

ОПРЕДЕЛЯНЕ ЕНЕРГИЯТА НА ГАМА-ЛЪЧИ ПО СЛОЯ НА ПОЛУОТСЛАБВАНЕ

Цел на упражнението е изучаване взаимодействието на γ -лъчи с веществото в т. нар. *геометрия на преминаване* и прилагането на един стар и прост метод за определяне енергията на γ -източник.

Теоретични бележки

Рентгеновите и γ -лъчите взаимодействат с веществото чрез три основни процеса:

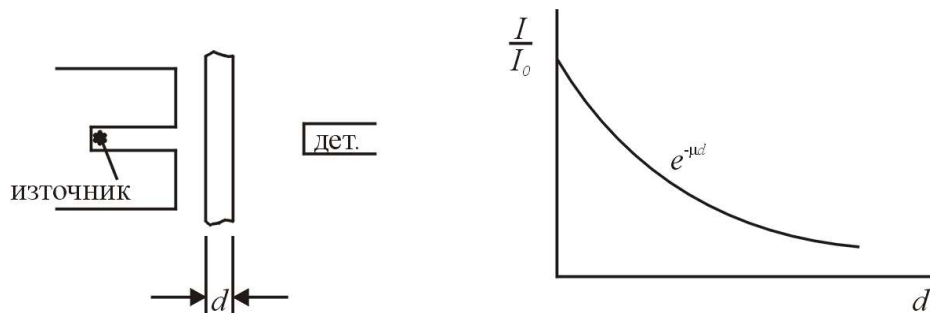
1. Фотоефект.
2. Комптоново разсейване.
3. Възникване на двойка електрон–позитрон.

γ -лъчите с висока енергия могат да предизвикат и ядрени реакции от типа (γ, n) . Възможно е също и еластично разсейване от свободни електрони или разсейване от цели атоми, при което всички електрони в атома участват кохерентно. Еластичните разсейвания не водят до загуба на енергия, а само до промяна в посоката на движение на фотона, така че съществени са само основните три процеса. Именно те обясняват и главните особености на поглъщането на фотонните лъчения:

- те са много по-силно проникващи в сравнение със заредените частици
- потокът фотони не намалява енергията си при преминаване през веществото, а само интензитета си.

Голямата проникваща способност се дължи на много по-малките сечения за трите процеса в сравнение със сечението за нееластични удари на заредени частици с атомните електрони. Потокът намалява поради това, че и при трите процеса взаимодействалите фотони са напълно отстранени от него. Коефициентите на отслабване – линеен, масов и атомен, се въвеждат чрез експоненциалната зависимост на интензитета на фотонен поток от дебелината на поглътителя d (фиг. 1):

$$(1) \quad I(d) = I_0 \exp(-\mu d) .$$



Фиг. 1. Експоненциално спадане на интензитета на сноп гама-лъчи

Тъй като отслабването на потока става поради отстраняване на фотони, взаимодействали по някой от трите основни процеса, то

$$\mu = \mu_{\phi} + \mu_k + \mu_{\pm}$$

Индексите в тези три нови линейни коефициента на отслабване показват с кой процес е свързано отслабването: поглъщането поради фотоефект е означено с “ ϕ ”, комптъновото разсейване – с “ k ”, а създаването на двойка електрон–позитрон - с “ $\pm$ ”. Масовият коефициент (а също линейният и атомният) на съединение или смес е тегловна сума от масовите коефициенти на елементите, съставлящи съединението или сместа:

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{съед}} = \sum_i w_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i,$$

като w_i е тегловната част на i -тия елемент в съединението.

Ако са известни сеченията за трите процеса, пълното сечение е

$$\sigma = \sigma_{\phi} + \sigma_k + \sigma_{\pm}$$

и линейният коефициент на отслабване се получава с умножение на пълното сечение по броя на атомите в единица обем n_0 :

$$\mu = n_0 \sigma = \sigma N_A \frac{\rho}{A}.$$

Както бе посочено по-горе основните процеси, водещи до отслабване в интензитета на падащия сноп γ -лъчи, са фотоефект, ефект на Комптън и възникване на двойка електрон–позитрон. Приносът на всеки от тези три процеса съществено зависи от енергията на γ -лъчите и от атомния номер на веществото.

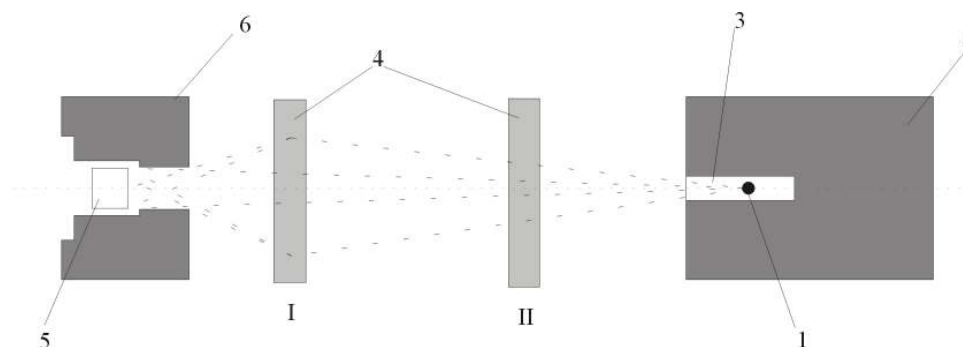
Експерименталното определяне на слоя на полуотслабване се свежда до следното. Измерва се интензитетът на сноп γ -лъчи в зависимост от дебелината на няколко поглътителя от един и същ материал. Построява се зависимостта на отслабването на интензитета от

