os isótopos dentro dos limites da precisão da medida.