

Из текущей литературы.

Искусственное разложение легких элементов.

Sir E. Rutherford and J. Chadwick. Artificial Disintegration of the light Elements. Phil. Mag. 39, p. 809 (1921).

В предыдущем выпуске „Успехов“ мы сообщали уже предварительные результаты этой работы в том виде, как они были изложены в краткой заметке, опубликованной авторами в *Nature*¹⁾. В реферируемой статье авторы сообщают ряд интересных и важных подробностей.

Когда Rutherford'у удалось впервые обнаружить возникновение Н-частиц из азота²⁾, сцинтилляции, которые эти частицы возбуждали на экране из ZnS , были настолько слабы, что фиксировать с определенностью максимальный пробег частиц было затруднительно. В качестве предварительной цифры Rutherford'ом было дано 28 см., т.е. величина, совпадающая с пробегом Н-частиц из водорода.

В последнее время Rutherford пользовался микроскопом с настолько улучшенной оптикой, что самый счет частиц значительно облегчился и результаты получились более определенные и постоянные.

Оказалось прежде всего, что Н-частицы, получаемые из смеси $H_2 + CO_2$ и из парафина, обладают максимальным пробегом в 29 см. За пределами этого пробега никаких сцинтилляций не наблюдалось. Между тем максимальный пробег частиц из азота был 40 см. Таким образом можно определенно утверждать, что частицы, возникающие в азоте, отнюдь не обусловлены присутствием примесей водорода или каких-нибудь водород-содержащих соединений. Вместе с тем облегчилась задача исследования искусственного разложения других элементов. Расположение опыта было таково, что общее поглощение между источником и экраном было эквивалентно 32 см. воздуха. Благодаря этому совершенно исключалась возможность попадания на экран Н-частиц из каких-нибудь водородных примесей и можно было не заботиться об удалении всех следов водорода (в качестве поглощающих экранов брались даже пластинки слюды и парафина). Результаты исследования приведены в помещаемой ниже таблице.

¹⁾ E. Rutherford and Chadwick. *Nature*, 107, p. 41 (1921), рефер. Э. В. Шпольский. Новые данные об искусственном разложении легких элементов. „Успехи Физич. Наук“ т. II, стр. 317.

²⁾ Rutherford. Phil. Mag., 37, p. 581 (1919).

Элемент.	Вещество, подвергавшееся исследованию.	Число частиц в минуту.	Максимальный пробег в см. воздуха.
Литий	Li_2O	—	—
Бериллий	BeO	—	—
Бор	B	0,15	~ 45
Углерод	CO_2	—	—
Азот	воздух	0,7	40
Кислород	O_2	—	—
Фтор	CaF_2	0,4	> 40
Натрий	Na_2O	0,2	~ 42
Магний	MgO	—	—
Алюминий	$\text{Al}; \text{Al}_2\text{O}_3$	1,1	90
Кремний	Si	—	—
Фосфор	P (красный)	0,7	~ 65
Сера	$\text{S}; \text{SO}_2$	—	—

Кроме того исследовался ряд более тяжелых элементов: хлор—из MgCl_2 , калий—из KCl ; кальций из CaO , титан из Ti_2O_3 , железо, медь, серебро, золото. Эти элементы не дают частиц с пробегом большим 32 см. воздуха; вопрос о том, дают ли они частицы с меньшим пробегом, пока не исследовался.

Более подробному изучению подверглись азот и алюминий. Прежде всего для азота исследовалась зависимость числа сцинтилляций от поглощения (α -частицы имели пробег 7,0 см. воздуха). Оказалось, что в то время, как при поглощении в 12 см. воздуха число частиц из N_2 было значительно меньше, нежели из смеси $\text{CO}_2 + \text{H}_2$, за пределами 29 см. в последней уже вовсе не наблюдается сцинтилляций, а в азоте их можно было еще проследить до поглощения 40 см. Далее, изучалась зависимость числа и пробега частиц от скорости налетающих α -частиц. Как увидим ниже, исследование этой зависимости должно пролить некоторый свет на самый механизм расщепления. Оказалось, что в первом приближении пробег частиц, возникающих в азоте, пропорционален пробегу налетающих α -частиц: α -частицы с пробегом в 8; 6, 7 и 6 см. воздуха вызывают частицы с пробегом соответственно в 50, 40 и 34 см. Число частиц также возрастает с пробегом α -частиц.

Опыты с алюминием прежде всего показали, что пробег частиц в данном случае примерно в два раза больше, нежели у азота. Зависимость между величиной пробега частиц, возникающих в алюминии и α -частиц, как и для азота, оказалась приблизительно простой пропорциональностью. Однако, вследствие незначительности числа сцинтилляций очень трудно точно определить максимальный пробег и установить эту зависимость сколько-нибудь точно.

