

ФИЗИКА

А. И. АЛИХАНОВ, член-корреспондент Академии Наук СССР и А. И. АЛИХАНЬЯН

О ПОТЕРЯХ ЭНЕРГИИ БЫСТРЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ ВЕЩЕСТВО

В последнее время вопросу о прохождении быстрых электронов через вещество посвящен ряд работ. В большинстве случаев исследования проводились методом камеры Вильсона, причем изучалось поведение электронов или в самом газе, наполняющем камеру, или в пластинках, помещенных внутри камеры, через которые проходили электроны.

В одной из первых работ по этому вопросу Скобельциным и Степановой⁽¹⁾ были найдены резкие аномальные потери энергии в газе камеры (азот), приводящие почти к полной потере энергии электронами в 1—2 MeV. Такого же рода явления наблюдались также Вильямсом и Лепринг-Ринге⁽²⁾ и Степановой⁽²⁾ в аргоне. Наряду с этим Рулиг⁽⁴⁾ и Крен, пропуская электроны через пластинку свинца, помещенную в камеру Вильсона, наблюдали для электронов с энергиями 800—1 000 eV потери, значительно превышающие ожидаемые. К такому же результату пришли Ласлет и Херст⁽⁵⁾, исследовавшие прохождение электронов с энергиями 1.5—3.5 MeV через пластинки свинца и графита.

Отметим, что наблюдаемые Креном и Рулигом, а также Ласлетом и Херстом аномальные значения средней потери энергии получаются как за счет отдельных случаев больших потерь, так и в значительной степени за счет аномального большого числа случаев небольших потерь энергии. Наличие таких отклонений от ожидаемых потерь, которые обусловлены ионизационными и радиационными эффектами, до сих пор не имеет удовлетворительного объяснения.

В настоящей работе мы приводим результаты измерений потерь энергии, полученные при помощи обычно нами применяемого метода магнитной фокусировки электродов в однородном магнитном поле. Источником электронов служила алюминиевая полоска 0.5 мм ширины, на которой находился активный осадок тория. Такой источник наряду с непрерывным β -спектром Th (B+C+C') излучает линейчатый спектр электронов, получающихся в результате внутренней конверсии γ -лучей на оболочке атома. Электроны внутренней конверсии на K-оболочке, вызванные наиболее жесткой и интенсивной γ -линией ($h\nu = 2.62 \cdot 10^6$ eV), имеют энергию $2.55 \cdot 10^6$ eV, что превышает значительно максимальную энергию наиболее жесткого β -спектра активного осадка (E_{\max} для ThC равно $2.2 \cdot 10^6$ eV).

При хорошей разрешающей способности спектрографа, когда расходимость пучка электронов составляла всего 11° , электроны внутренней

конверсии γ -линии $2.62 \cdot 10^6$ eV наблюдались в виде узкой спектральной линии.

Пользуясь узкими источниками, можно было наблюдать электроны конверсии не только с К-оболочки атомов ThD, но также с L и M оболочек⁽⁶⁾.

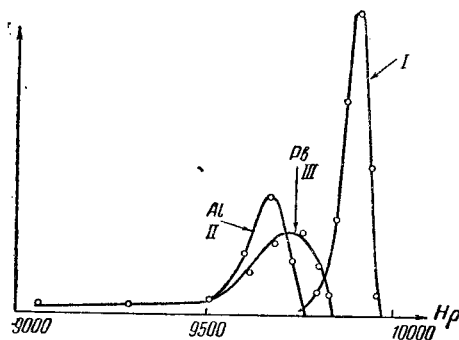
Мы пользовались этой спектральной линией и измеряли потери энергии электронов внутренней конверсии указанной линии на К-оболочке атома. Помещая перед источником фильтры из различных веществ, можно было наблюдать изменение формы спектральной линии, которое происходило в результате потери энергии электронами при прохождении через фильтр. Спектральная кривая могла изучаться только в интервале энергии от $2.55 \cdot 10^6$ до $2.2 \cdot 10^6$ eV и это обстоятельство безусловно является недостатком применяемого метода.

На фиг. 1 приведены типичные кривые, полученные без фильтров и с фильтрами из алюминия и свинца. Кривая I представляет исходную спектральную линию, а кривые II и III спектр электронов, получающийся при фильтрах из алюминия толщиной 45 мг/см^2 и свинца 55 мг/см^2 . Найдя центр тяжести этих кривых, можно вычислить среднюю потерю импульса электрона ΔH_p , а отсюда и среднюю удельную потерю энергии — $\frac{dE}{dx}$.

