

ФИЗИКА

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

РАССЕЯНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ ПОД БОЛЬШИМ УГЛОМ

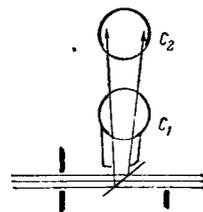
В настоящей работе было исследовано единичное рассеяние под углом 90° электронов с энергиями в пределах от 600 eKV до 2000 eKV. Вопросу рассеяния электронов приблизительно тех же энергий посвящено довольно большое число работ, произведенных с помощью камеры Вильсона, причем результаты, полученные отдельными авторами, находятся в самом резком противоречии. Одни авторы⁽¹⁾ находят, что вероятность рассеяния под большими углами для легких веществ гораздо больше (в несколько десятков раз), чем это следует из формулы Мотта, выведенной на основе релятивистской квантовой механики, другие находят, что для легких веществ формула Мотта справедлива, однако для тяжелых веществ вероятность рассеяния значительно меньше [в 7 раз для ртути⁽²⁾], чем это следует из той же формулы. Наконец, некоторые авторы⁽³⁾ находят, что формула Мотта согласуется с их опытными данными.

В отличие от упомянутых работ, в нашей работе рассеяние электронов происходило не в газе, а в тонкой пластинке, причем рассеянные электроны регистрировались совпадениями разрядов в двух счетчиках Гейгера—Мюллера. Пучок монохроматических электронов, выделенных при помощи магнитного спектрографа (по методу Даниша), попадал на тонкую пластинку рассеивателя, расположенного под углом 45° к пучку. Под углом 90° к пучку располагались два счетчика для регистрации рассеянных электронов методом совпадений. На фиг. 1 приведен схематический чертеж той части прибора, где располагались рассеиватель и счетчики (пластинки рассеивателей прикреплялись к рамке, укрепленной на шлифе так, что, не нарушая вакуума в приборе, легко можно было в пучок электронов вводить тот или иной рассеиватель, или же вовсе их убрать и таким образом измерить число электронов, рассеянных от стенок прибора). Неожиданным было для нас то обстоятельство, что для наблюдения единичного рассеяния электронов с энергией около 1000 kV необходимо было пользоваться очень тонкими рассеивателями, например, в случае алюминия, толщиной всего 2.7 мг/см². Критерием единичного рассеяния являлась пропорциональность между числом рассеянных электронов и толщиной рассеивающих пластинок. Эту пропорциональность удавалось наблюдать для электронов с энергией 1000 kV только для рассеивателей толщиной меньше 5.4 мг/см².

В табл. 1 приведены данные для отношения между числом рассеянных электронов от рассеивателей 5.4 мг/см² и 2.7 мг/см² для нескольких энергий электронов.

Таблица 1

Энергия в экВ	$\frac{N_2}{N_1}$
855	2.8—3
1 075	2.36—2.4
1 150	2—2.16



Фиг. 1

Для больших толщин рассеивателей, например 27 мг/см² и 12 мг/см², отступления от пропорциональности становятся огромными. Отношение $\frac{N_2}{N_1}$ в последнем случае [при энергии электронов 1075 экВ оказывается больше 5 (вместо 2.2).

Между тем, по Вентцелю, такого порядка толщины рассеивателями вполне можно пользоваться для наблюдения единичного рассеяния. Однако расчет, произведенный Арцимовичем применительно к нашему случаю, показал, что отступления от пропорциональности должны проявляться как раз при тех толщинах рассеивателей, на которых мы эти отступления наблюдали.

Расчеты Арцимовича будут опубликованы им в ближайшее время и мы здесь на них останавливаться не будем, ограничившись только приведением окончательных результатов.

Отступления от пропорциональности, согласно Арцимовичу, связаны с тем, что к электронам, испытавшим однократное рассеяние под углом 90°, примешиваются в заметном количестве электроны, испытавшие один акт рассеяния под большим углом (например 70°) и кроме того благодаря многократному рассеянию отклонившиеся еще на некоторый угол (например 20°). Число электронов, рассеянных от алюминиевой пластинки толщиной x , в относительных единицах будет

$$N = x + \frac{1.5 \cdot 10^{-2} x^2}{E^2},$$

где E — энергия электронов в миллионах вольт⁽¹⁾ и x — в микронах. При $E = 1$ MeV, $x = 10 \mu$; $E = 1$ MeV, $x = 10 \mu$, $N_1 = 10 + 1.5 = 11.5$; при $x = 20 \mu$, $N_2 = 20 + 6 = 26$, т. е. $\frac{N_2}{N_1} = 2.26$.

