

Б. Т. ДЖЕЛЕПОВ и М. Л. ОРБЕЛИ

О γ -СПЕКТРОСКОПИИ ПО КОМПТОНОВСКИМ ЭЛЕКТРОНАМ

(Представлено академиком П. И. Лукирским 13 VIII 1948)

Большинство γ -спектров радиоактивных ядер содержит линии в области 0,5—3 MeV. Для изучения γ -спектров в этой области энергии естественно использовать методы, основанные на явлении, имеющем наибольшую вероятность при таких энергиях — на комптон-эффекте.

Первое исследование γ -спектра по комптоновским электронам принадлежит Д. В. Скобельцину, измерявшему энергии электронов от γ -лучей RaC в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле.

В 1939 г. Г. Д. Латышев применил для анализа энергий комптоновских электронов магнитный спектрометр типа Даниша. Схема его опытов изображена на рис. 1, А. При помощи своего спектрометра Г. Д. Латышев изучил γ -спектры RaC и Th(C + C''). При этом он пользовался препаратами с активностью около 300 mC. Изучать спектры более слабых препаратов в его приборе было трудно, ибо число совпадений было слишком мало. Нетрудно установить факторы, ограничивающие возможности этого метода.

1. Поставив задачу разделения γ -линий с энергиями, отличающимися на 1%, например, 2000 и 2020 keV, мы предъявляем определенные требования к расходимости электронного пучка. Легко найти, что при этом ширина фокуса должна составлять не более 1% от радиуса кривизны, т. е. $R\varphi^2 : R \leq 1\%$; отсюда расходимость пучка $2\varphi \leq 11^\circ$.

2. Необходимость достаточной экранировки счетчиков от γ -лучей источника вынуждает использовать приборы с большим радиусом кривизны. В приборе Латышева $R = 12$ см.

3. Если R и φ выбраны, то ширина фокуса однозначно определена. Тем самым задана и ширина источника, так как применение источника более широкого, чем фокус, существенно расширяет линии. Так, например, в приборе Латышева ширина источника должна быть

$$d < R\varphi^2 = 120 \cdot 0,01 = 1,2 \text{ мм.}$$

Латышев применял более широкие мишени (до 4 мм), что приводило к расширению линий.

4. Толщина мишени определяется условием малого рассеяния комптоновских электронов. Пусть прибор настроен на линию 2000 keV. Комптоновские электроны, выбитые вперед, будут при этом иметь энергию 1775 keV. Но такую же энергию будут иметь электроны от γ -линии 2020, выбитые под углом 5° . Мишень должна быть достаточно тонкой, чтобы рассеяние электронов с энергией 1775 keV на угол 5° было мало вероятно ($< 10\%$). Это, по формулам Вильямса и

по экспериментальным данным Латышева и Кульчицкого, указывает допустимую толщину целлулоидной мишени.

5. Исходя из 3 и 4, мы получаем объем мишени. Число электронов в мишени является той величиной, которая ограничивает использование слабых γ -препаратов. Если бы удалось повысить это число, то можно было бы изучать соответственно более слабые препараты.

Однако, как нетрудно видеть, условия 1—4 не позволяют увеличить объем мишени, оставаясь в рамках метода Латышева.

Исходя из этого, мы разработали новый метод, принципиальная схема которого изображена на рис. 1, Б. Комптоновские электроны, выбитые из широкой, но тонкой мишени, отклоняются однородным магнитным полем. Щель А и следующие за нею щели выделяют пучок электронов приблизительно одной энергии и одного направления вылета из мишени. Электроны регистрируются двумя счетчиками, присоединенными к схеме, отбирающей совпадения.

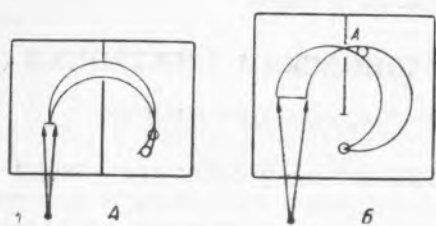


Рис. 1

Если предъявить к методу Латышева и нашему одинаковые требования, то, исходя из пп. 1 и 4, должны быть использованы одинаковые расходимости φ и мишени одинаковой толщины. Тогда выигрыш, даваемый нашим методом, определяется отношением ширины мишеней, т. е. отношением самого широкого и самого узкого сечений пучка электронов в методе Даниша.

