

537.591+539.107.32

О НОВОМ ВИДЕ ОЧЕНЬ БЫСТРЫХ β -ЛУЧЕЙ **)***Д. В. Скобельцын***

Примерно на 600 стереоскопических снимках, полученных с камерой Вильсона, находившейся в однородном магнитном поле, было обнаружено 32 следа β -лучей, возникших вне камеры Вильсона, не искривленных сколько-нибудь заметно магнитным полем, вследствие чего им в большинстве случаев приходится приписать энергию, большую 15 000 эв. Приблизительно рассчитанный ионизационный эффект этих лучей составляет около $1I$; угловое распределение показывает резко выраженное

*) Например, явление затягивания (см. Баркхаузен¹¹).

***) Воспроизводится по Zs. Phys. 54, 686 (1929). Сокращенный перевод В. П. Гридиной.

преобладание путей, направленных под большими углами к горизонтальной плоскости. Эти β -лучи следует приписать вторичным электронам, создаваемым ультра- γ -лучами Гесса. Примечательно появление нескольких происходящих от одного общего центра β -лучей рассматриваемого вида. Обсуждаются возможные эффекты вторичных лучей, существенные для методики измерения «высотных лучей», а также аномалии «переходных зон».

В 1926 г. автором были начаты наблюдения в камере Вильсона, целью которых было систематическое исследование вызываемых γ -лучами вторичных комптоновских электронов и которые позволили осуществить количественный анализ распределения скоростей этих β -лучей благодаря тому, что пути их в камере Вильсона фотографировались всегда при воздействии на камеру однородного магнитного поля*).

Результаты одной серии таких наблюдений были опубликованы в данном журнале в 1927 г. (*Zs. Phys.* 43, 354 (1927)).

Уже эта первая серия снимков попутно выявила совершенно своеобразные следы неизвестных ионизирующих частиц, о существовании которых не было каких-либо данных и о происхождении которых едва ли можно было тогда судить. Речь идет, по-видимому, о совсем прямолинейных — не искривленных сколько-нибудь заметно магнитным полем порядка 1500 *гс* — следах, возникших вне исследуемого пучка γ -лучей и, по-видимому, вне самой камеры Вильсона, которые однако же по ионизиющему действию не отличались от следов самых быстрых β -лучей.

Заранее было ясно, что появление этих лучей совершенно не зависело от присутствия источника γ -излучения и что они, с другой стороны, не могли быть приписаны α - или H -частицам обычного типа.

Несомненно, что в этом случае речь идет о корпускулярных лучах, скорость которых лишь мало отличается от скорости света, и едва ли можно было сомневаться в том, что в большинстве случаев эти следы должны быть приписаны β -лучам, энергия которых во много раз превосходит энергию самых быстрых радиоактивных β -частиц (рис. 1—3 и 6—7).

Полученные в настоящее время 613 снимков подтвердили регулярный характер явления и с полной ясностью показали существование в атмосфере «ультра- β -излучения». Так как это излучение не может быть приписано какому-либо локальному источнику, уже сразу же не остается ничего другого, как поставить наблюдаемый эффект в связь с известным эффектом так называемого «проникающего» излучения, или «высотного излучения».

На основе материала, полученного из наблюдений, в настоящее время установлены следующие факты, подтверждающие этот параллелизм.

Д а н н ы е о б и н т е н с и в н о с т и. На 613 снимках в камере Вильсона замечены 32 «прямолинейных» следа. Эти статистические данные о средней частоте появления следов рассматриваемого вида могут привести к правильной по порядку величины оценке интенсивности предполагаемого излучения, если известна, также по порядку величины, чувствительность камеры Вильсона, т. е. время, в течение которого камера вслед за адиабатическим расширением остается в активном состоянии. Так как во время рассматриваемых наблюдений камера Вильсона всегда работала под воздействием пучка γ -лучей известной интенсивности, статистика вызываемых γ -лучами вторичных электронов может служить для оценки этой «чувствительности». Для этого нужно учесть коэффициент ослабления γ -лучей в воздухе и число Коварика. Если и нельзя положиться на точность такого метода, то во всяком случае можно надеяться, что

*) Наблюдения с камерой Вильсона в магнитном поле были начаты автором в 1924 г. (см. *Zs. Phys.* 28, 278 (1924)). (Прим. при корректуре УФН.)