Исследование рассеяния электронов мы произвели со следующими веществами: 1) целлулоид ($z = 7.1$); 2) алюминий ($z = 13$); 3) медь ($z = 29$); 4) золото ($z = 79$). При этом мы применяли рассеиватели толщиной:

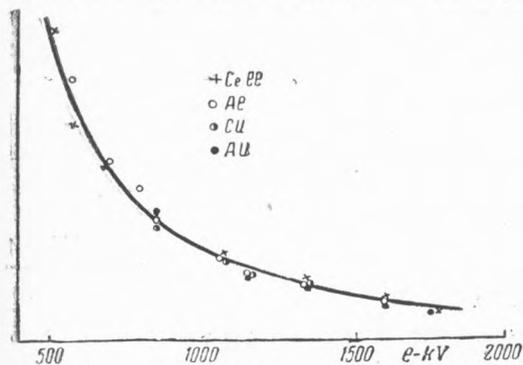
- целлулоид 1.55 мг/см² для области энергий 585—855 кВ
- 3 мг/см² для области энергий 855—1180 кВ
- 6 мг/см² для области энергий 1050—1600 кВ
- алюминий 1.33 мг/см² для области энергий 585—1050 кВ
- 2.7 мг/см² для области энергий 815—1180 кВ
- 5.4 мг/см² для области энергий 1080—1600 кВ
- медь 1.33 мг/см² для области энергий 855—1375 кВ
- золото 0.51 мг/см² для области энергий 855—1376 кВ
- 1.15 мг/см² для области энергий 1180—2060 кВ

⁽¹⁾ Эта формула применима только при малых значениях второго члена, т. е. малых x или больших E .

На фиг. 2 приведены экспериментальные данные вероятности рассеяния электронов в зависимости от их энергии.

Сплошная кривая фиг. 2 представляет собой теоретическую кривую Мотта. Зависимость рассеяния электронов от атомного номера вещества представлена в табл. 2.

Точность приведенных экспериментальных данных около 15%.



Фиг. 2

Таблица 2

Вещество	z	$\sigma_{\text{экс}}$	$\sigma_{\text{теор.}}$
Целлулоид . . .	7.1	0.31	0.29
Алюминий . . .	13	1	1
Медь	29	5.6	6
Золото	79	7.8	178 (67)

Теоретические числа вычислены по формуле Мотта с учетом члена, пропорционального z^3 , т. е. (1):

$$\sigma = kz^2 \left(\cos^4 \frac{\theta}{2} - \beta^2 \cos^2 \frac{\theta}{2} + \beta \frac{z}{137} \frac{\cos^2 \frac{\theta}{2}}{\sin^3 \frac{\theta}{2}} \right). \quad (1)$$

Для золота, специально для рассеяния под углом 90° , Моттом была получена формула:

$$\sigma = kz^2 \left(\cos^4 \frac{\theta}{2} \right) R, \quad (2)$$

где $R=3.2$ для области энергий около 1000 kV. Для золота приведена также цифра, вычисленная при помощи формулы (1); в табл. 2 она приведена в скобках. Как видно из табл. 2, в случае золота теоретическая цифра в 2.3 раза больше цифры, полученной из данных опыта. Это различие лежит, безусловно, вне пределов ошибок опыта.

Оценка абсолютной величины вероятности рассеяния электронов, произведенная на основании известных нам геометрических данных прибора, приводит к следующим цифрам.

Измеренная на опыте вероятность рассеяния от алюминиевой пластинки толщиной 2.7 мг/см² в пределах углов $82-97^\circ$ при $\beta=0.95$ равна $1.54 \cdot 10^{-4}$; вычисленная по формуле Мотта— $1.85 \cdot 10^{-4}$. Точность этой оценки невелика и указывает только на то, что резких отступлений от теоретического числа нет. Резюмируя приведенные здесь результаты, мы приходим к выводу, что рассеяние электронов с энергиями порядка 1000 kV под большими углами, в пределах ошибок опыта согласуется с выводами релятивистской квантовой механики. Исключением является случай золота, рассеяние от которого оказалось в 2.3 раза меньше (по сравнению с алюминием), чем это следует по формуле (2), полученной Моттом численным вычислением, специально для рассеяния от золота под углом 90° .

Физико-технический институт
Академия Наук СССР
Ленинград

Поступило
22 VI 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Скобелев и Степанова, Nature, 137, 456 (1936); Степанова Phys. ZS d. Sowietunion, XII, 550 (1937). ² Чемпион, Proc. Roy. Soc., 159, 933 (1938). ³ Сен-Гупта, Proc. Phys. Soc., 51, 355 (1939).