

Строение атомовъ въ свѣтъ радиоактивныхъ излученій.

(Продолженіе) ¹⁾.

Часть II.—Число электроновъ въ атомахъ.

Глава III.—Поглощеніе α и β лучей

§ 12. Теорія поглощенія α и β лучей. При своемъ прохожденіи черезъ матерію α и β —лучи претерпѣваютъ разсѣяніе и поглощеніе, причемъ разсѣяніе зависитъ преимущественно отъ положительныхъ ядеръ, а поглощеніе—отъ электроновъ, изъ которыхъ построены атомы матеріи (см. „Введеніе“, § 3).

Иными словами, — массивныя ядра отклоняютъ α и β — частицы, почти не замедляя ихъ, а мелкіе электроны, наоборотъ замедляютъ, почти не отклоняя.

Въ самомъ дѣлѣ, взаимодействуя съ встрѣчными зарядами, вначалѣ неподвижными, α и β —частицы приводятъ ихъ въ движеніе, и притомъ тѣмъ легче, чѣмъ меньше инерція этихъ зарядовъ. Абсолютно неподвижный зарядъ, обладающій бесконечно большою инерціей, лишь изгибаетъ траекторію частицы, не измѣняя конечной кинетической энергіи ея по сравненію съ начальной. Подвижный зарядъ пріобрѣтаетъ во время столкновенія кинетическую энергію за счетъ первичной кинетической энергіи частицы, — иначе говоря, отнимаетъ у послѣдней часть ея кинетической энергіи, тѣмъ большую, чѣмъ меньше его масса, — если эта масса не слишкомъ мала.

Обозначимъ зарядъ и массу α или β —частицы черезъ E и M , зарядъ и массу встрѣчнаго заряда (ядра или электрона) черезъ e и m , начальную скорость частицы черезъ V и, наконецъ, разстояніе заряда отъ ея начальной траекторіи (т. е. отъ прямой, содержащей V) черезъ ρ .

Энергія Q , потерянная частицей во время столкновенія, равна кинетической энергіи, пріобрѣтенной зарядомъ, т. е. $\frac{1}{2} m u^2$, гдѣ u есть конечная скорость послѣдняго, опредѣляемая по формулѣ

¹⁾ См. Вopr. Физ. 1917 г. р. 19—30 и 33—72.

(18), § 9: $u = V \cdot \frac{2M}{M+m} \cos \theta$; θ есть уголъ между направленими V и u ; на основаніи формулъ (16) и (11) того же §,

$$\cotg \theta = \frac{eE}{pV^2} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right). \text{ Полагая } \cos \theta = \frac{\cotg \theta}{V \sqrt{1 + \cotg^2 \theta}}, \text{ получаемъ для } Q$$

слѣдующее выраженіе:

$$(26) \quad Q = \frac{2e^2 E^2}{mV^2} \frac{1}{p^2 + a^2},$$

гдѣ

$$(26a) \quad a = \frac{eE}{V^2} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right).$$

Легко убѣдиться, что Q обращается въ нуль при $m = \infty$ и $m = 0$. При не слишкомъ малыхъ m , т. е. не слишкомъ большихъ a (что имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности) потерянная энергія Q приблизительно обратно пропорціональна m .

Далѣе, какъ показываетъ ф. (26), при не слишкомъ малыхъ скоростяхъ V частицы, Q обратно пропорціонально квадрату скорости. Послѣдній результатъ легко объясняется тѣмъ, что съ увеличеніемъ скорости уменьшается продолжительность столкновенія, т. е. то время, въ теченіе котораго частица находится вблизи встрѣчнаго заряда и дѣйствуетъ на него съ болѣе или менѣе значительной силой.

Для послѣдующаго намъ необходимо прецизировать эти, нѣсколько расплывчатые, понятія. Легко убѣдиться (хотя бы взглянувъ на рис. 1 (§ 4), изображающій траекторію частицы), что почти все измѣненіе скорости частицы, какъ по направленію, такъ и по величинѣ, происходитъ въ то время, когда она находится на разстояніи r отъ встрѣчнаго заряда, близкомъ къ наименьшему r_0 , и во всякомъ случаѣ имѣющемъ одинаковый съ послѣднимъ порядокъ величины. При дальнѣйшемъ возрастаніи r обѣ вѣтви траекторіи почти совпадаютъ со своими асимптотами и, слѣдовательно, скорость частицы почти не измѣняется. Ближайшее разстояніе r_0 имѣетъ тотъ же порядокъ величины, что и p .