по порядку величины это не приведет к слишком неточным результатам. Для упомянутой выше характеристики камеры Вильсона надо тогда

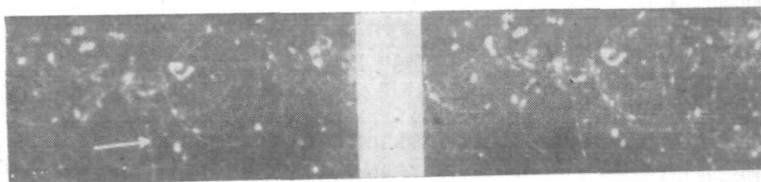


Рис. 1.

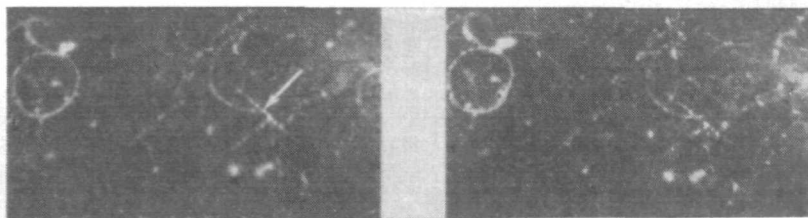


Рис. 2.

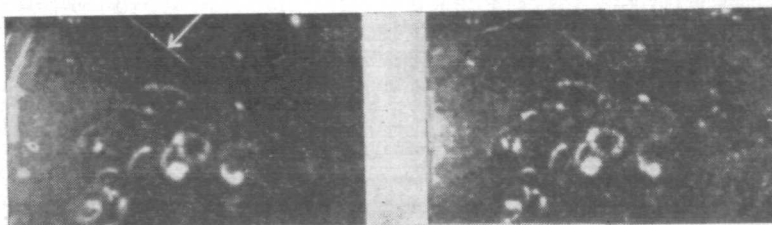


Рис. 3.

положить T равным в среднем от 0,02 до 0,03 сек. Если, далее, учесть размеры конденсационной камеры, то мы получим для искомой интенсивности число 1,2 электрона в минуту на 1 см^2 горизонтальной поверхности (для $T = 0,02 \text{ сек}$).

Для сравнения с обычной оценкой интенсивности высотного излучения необходимо затем учесть ионизирующую способность соответствующих β -частиц. Однако снимки совершенно ясно показывают (см. ниже, последний раздел данной статьи), что в этом отношении рассматриваемое ионизирующее излучение, по-видимому, не отличается от самых быстрых β -лучей обычного типа. Для числа ионов, образующихся на одном сантиметре пути в нормальном воздухе, надо, следовательно, принять экстраполированное по Ленарду для граничной скорости число, а именно — 40 пар ионов. Для эффекта ионизации рассматриваемого излучения мы получим тогда примерно $E = 1I$ *) при нормальном давлении и, таким

$$*) E = \frac{nd \cdot 40}{vN \cos \psi T}, \text{ где } n = 32 \text{ — число зарегистрированных следов, } d = 3 \text{ см —}$$

высота цилиндра конденсационной камеры, ψ — угол, образуемый направлением следа и вертикальной осью ($\cos \psi = 70^\circ$), $v = 400 \text{ см}^3$ — объем освещенной части камеры, $N = 613$ — число снимков, $T = 0,02 \text{ сек}$.

образом, по порядку величины то же самое, что и из измерений ионизации высотного излучения.

Р а с п р е д е л е н и е н а п р а в л е н и й. Если рассматривать распределение направлений следов, то тут же бросается в глаза, что направления лучей под большим углом к горизонтальной плоскости в этом распределении преобладают. Следующая таблица показывает распределение

№	ψ	n
1	0—48°	20
2	48—71°	10
3	71—90°	2

наблюдаемых следов между тремя зонами одинаковых пространственных углов. Соответствующие значения углов были получены путем промера вильсоновских снимков, пользуясь стереокомпаратором Пульфриха. ψ — наклон следа относительно вертикального направления, а n — число следов.

Это угловое распределение *) соответствует, во всяком случае качественно, распределению направлений, известному из наблюдений эффекта «высотного излучения», установленному Мысовским и Тувимом **) и затем Штейнке ***).

