

УПРАЖНЕНИЕ 28. АНАЛИЗ НА НЕПРЕКЪСНАТ β -СПЕКТЪР

Цел на упражнението е изучаването на характерните особености на β -спектър на радиоактивен източник $^{90}\text{Sr}(^{90}\text{Y})$.

Теоретични бележки

Подробности за основните факти и дефиниции, свързани с излъчването на β -лъчи, са представени в Допълнение 4.

Основната задача в упражнението е да се регистрират електрони с предварително избрани енергии от непрекъснатия β -спектър на $^{90}\text{Sr}(^{90}\text{Y})$ чрез разделянето им по импулси в магнитно поле. Както е известно, траекторията на електрон, движещ се в напречно хомогенно магнитно поле с индукция $\vec{B}$, представлява окръжност с радиус ρ . Уравнението на движение на електрона се получава от изравняване на лоренцовата сила $\vec{F}_\text{л} = e(\vec{v} \times \vec{B})$ с центробежната сила $F_\text{ц} = m_0 v^2 / \rho$:

$$(II.65) \quad evB = (m_0 v^2) / \rho ,$$

където v е скоростта на електрона, а e – неговият заряд. Или

$$(II.66) \quad B\rho = m_0 v / e.$$

Вижда се, че импулсът на електрона се изразява с произведението $B\rho$. При фиксиран радиус на траекторията импулсът на излизащите от магнитното поле електрони се определя от големината на магнитната индукция B .

Като се използват релативистичните изрази за енергията и импулса на електрона, за неговата кинетична енергия се получава израза

$$(II.67) \quad T = \sqrt{(m_0 c^2)^2 + e^2 c^2 (B\rho)^2} - m_0 c^2 .$$

Ако енергията се изрази в keV, а $(B\rho)$ – в (G.cm като $1\text{G} = 10^{-4}\text{ T}$), ще получим

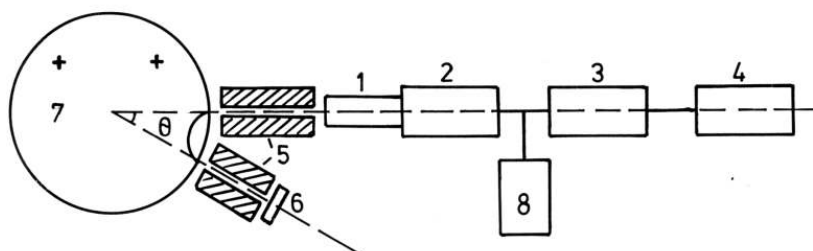
$$(II.68) \quad T = 510,98 \left[\sqrt{3442,2 \cdot 10^{-10} (B\rho)^2 + 1} - 1 \right] .$$

Като се реши уравнението за $B\rho$ се получава:

$$(II.69) \quad B\rho = 1,704 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{(T + 510,98)^2}{(510,98)^2} - 1} .$$

От това уравнение може да се определи необходимата стойност на магнитната индукция B , при фиксиран радиус ρ на траекторията на електрона в магнитното поле, за регистриране на електрони с предварително зададена енергия T .

Отклик на системата магнитен филтър–ППД дефинираме като отношение на площта под пика с гаусова форма към цялата площ на спектъра. Така определена тази величина фактически представлява отношение на броя електрони без загуба на енергия към броя на всички електрони. Коефициентът на обратно разсейване (алbedo), описан в Допълнение 2, може в случая да се представи като отношение на площта на подложката с непрекъснато разпределение отляво на линията към цялата площ на спектъра, което означава отношение на броя на електроните, загубили енергия към броя на всички електрони. Измерването на спектри на електрони със зададена енергия позволява да се определи експериментално отношението на електроните без загуба на енергия към всички регистрирани от детектора електрони в зависимост от енергията. Измерването на тези спектри позволява също да се определи експериментално коефициентът на обратно разсейване в силиций и неговата зависимост от енергията на електроните (фиг. III.17).



Фиг. II.32. Опитна постановка за измерване на спектри на електрони с предварително зададена енергия

- 1 - полупроводников детектор (Si(Li))
- 2 - предусилвател
- 3 - усилвател
- 4 - многоканален анализатор
- 5 - колиматор
- 6 - β -източник
- 7 - електромагнит
- 8 - високо напрежение

Опитна постановка

На фиг. II.32 е показана опитната постановка за измерване на спектри на електрони с предварително зададена енергия. Източникът на β -лъчи е $^{90}\text{Sr}(^{90}\text{Y})$.

Електроните се регистрират от полупроводников детектор Si(Li), с дебелина на чувствителния слой 3 mm и диаметър на чувствителната повърхност 5 mm. Работното напрежение на детектора е указано в упътването към упражнението и се подава плавно до достигане на необходимата стойност. Електроните от източника се пускат в пространството между полюсите накрайници на електромагнит, като магнитните силови линии са перпендикулярни на траекториите на електроните. Необходимото магнитно поле от електромагнита се получава чрез подаване на съответното напрежение, избрано от приложената към опитната постановка номограма. Ъгълът между детектора и β -източника е избран така, че радиусът на завъртане на електрона ρ в напречното магнитно поле да бъде 2,5 cm. При това положение в детектора попадат само тези електрони, които имат зададената от магнитното поле енергия.

Спектърът по енергии на електроните с предварително зададен импулс в границите на импулсното разпределение на магнита се измерва с полупроводников детектор и се наблюдава с помощта на многоканален анализатор (МКА). Спектърът представлява линия с гаусова форма, тъй като в детектора влизат електрони, чиято енергия е зададена от магнитния филтър в тесни граници. От лявата страна на линията има подложка с непрекъснато разпределение, която се дължи на обратно разсеяните електрони (фиг. III.17).

Изпълнение на упражнението

1. Да се направи калибровка по енергии на системата с помощта на предварително измерен спектър на ^{137}Cs по K- и L-линиите на конверсионните електрони на γ -прехода с енергия $E_\gamma = 662 \text{ keV}$. Енергиите на конверсионните електрони са $E_c(\text{K}) = 625,6 \text{ keV}$ и $E_c(\text{L}) = 655,9 \text{ keV}$. Разделителната способност на ППД не позволява да се разделят линиите на конверсионните електрони от отделните подслое L_1 , L_2 и L_3 .

2. Да се измери непрекъснатият β -спектър на ^{90}Sr (^{90}Y) с максимални енергии съответно $E_{\beta\text{max}}(\text{за } ^{90}\text{Sr}) = 546 \text{ keV}$, $E_{\beta\text{max}}(\text{за } ^{90}\text{Y}) = 2270 \text{ keV}$ и да се определи положението на максималните енергии в канали по направената в зад. 1 калибриране по енергии.

3. При включено магнитно поле със стойности на $B\rho = 2000, 3000, 3700$ и 4700 G.cm да се измерят спектрите по енергия на електроните със зададен импулс и да се определи енергията им по направената в зад. 1 калибриране по енергии. Измерването

на непрекъснатия β -спектр става при поставен източник $^{90}\text{Sr}(^{90}\text{Y})$ непосредствено пред самия ППД детектор.

4. Да се изчисли по формула (II.68) енергията на регистрираните в ППД електрони при стойности на $B\rho = 2000, 3000, 3700$ и 4700 G.cm .

5. Да се сравнят изчислените и експериментално получените стойности на енергията на регистрираните електрони и да се представи графично зависимостта $E(B\rho)$.