Мы можемъ поэтому сказать, что столкновеніе (точнѣе: его эффе́ктивная часть) происходитъ въ то время, когда разстояніе между частицей и встрѣчнымъ зарядомъ близко къ p , разстоянію начальной траекторіи частицы отъ заряда. За это время частица проходитъ путь, близкій къ $2p$ (ибо эффе́ктивный участокъ траекторіи состоитъ изъ двухъ симметричныхъ частей, длина которыхъ имѣетъ тотъ же порядокъ величины, что и p), со скоростью близкой къ V . Поэтому продолжительность столкновенія τ можно положить равной

$$(27) \quad \tau = \frac{2p}{V}.$$

Эти соображенія перестаютъ быть вѣрными, когда ρ слишкомъ мало. Для примѣра, примѣнимъ ихъ къ выводу приближенной формулы для Q , соотвѣтствующей (26).—Во время столкновенія сила $f = \frac{eE}{\rho^2}$, импульсъ ея $f\tau = \frac{2eE}{\rho V} = m$ количеству движенія, пріобрѣтенному встрѣчнымъ зарядомъ, которому соотвѣтствуетъ кинетическая энергія

$$(27a) \quad Q = \frac{1}{2} m u^2 = \frac{2e^2 E^2}{m V^2} \frac{1}{\rho^2}.$$

Это выраженіе, вообще говоря, очень близко къ точному (26), но теряетъ смыслъ при $\rho = 0$.

Итакъ, быстро несущаяся α или β — частица теряетъ при столкновеніяхъ свою энергію тѣмъ медленнѣе, чѣмъ послѣдняя больше, и чѣмъ больше масса встрѣчныхъ зарядовъ. Наоборотъ, отклоняется она тѣмъ больше, чѣмъ меньше ея энергія и чѣмъ больше масса встрѣчныхъ зарядовъ.

Сталкиваясь съ электрономъ, α или β -частица теряетъ въ нѣсколько тысячъ разъ большую энергію, чѣмъ при столкновеніи съ положительнымъ ядромъ, и почти не отклоняется. Ясно, поэтому, что при изученіи поглощенія α и β -частицъ мы можемъ совершенно игнорировать положительныя ядра и замѣнять атомы составляющими ихъ электронами, точно такъ же, какъ при изученіи разсѣянія α -частицъ, мы игнорировали электроны, замѣняя атомы ихъ положительными ядрами. — Между этими двумя случаями есть, однако, существенная разница. Въ то время какъ всѣ ядра мы могли считать совершенно свободными, независимыми другъ отъ друга, — электроны, входящіе въ каждый отдѣльный атомъ, мы должны разсматривать, какъ связанные, т. е. устраняя ядро, мы должны учитывать тѣ силы, зависящія отъ этого ядра, которыя удерживаютъ электроны въ ихъ нормальныхъ положеніяхъ (или орбитахъ). Оставленіе этихъ силъ безъ вниманія приводитъ, какъ мы сейчасъ убѣдимся, къ безконечно большой величинѣ для коэффициента поглощенія.

§ 13. Предположимъ, что α или β -частица проходитъ черезъ тѣло неограниченныхъ размѣровъ (твердое, жидкое или газообразное — безразлично), содержащее N одинаковыхъ атомовъ въ единицѣ объема. Пусть, далѣе, каждый атомъ состоитъ изъ n электроновъ, которые мы будемъ считать свободными, т. е. ничѣмъ не удерживаемыми въ своихъ нормальныхъ положеніяхъ. Представимъ себѣ, для простоты, что тѣло состоитъ изъ неограниченной пластинки, перпендикулярной къ направленію движенія α или β -частицы, толщина которой Δx весьма мала по сравненію съ измѣримыми разстояніями, но весьма велика по сравненію съ межуатомными. Энергія ΔT , которую теряетъ частица, проходя