Это отношение приблизительно равно

$$2R \sin \varphi / R\varphi^2 = 2 \sin \varphi / \varphi^2 \cong 2/\varphi.$$

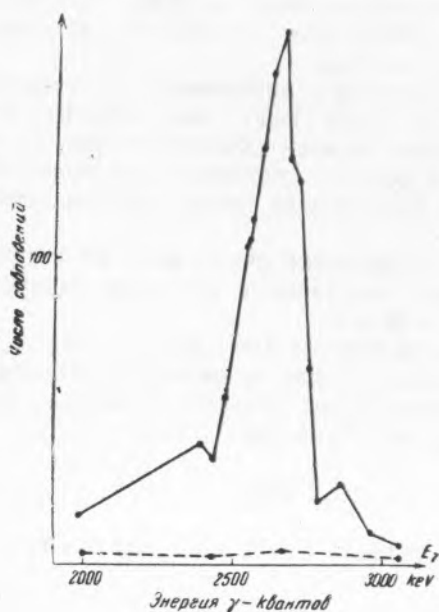


Рис. 2

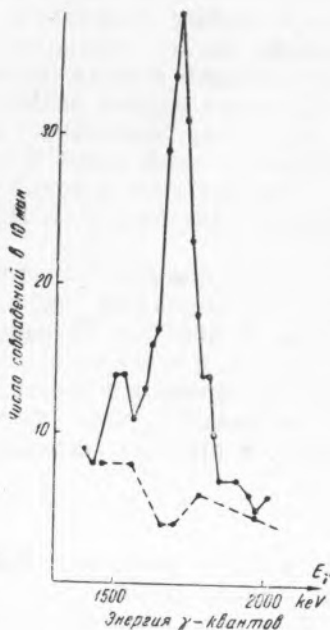


Рис. 3

При $\varphi = 0,1$ (см. пункт 1) мы получаем выигрыш в 20 раз.

Этот коэффициент имеет существенное значение. От препаратов с активностью 300 мС мы можем перейти к препаратам с активностью

15 мС, т. е. значительно приблизиться к области искусственной радиоактивности.

Дополнительным преимуществом нашего метода является то, что, благодаря далекому расположению счетчиков, фон космических совпадений и проникновений очень мал: около 3 совпадений в час.

Если немного снизить требования высокой разрешающей способности, поставленные в п. 1, то можно измерять препараты, активность которых равна 0,5 мС. При этом нет необходимости иметь активность сосредоточенной в малом объеме и не нужно вводить ее внутрь прибора.

Экспериментальная часть.

Нами построен и испытан прибор, работающий по схеме рис. 1, Б. Данные прибора: $R = 5,5$ см; $\varphi = 4^\circ$; ширина щели A от 1 до 8 мм. Толщина целлулоидной мишени 50 μ ; при помощи специального шлифа мишень могла убираться с пучка.

Счетчики сделаны из алюминиевой фольги толщиной 8 μ .

Возможности, предоставляемые методом, видны из рис. 2 и 3.

На рис. 2 изображена γ -линия ThC'' , $h\nu = 2620$ keV; она получена при ширине щели A , равной 3 мм.

На рис. 3 изображена γ -линия Sb^{124} , $h\nu = 1708$ keV. Так как активность препарата составляла всего около 3 мС, то мы вынуждены были увеличить ширину щели A до 8 мм; поэтому и полуширина линии довольно велика. Под основными линиями рис. 2 и 3 нанесены пунктирные — число совпадений, наблюдающееся, когда мишень убрана с пучка.

Радиевый институт
Академии Наук СССР

Поступило
22 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ D. Skobelzyn, Z. Phys., 43, 354 (1927). ² Г. Латышев, ЖЭТФ, 14, 65 (1944).