

Л. А. АРЦИМОВИЧ и В. А. ХРАМОВ

РАДИАЦИОННОЕ ТОРМОЖЕНИЕ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 15 I 1938)

Изучение γ -радиации, возникающей при торможении быстрых электронов в поле ядра, имеет в настоящее время большое значение для правильного понимания процессов взаимодействия быстрых электронов с ядрами и явлений, с которыми мы встречаемся при исследовании космических лучей.

Теория радиационного торможения для релятивистского случая (скорости электронов близки к скорости света) была разработана Бете и Гейтлером. Согласно этой теории энергия, отдаваемая электроном на излучение при элементарном акте торможения, приблизительно пропорциональна квадрату атомного номера элемента и быстро возрастает с увеличением энергии электрона.

Все экспериментальные данные по вопросу о тормозном излучении, полученные до настоящего времени, относятся к электронам с энергией, не превышающей 300—400 kV. У электронов с такими малыми энергиями релятивистские свойства еще не выражены достаточно резко, и в этом случае радиационные потери составляют всего лишь десятые доли процента в общем балансе энергии, теряемой электроном при прохождении через вещество.

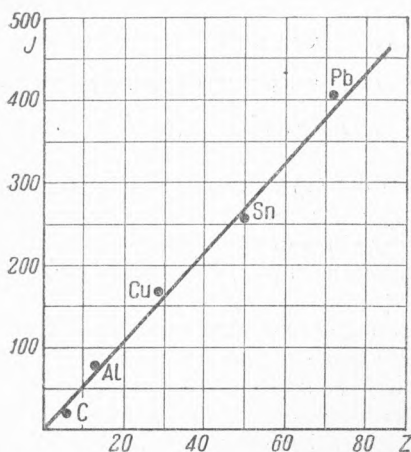
В настоящей работе авторами была сделана попытка произвести количественное исследование γ -радиации, возникающей при торможении электронов с энергиями от 600 до 3 000 kV в различных веществах. В качестве источника быстрых электронов были использованы радиоактивные препараты (радон), интенсивность которых в различных опытах варьировала от 50 до 500 mCi. Для выделения монохроматического пучка электронов служил вакуумный магнитный спектрограф с фокусировкой продольным полем. Для фокусировки применялось поле, создаваемое короткой катушкой (магнитная линза). Ширина энергетического интервала в опытах по изучению тормозного излучения составляла 5% от энергии электронов, сфокусированных на выходное отверстие прибора.

На пути выделенного пучка электронов помещалась мишень из вещества, в котором изучалось торможение электронов. Толщина мишени подбиралась равной длине пробега электронов в данном веществе. Таким образом в наших опытах измерялась величина энергии, теряемой на излучение электроном с данной начальной скоростью на полной длине его пробега.

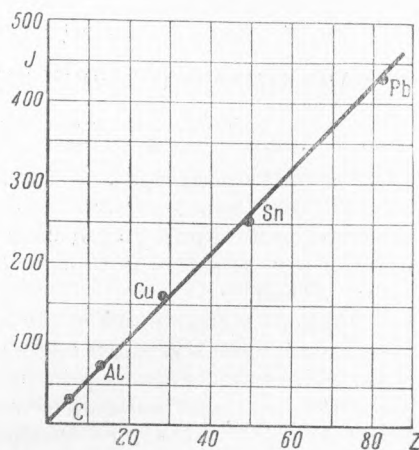
Нами была исследована зависимость интенсивности тормозного излу-

чения от Z (атомный номер элемента) и от начальной энергии электронов и измерена абсолютная величина энергетического выхода γ -лучей.

Для измерения интенсивности тормозного излучения были использованы счетчик Гейгера и ионизационная камера. Счетчиком мы пользовались только при измерении зависимости интенсивности тормозного излучения от Z . Опыты по определению этой зависимости были проведены при начальной энергии электронов в 2200 кВ. Измерялась радиация, возникающая при прохождении электронов через мишени из C, Al, Cu, Sn и Pb. Счетчик помещался на расстоянии 5 см от мишени под углом в 50° к направлению пучка электронов, падающих на мишень. Результаты измерений (с учетом поправок на поглощение γ -лучей в мишенях) приведены на фиг. 1а. Как легко видеть, интенсивность тормозного излучения оказывается приблизительно пропорциональной Z . На фиг. 1б



Фиг. 1а.— J —интенсивность тормозного излучения. Z —атомный номер.