П о р я д о к в е л и ч и н ы н а б л ю д а е м о й β -э н е р г и и и д л и н а в о л н ы у л ь т р а - γ - л у ч е й. А ргюи весьма вероятное предположение, что наблюдаемые следы должны быть приписаны «высотному излучению», подтверждается только что указанными фактами и в особенности совпадением по порядку величины обеих оценок интенсивности.

Если стать на точку зрения высказанной Гессом и поддержанной другими исследователями гипотезы о космических «ультра- γ -лучах», то это, естественно, приводит дальше к предположению, что наблюдаемые следы очень быстрых β -лучей должны быть приписаны вторичным комптоновским электронам, вызванным космическими лучами.

Тогда, основываясь на известных соотношениях теории Комптона, наблюдаемую β -энергию можно сопоставить с длиной волны гипотетического первичного излучения. К сожалению, сила приложенного магнитного поля в большинстве случаев была совершенно недостаточна для определения скорости рассматриваемых β -лучей и приходилось довольствоваться лишь оценкой нижней границы этой скорости.

Но даже и эта оценка может быть сделана лишь приближенно. Результат в значительной степени зависит от длины видимого отрезка следа β -луча. Большой наклон следа к горизонтальной плоскости изображения представляется в этом отношении неблагоприятным. Для большинства прямоугольных следов, для которых этот наклон составлял угол более 40°, можно лишь утверждать, что соответствующая энергия значительно больше граничной энергии (3000 *кэ*) электронов, вызванных обычными γ -лучами.

Если направление луча расположено ближе к плоскости изображения, то образуется более длинный отрезок следа. Однако в большинстве случаев кривизну таких β -следов измерить невозможно. В серии из 613 снимков в камере Вильсона оказался лишь один случай, когда можно было измерить кривизну следа такого β -луча, который заведомо не выходил из γ -пучка ****) и энергия которого значительно превосходила максимальную γ -энергию (рис. 4). Для этого γ -луча, направление которого (что следует особо отметить) попадало в очень слабо представленную зону углов (№ 3 табл. I), измерение дало 6850 *кэ* (наклон к горизонтальной плоскости равен примерно 4°). Из девяти других зарегистрированных под углами $\psi > 50^\circ$ следов только в одном случае обнаружена заметная

*) Наблюдения проводились в первом этаже трехэтажного главного здания Политехнического института в Ленинграде.

**) L. M y s s o w s k y und L. T u w i m, Zs. Phys. 36, 615 (1926).

***) E. S t e i n k e, loc. cit. 42, 593 (1927); 48, 656 (1928).

****) Скорость луча противоположна направлению γ -лучей.

кривизна, соответствующая энергии порядка 15 000 $кэ$ (радиус кривизны в магнитном поле порядка 1500 $гс$ равен примерно 35 $см$). Однако для остальных восьми следов значение $H\rho$ не могло быть указано хотя бы даже лишь по порядку величины. Во всех этих случаях можно с уверенностью утверждать, что энергия превосходит указанное выше значение (15 000 $кэ$).

Представленные выше результаты весьма скудной по необходимости статистики дают повод к следующим выводам. Если не предполагать, что налицо систематическая зависимость от направления, вследствие которой следам с бóльшим наклоном к горизонтальной плоскости соответствуют меньшие значения скорости, и если рассматривать восемь указанных случаев не как исключение, то можно сделать вывод, что вообще в большинстве случаев энергия соответствующих следов превышает указанную выше нижнюю границу, а именно 15 000 $кэ$.

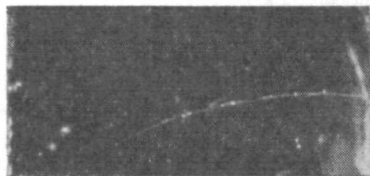


Рис. 4. $H = 1700$, $H\rho = 24\ 500$.

Однако каждая такая частица пролетает камеру Вильсона, уже пройдя бóльшую или меньшую часть длины своего пути. Все значения β -энергии между нулем и начальным значением для этих отрезков пути луча в камере Вильсона одинаково вероятны. То, что, как выяснено, скорости менее 15 000 $кэ$ встречаются лишь очень редко, может означать только то, что начальные значения энергии лучей велики по сравнению с этим минимальным значением наблюдаемой энергии. Доступная же для измерений область между 3000 и 15 000 $кэ$ имеет весьма небольшой вес.

Эти результаты можно сравнить с имеющимися в настоящее время данными о спектре ультра- γ -лучей.