Обращаясь к фиг. 1, мы видим, что как в случае свинца, так и в случае алюминия кривая распределения со стороны малых энергий имеет растянутый хвост, обусловленный случаями, когда электроны теряют значительную энергию. При вычислении средней потери энергии нужно иметь в виду, что некоторая часть электронов в этой части кривой может быть вызвана комптоновскими электронами, вырванными из фильтра той же γ -линией. Легко вычислить то максимальное значение H_p , начиная с которого комптоновские электроны могут играть заметную роль. Вычисленное H_p оказалось равным 9350 и было проконтролировано специальным опытом, который доказал наличие комптоновских электронов в хвосте кривой распределения. Контрольный опыт заключался в том, что перед источником помещалась толстая пластинка алюминия (около 1 мм) и производились нормальные измерения. При этом было найдено, что комптоновские электроны действительно могут исказить истинную спектральную кривую, начиная с $H_p = 9350$ и меньших.

В табл. 1 приведены средние потери для свинца и алюминия, полученные из измерений проведенных с фильтрами различной толщины. При вычислении средней потери учитывалось искажение вызываемое комптоновскими электронами. В табл. 1 приведены также удельные потери, вычисленные по формуле Блоха. Для свинца полные потери слагаются из ионизационных и радиационных потерь, которые для энергии $2.5 \cdot 10^6$ eV составляют около 10% от ионизационных потерь.

Из табл. 1 видно, что средняя удельная потеря энергии, наблюдаемая на опыте, хорошо согласуется с тем, что можно было ожидать на основании вычислений Блоха⁽³⁾. В согласии с теорией, потери энергии электронами при прохождении через вещество с малыми атомными номерами значительно превышают потери в тяжелых веществах. Результаты наших измерений находятся в резком противоречии с результатами Ласлета и Херста⁽⁴⁾, а также Крена и Рулига, согласно которым средняя потеря



Фиг. 1.

Таблица 1

Элемент	Толщина в мг/см ²	$-\frac{\Delta E}{\Delta x}$ екВ/мг/см ²	$-\frac{\Delta E}{\Delta x}$ теоретическое
Pb	55.5	1.17	1.15
»	23.0	1.17	1.15
»	14.0	0.95	1.0
Al	45	1.58	1.50
»	24	1.62	1.50

энергии значительно превышает наблюдаемую нами (~ 3 экВ на мг/см²).

Здесь следует отметить, что указанные авторы наблюдают такие отдельные случаи потерь, когда электроны выходят из пластинки, почти полностью потеряв свою первоначальную энергию и, хотя таких случаев очень немного, они могут заметно изменить величину средней потери энергии. В наших условиях опыта такие случаи, конечно, не учитываются. Наблюдаемое разногласие между нашими данными и данными американских авторов нельзя однако целиком объяснить этими специфическими потерями. Действительно, из номограммы, приведенной в работе Крена и Рулига, следует, например, что число электронов, прошедших через слой свинца 43 мг/см² и потерявших энергию больше чем 250 экВ, составляет около 30% всех электронов, прошедших через пластинку. С другой стороны, из наших кривых, приведенных на фиг. 1, мы можем утверждать, что число электронов, потерявших энергию 250 экВ и больше при прохождении примерно такого же слоя свинца, составляет не более чем 7—10% всех электронов.

Такое заключение мы можем сделать, сравнивая площади спектральных кривых, полученных с свинцовой пластинкой и без нее.

К сожалению, непосредственное сравнение с данными Ласлета и Херста затруднено тем, что эти авторы пользовались весьма толстыми пластинками свинца (158 мг/см²).

В заключение отметим, что приведенные данные не дают возможности сделать выводов относительно случаев большой потери энергии электронами и вместе с тем показывают, что нормальные потери в пределах ошибок опыта согласуются с формулой Блоха.

Физико-технический институт
Ленинград

Поступило
11 VIII 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Skobelzyn a. Stepanova, Nature, 137, 234 (1936). ² Stepanova, Report on the All-Union Conferenz of Nuclear Physics (1937). ³ Leprincs-Ringuet, Ann. d. Phys., 7, 5 (1937). ⁴ A. I. Ruhlign a. H. R. Grene, Phys. Rev., 53, 618 (1938). ⁵ L. I. Laslett a. D. G. Hurst, Phys. Rev., 52, 1035 (1937). ⁶ A. I. Alichanian a. S. Nikitin, Compt. R. USSR, XIX, 377 (1938).