дебелината на поглътителите в полулогаритмичен мащаб. Получената графика представлява права с ъглов коефициент, равен на коефициента на отслабване за съответното вещество (линеен, ако дебелината е дадена в метри, или масов, ако се работи с масова дебелина). Слой на полуотслабване се получава от израза

$$d_{1/2} = (\ln 2) / \mu$$

Опитна постановка

Опитната постановка е дадена схематично на фиг. 2. Използва се сцинтилационен детектор с кристал NaI(Tl) и фотоелектронен умножител. Измерванията се провеждат в условия на *добра геометрия*, което означава отделяне на тесен сноп γ -лъчи с помощта на оловен колиматор и се ограничава попадането в детектора на γ -лъчи, разсеяни от поглътителите и защитата. При дебелина на поглътителите, превишаваща дължината на средния свободен пробег на γ -лъчите $\lambda = 1/\mu$ в съответното вещество, значителна роля играе многократното разсейване.



Фиг. 2. Схема на опитната постановка

1 – източник на гама-лъчи, 2 – оловна защита, 3 – канал на колиматора, 4 – поглътител, 5 – детектор, 6 – защита на детектора

I – положение на поглътителя при лоша геометрия

II – положение на поглътителя при добра геометрия

Изпълнение на упражнението

1. Измерва се пълният спектър на моноенергетичния източник на γ -лъчи ^{137}Cs . Чрез подходящ избор на праг и прозорец на едноканалния амплитуден анализатор (ЕАА)

регистрирането на импулси се ограничава само в областта на фотопика. Всички следващи измервания на преминалите през поглътителите γ -лъчи се извършват за така избрания енергетичен интервал (режим на диференциално броене с широк прозорец, покриващ пика на пълното поглъщане).

2. Измерва се фонът със статистическа точност 3 %.

3. Поставя се радиоактивният източник и се измерва скоростта на броене без поглътител с точност 1–3 %.

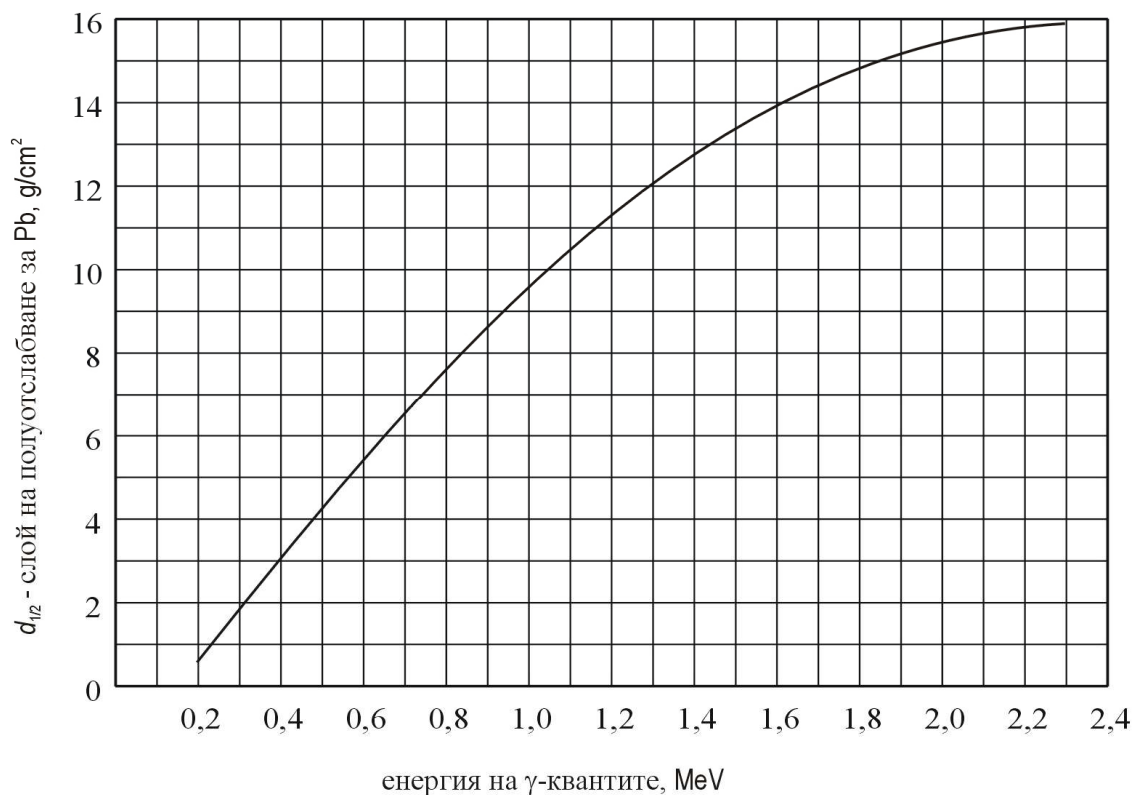
4. Между източника и детектора се поставят последователно тънки оловни пластинки и се измерва скоростта на броене със същата точност. Прави се корекция за фон.

5. Същата процедура се повтаря за медни пластинки.

6. Построяват се кривите на отслабване за олово и мед в полулогаритмичен мащаб и се определят коефициентите на отслабване за двата метала.

7. Пресмята се дебелината на слоя на полуотслабване за оловен и меден поглъtitел. С помощта на номограмата от фиг. 3 се определя енергията на γ -лъчите.

8. Определят се ефективните сечения за олово и мед.



Фиг. 3. Номограма за определяне на енергията на гама-лъчи по слой на полуотслабване за олово