Фиг. 1б.— J —интенсивность тормозного излучения. Z —атомный номер.

приведены результаты аналогичных измерений, выполненных при помощи ионизационной камеры. Особый интерес представляет изучение тех случаев торможения электрона, при которых электрон отдает в виде излучения значительную часть своей энергии, т. е. при которых энергия возникающего γ -кванта составляет значительную долю энергии электрона (случай сильного взаимодействия).

Для того чтобы изучать выход таких жестких γ -квантов в зависимости от Z , мы зафильтровали γ -излучение 7 мм свинца. Результаты этих измерений, выполненных также при помощи счетчика, дают ту же линейную зависимость интенсивности от Z .

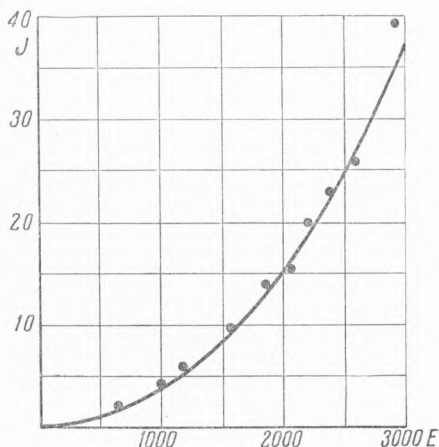
Результаты всех перечисленных экспериментов находятся в хорошем согласии с предсказаниями теории, так как зависимость $J \sim Z^2$ при элементарном акте взаимодействия эквивалентна зависимости $J \sim Z$ при торможении электронов в веществе до полной потери скорости.

Для измерения зависимости тормозного излучения от энергии электронов мы пользовались ионизационной камерой, которая помещалась непосредственно за мишенью. Таким образом камерой измерялась вся интенсивность γ -излучения, идущего вперед в телесном угле, равном 2π . В виду того, что тормозное излучение приходилось измерять на интенсивном фоне, созданном рассеянными γ -лучами самого радиоактивного источника, мы использовали для измерений нулевой метод, основанный на применении компенсационной камеры. Ионизационная камера

соединялась со струнным электрометром с чувствительностью 200—300 дел./вольт. Измерялся ионизационный ток, вызываемый γ -лучами, возникающими при торможении электронов различной энергии—от 675 kV до 2 940 kV,—в мишени из Cu. В данные измерения вносились поправки на поглощение γ -лучей в мишени.

Результаты измерений зависимости интенсивности γ -излучения от энергии электронов представлены на фиг. 2.

На оси абсцисс отложена энергия электронов в киловольтах, на оси ординат—интенсивность излучения, отнесенная к одному электрону.



Фиг. 2.— J —интенсивность тормозного излучения. E —энергия электронов.

На той же фиг. 2 изображена (сплошной линией) кривая зависимости J от энергии электронов, вычисленная на основании формул, выведенных в теории Бете и Гейтлера.

Совпадение между расчетом и экспериментальными данными следует признать вполне удовлетворительным, в особенности, если принять во внимание, что теория Бете и Гейтлера является приближенной, а ошибки эксперимента довольно велики в виду слабости изучаемого явления.

Проградуировав ионизационную камеру для γ -лучей при помощи эталона радия, мы смогли определить также абсолютный выход γ -излучения.

Полная энергия, теряемая электронами с энергией в 2 200 kV на излучение при торможении в Cu, оказалась равной $2.8 \pm 0.6\%$ от начальной энергии электронов. Теория Бете и Гейтлера дает для этой величины значение $\sim 2.9\%$. Таким образом и в этом пункте эксперимент находится в удовлетворительном согласии с теорией.

Ленинградский физико-технический институт.

Поступило
21 I 1938.