Длина волны этих последних лучей оценивается по экспериментально полученным кривым поглощения в предположении определенного соотношения между коэффициентом поглощения и длиной волны. Однако вопрос об этом соотношении даже для γ -области экспериментально еще окончательно не решен. Кроме того, экстраполяция из γ -области к более коротким волнам не может рассматриваться как полностью оправданная. Полученные до последнего времени результаты приводят к предположению о длине волны порядка от 0,4 до 2 XE *). Так, например, для $\lambda = 0,4 XE$ можно было бы ожидать начальную энергию комптоновских электронов порядка 15 000 $кэ$.

Однако в результате новых появившихся в 1928 г. исследований данные для определения длины волны существенным образом изменились, и именно в пользу меньших значений длин волн.

Во-первых, новейшие более точные измерения поглощения, произведенные Милликеном и Штейнке, отличающиеся от более ранних, дали меньшие значения коэффициента поглощения, и, во-вторых, Клейн и Нишина **) на основании новейших результатов квантовой механики разработали теорию рассеяния, которая дает новую зависимость коэффициента рассеяния от длины волны и требует сдвига ранее рассчитанных значений длин волн в сторону более коротких волн. Согласие этой последней теории с совокупностью фактов, известных из наблюдений в области γ -лучей, представляется весьма удовлетворительным ***). Следует оконча-

*) W. Kolhörster, Zs. Phys. 34, 147 (1926).

**) O. Klein und J. Nishina, Zs. Phys. 52, 853 (1929).

***) Ср. Rutherford, Proc. Roy. Soc. 122, 15 (1929). Результаты сравнения формулы Клейна — Нишины с экспериментальными данными были любезно представлены Л. Х. Грэм в письме к автору. Об измерениях см. Nature 123, 411 (1929).

тельно отказаться от формул Комптона и Дирака, которыми часто пользовались ранее, так как первая из них уже в γ -области дает значения коэффициента ослабления, отклоняющиеся от действительного примерно на 100%, вторая же должна быть отвергнута в особенности вследствие того, что требует такого распределения направлений вторичных β -лучей,

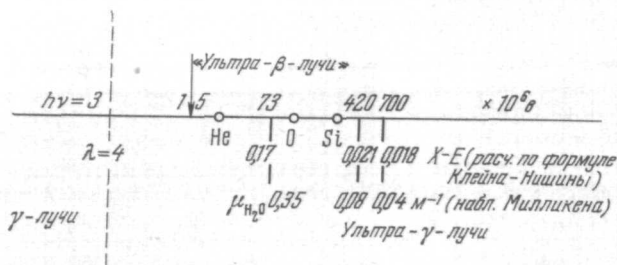


Рис. 5.

$= 0,004$). Средняя энергия отдачи комptonовских электронов по формуле Клейна — Нишины получается около $0,7 h\nu$, т. е. около $400\ 000\ \text{кэ}$, что полностью согласуется с установленной выше совокупностью фактов.

Следующая диаграмма (рис. 5) представляет результат расчета длин волн для трех «полос», найденных Милликеном и Камероном **). Применение формулы Дирака — Гордона дало, согласно Милликену, весьма хорошее соответствие с рассчитанным на основе дефекта масс и соответствующего «эффекта упаковки» излучением ядер He, O и Si. По новой теории Клейна — Нишины это согласие не сохраняется.

Появление нескольких β -лучей, происходящих от общего центра излучения. Представленные выше данные основываются на предположении, что механизм взаимодействия особо жестких «ультра- γ -лучей» с материей в значительной степени тот же, что и у обычных γ -лучей, и что появляющиеся вторичные электроны представляют собой комptonовские электроны рассеяния. Однако а priori

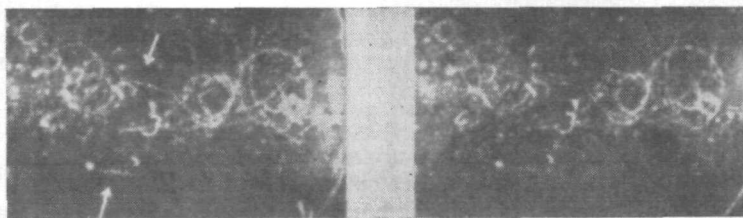


Рис. 6.

можно ожидать, что это не вполне верно. Следующее неожиданное наблюдение, по-видимому, противоречит этому предположению.

След рассматриваемого типа — не искривленных β -лучей — встречается в среднем примерно один раз на 20 снимков. Однако получены также снимки, показывающие группу из двух или даже трех одновременных прямолинейных следов. Из 27 снимков, на которых были замечены следы «ультра- β -лучей», в трех случаях обнаружены двойные следы (рис. 6 и 7) и в одном случае — тройная группа. Направления следов, образующих

*) E. Steinke, loc. cit., 48, 671 (1928).

**) R. A. Millikan and G. H. Cameron, Phys. Rev. 31, 929 (1928).

такую группу, находятся внутри не очень большого пространственного угла. Если учесть величину этого угла и среднюю частоту появления одного следа рассматриваемого вида, то можно определить вероятность одновременного появления нескольких независимых следов по формулам расчета случайных флуктуаций. Эта вероятность чрезвычайно, или даже исчезающе, мала. Нельзя сомневаться в том, что различные компоненты

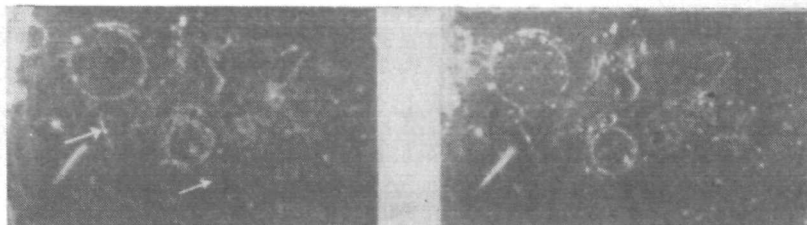


Рис. 7.

таких групп возникли из одного общего центра излучения, что также подтвердило и стереоскопическое рассмотрение соответствующих снимков *).

*) Направления следов могут быть определены с помощью стереокомпаратора Пульфриха; при этом измеряются проекции отрезков следов на три ортогональных направления. Такой промер четырех упомянутых в тексте групп следов дал следующие численные значения (в миллиметрах).

<p>№ 1</p> <p>a) $x_0 = +15, y_0 = +16,5$ $\Delta x_1 = +2,5$ $\Delta y_1 = -2,9$ $\Delta z_1 = 7$</p>	<p>$\psi = 29^\circ$</p>	<p>b) $x_0 = +23,5, y_0 = -18$ $\Delta x_2 = +3,1$ $\Delta y_2 = -4,7$ $\Delta z_2 = 7,2$</p>	<p>$\psi = 38^\circ$</p>	<p>c) $x_0 = +9, y_0 = 0$ $\Delta x_3 = +6,3$ $\Delta y_3 = -1,4$ $\Delta z_3 = 10$</p>	<p>$\psi = 33^\circ$</p>
<p>№ 2 (рис. 6)</p> <p>a) $x_0 = +37, y_0 = -8$ $\Delta x_1 = +6$ $\Delta y_1 = -1,7$ $\Delta z_1 = 6,3$</p>	<p>$\psi = 45^\circ$</p>	<p>b) $x_0 = +47, y_0 = +21$ $\Delta x_2 = +5$ $\Delta y_2 = -0,3$ $\Delta z_2 = 5,8$</p>	<p>$\psi = 41^\circ$</p>		
<p>№ 3</p> <p>a) $x_0 = +16, y_0 = +5$ $\Delta x_1 = -0,2$ $\Delta y_1 = -1,9$ $\Delta z_1 = 9,3$</p>	<p>$\psi = 12^\circ$</p>	<p>b) $x_0 = +7, y_0 = -22$ $\Delta x_2 = -0,1$ $\Delta y_2 = -2,5$ $\Delta z_2 = 5,1$</p>	<p>$\psi = 26^\circ$</p>		
<p>№ 4 (рис. 7)</p> <p>a) $x_0 = -7,6, y_0 = +20$ $\Delta x_1 = -2,8$ $\Delta y_1 = +4,3$ $\Delta z_1 = 7,2$</p>	<p>$\psi = 36^\circ$</p>	<p>b) $x_0 = +20, y_0 = -23$ $\Delta x_2 = -4,9$ $\Delta y_2 = +10,5$ $\Delta z_2 = 6,4$</p>	<p>$\psi = 60^\circ$</p>		

x и y — координаты, измеренные в плоскости снимка (x_0, y_0 относятся к середине соответствующих длин следов). ψ — наклон к вертикальной оси z , Δx , Δy и Δz дают (измеренную в реальном пространстве) величину проекций некоторого смещения

Если появление нескольких корпускулярных лучей из одного и того же центра излучения доказывается описанными наблюдениями без всякого сомнения, то ясно, что этот центр не может быть обычным радиоактивным центром. Наблюдаемые лучи могут рассматриваться только как образованные вторично в процессе поглощения. Так как такое вторичное «множественное излучение» не имеет известного аналога в обычном комптоновском процессе и вообще едва ли может быть приписано комптоновскому механизму, то следует подумать о другом механизме их появления. *A priori*, однако, можно считать вероятным, что для таких жестких лучей, как ультра- γ -лучи, это представляется возможным, так как «...there is always the possibility, and even the probability, that such energetic radiations or the swift electrons liberated by them may be able occasionally to desintegrate the nucleus of the atom in their path» *).

В связи с этим можно было бы думать о возможности того, что могут появляться H -лучи с энергией порядка «ультра- γ -энергии». Эти лучи имели бы скорость порядка от 1,5 до $2 \cdot 10^{10}$ см/сек. По данным теории Томсона — Бора следует сделать заключение, что по ионизирующему действию такие лучи не отличались бы от β -лучей одинаковой с ними скорости. Что касается наших прямолинейных следов, то в большинстве случаев можно утверждать, что скорость ионизирующих частиц может отличаться от скорости света лишь на несколько процентов. Возможность существования ионизирующих лучей предполагаемого выше вида (которые совершенно прямолинейны, но производят ионизацию такую же, как β -лучи, примерно от 50 до 100 μe) все же не исключена, и некоторые снимки показывают, по-видимому, такие следы **).

Два следа, представленных на фото рис. 6, образующих «дублет», по виду отличаются один от другого, и один из них, а именно располо-

в направлении следа. Δ_z — принята положительной, что соответствует смещению вниз.

Внутри этой группы знаки соответствующих проекций различных отрезков следов одинаковы. Если отвлечься от численных значений и рассматривать только представленные комбинации знаков, то получится, что уже вероятность случайного повторения соответствующих знаков внутри каждой из четырех представленных групп очень мала (около 0,001).

№ 1. Из трех направлений, определенных указанными численными значениями, два (а и b), по-видимому, компланарны. Направления (взятые с противоположными знаками) сходятся в одной точке в пределах возможных ошибок измерений, как показывают представленные на рис. 8 проекции.

№ 2 и 3. Эти случаи могут быть истолкованы, если допустить, что рассматриваемые лучи возникли из одного общего центра, но затем слегка отклонились (на угол порядка $2-3^\circ$, что также близко к ошибке измерения) при прохождении через стеклянную крышку камеры Вильсона толщиной 5 мм.

В отношении № 4 (а, b) и № 1 (с) можно сказать то же самое. Здесь, однако, необходимо предложить большее значение отклонений, а именно около $20-30^\circ$. Это отклонение могло возникнуть в стеклянной крышке или в медном цилиндре камеры Вильсона (катушке для получения магнитного поля). В случае № 1 (с) возможно также, что соответствующее отклонение вызывается магнитным полем.

Заметное влияние рассеяния, по-видимому, показывает, что в соответствующих случаях скорости β -лучей не очень высоки. Длины отрезков изображения следов во всех случаях очень малы, так что предположение о сравнительно низком значении скорости луча допустимо.

*) Rutherford, loc. cit., стр. 16.

***) В центральной части одного из снимков, опубликованных автором в 1927 г. (Zs. Phys. 43, 362, рис. 7 (1927)), виден такой, к сожалению, направленный почти вертикально и поэтому представленный лишь коротким отрезком, луч, который (при стереоскопическом рассмотрении) кажется совершенно прямолинейным, однако его ионизирующая способность совершенно неотличима от соседних следов лучей, энергия которых составляет от 100 до 200 μe . К очень быстрым или ультра- β -лучам этот след не был нами отнесен.

женный на границе освещенной области, как кажется, образован ионами, распределенными с большей плотностью.

Обнаруженное явление вообще нельзя было ожидать, однако как особенно неожиданное, следует отметить относительно очень частое появление «ассоциированных» лучей *).

З а м е ч а н и я к м е т о д и к е и з м е р е н и я в ы с о т н о г о и з л у ч е н и я. Выше предполагалось, что проникающие космические лучи вызывают в поглощающей среде вторичные комптоновские электроны, которым и следует приписать наблюдаемое ионизирующее действие. Если такой механизм ионизации по существу и соответствует вполне механизму поглощения γ -лучей, то все же вследствие совершенно необычного порядка величин рассматриваемых γ - и β -энергий можно предвидеть некоторые своеобразные явления, которые неизвестны из опыта исследований в области γ -лучей. Это сразу же становится очевидным, если оценить по порядку величины пробеги вторичных электронов. Такая оценка, по-видимому, возможна на основе известных данных о поглощении β -лучей. Из экспериментальных данных, с одной стороны, и теории поглощения корпускулярных лучей Бора с другой, следует, что энергия частиц лучей, поглощаемая на единицу пути, уменьшается приблизительно обратно пропорционально квадрату скорости и, таким образом, при приближении к граничной скорости практически остается постоянной **).

Экстраполированное из доступной для измерений области скоростей β -лучей численное значение соответственной потери энергии составляет по Р. Вильсону ***) около 1000 в/см для обычного воздуха, что по порядку величин, по-видимому, согласуется с результатами исследований в камере Вильсона, о которых здесь сообщается.

Снимки, полученные в камере Вильсона, совершенно ясно показывают, что общее число пар ионов на единицу длины прямолинейных путей предельно высоких скоростей лишь мало отличается от найденного числа ионов на единицу длины пути самых быстрых обычных β -лучей. Для этих последних следов лучей снимки в камере Вильсона позволяют в некоторых случаях прямой подсчет хорошо разрешенных пар ионов. Такой подсчет дает численное значение порядка 40 пар ионов для обычного воздуха, что соответствует оценке Ленарда, а также, по-видимому, согласуется с приведенным выше значением потери энергии (1000 в/см ****).

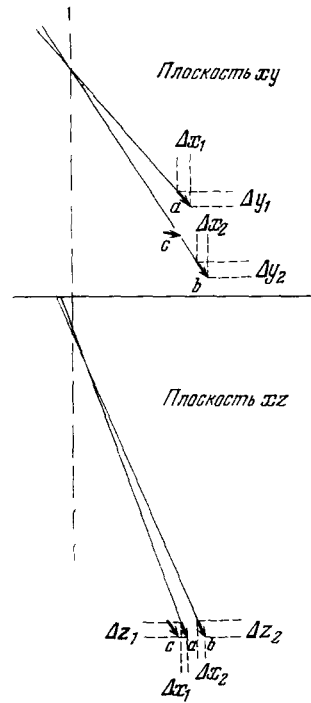


Рис. 8.

*) Всегда налицо немалая вероятность того, что только часть нескольких компонент пучков лучей, возникших вне камеры, пройдет через камеру.

***) По теории Бора она, строго говоря, медленно растет.

****) Proc. Cambridge Phil. Soc. 22, 534 (1925).

*****) То, что порядок величин (1000 в) представлен верно и что потери скорости по порядку величин незначительны, показывает и рассмотрение полученных в присутствии магнитного поля спиральных следов. О величине уменьшения скорости можно непосредственно судить в тех случаях, когда образуется несколько завитков или соответственно значительная длина винтообразных следов лучей.

Если это последнее число принять за постоянное на большей части длины следа значение уменьшения энергии на единицу длины, то «истинный» пробег, в соответствии с указанным выше значением (400 000 *кэ*) средней энергии отдачи, оказывается равным $4 \cdot 10^5$ *см* для нормального воздуха (около 1/2 высоты атмосферы), что эквивалентно слою воды $4,9 \cdot 10^2$ *см* и 60 *см* свинца (при пересчете пропорционально концентрации поглощающих электронов)*).

На основе проведенных вычислений становится сразу же ясно, что за наблюдаемый с помощью обычных измерительных приборов (например, при толщине стенок прибора порядка 3 *мм* цинка) ионизационный эффект «высотного» излучения ответственно не излучение стенок прибора, а излучение окружающей среды (также и при наблюдении в атмосфере), и возникает вопрос, в какой мере свойства окружающей измерительный прибор среды могут повлиять на данные ионизационного метода...

Ленинград

Поступило 23 февраля 1929 г.