В своей первой работе Rutherford показал, что Н-частицы, получаемые в водороде, движутся почти целиком в направлении полета производящих их α -частиц. Можно было ожидать по аналогии того же самого и у других элементов. Однако, у алюминия впервые был наблюден замечательный факт: *оказалось, что частицы выбрасываются не только вперед, но и назад и притом в одинаковом числе*. Этот эффект был обнаружен следующими двумя опытами:

1. Активный налет наносился на *алюминиевый* (вместо медного) диск. Алюминиевая пластинка перед источником была удалена. При таких условиях частицы с большим пробегом могли вызываться только α -частицами, проникающими внутрь алюминия, т.е. летящими от Zn S экрана.

2. Активный налет наносился на серебряный диск, повернутый активной стороной от Zn S экрана. Перед диском (с активной стороны) располагался алюминий.

В том и другом случае на экране наблюдались сцинтилляции для больших пробегов. Число их было того же порядка, что и при выбрасывании частиц в направлении полета α -частиц, хотя несколько меньше. Максимальный пробег оказался, однако, 67 см. вместо 90 см.

Аналогичные опыты были проделаны с азотом. Результаты показали, что в этом случае число частиц обратного направления, если они вообще существуют, должно быть чрезвычайно мало (меньше $\frac{1}{50}$ числа частиц прямого направления).

Что касается природы этих частиц с большим пробегом, то для случая азота уже было показано ранее, что они являются Н-атомами ⁴⁾. Природа частиц, возникающих в других элементах, пока не исследована, но вряд ли можно сомневаться в том, что мы всюду имеем дело с Н-частицами различной скорости. И во всяком случае эти частицы могут быть только продуктами раздробления атомных ядер элементов.

При истолковании результатов своих опытов Rutherford прежде всего отмечает, что Н-частицы дают только те элементы, у которых атомные веса выражаются общими формулами $4n + 2$ и $4n + 3$ (например: $6p - 11 = 2 \cdot 4 + 3$, азот — $14 = 3 \cdot 4 + 2$ и т. д.). Наоборот, элементы с атомными весами вида $4n$ (углерод, кислород) определенно не дают Н-частиц. Это лишний раз подтверждает уже установленное представление о том, что главными компонентами ядер элементов являются ядра водорода и гелия.

Далее, необходимо объяснить выбрасывание Н-атомов со скоростями, значительно большими тех, которые можно было бы дать по простой теории удара. Здесь прежде всего приходит в голову, что самый процесс разрушения ядра имеет характер взрыва, так что α -частицы играют только роль детонаторов. То обстоятельство, что алюминий выбрасывает частицы по всем направлениям, является убедительным подкреплением такой гипотезы. Однако, ей противоречит другой факт, наблюдаемый у алюминия и у азота, а именно, что скорость Н-частиц приблизительно пропорциональна скорости летящих α -частиц. Следует заметить, что вследствие трудности опытов точно определить пробег (а следовательно, и скорость) Н-атомов невозможно. Таким образом нельзя считать этот факт вполне установленным, — что отмечается и самим Rutherford'ом. Тем не менее механизм расщепления он представляет себе, как выталкивание Н-атомов из ядра. Чтобы объяснить избыточную скорость и энергию (у азота пробег 40 см., у алюминия — 90 вместо 28), а также выбрасывание из алюминия частиц об атомного направления, Rutherford строит особую модель ядра. Именно, — он представляет себе, что Н-ядра являются спутниками, обращающимися около главной массы ядра. Такая система будет, конечно, неустойчивой и потому Rutherford делает дальнейшее допущение, что на очень малых расстояниях в ядре отталкивательные силы заменяются притягательными, так что α -частица при своем движении сперва отталкивается ядром, а потом притягивается. Эту гипотезу Rutherford подкрепляет лишь ссылкой на то, что иначе трудно понять устойчивость ядра, составленного из одних положительных зарядов. Если это так, то в том случае, когда α -частица сообщает Н-спутнику толчок по направлению к ядру, под влиянием возмущающего притяжения последнего, спутник описывает разомкнутую орбиту и вылетает из ядра в направлении обратном полету α -частицы. Во всех остальных случаях он выталкивается по направлению движения α -частицы. Избыточная энергия берется за счет внутренней энергии ядра. Эту энергию, освобождающуюся при расщеплении, Rutherford подсчитывает. Действительно, зная пробег Н-частицы, можно вычислить по формуле Geiger'a ее скорость, а следовательно, и энергию. Для Н-частиц из алюминия при вылете вперед получается кинетическая энергия 2,81 V, где V — скорость α -частицы, т. е. в 1,4 раза больше кинетической энергии α -частицы. Любопытно отметить, что выбрасывания Н-частиц из алюминия не происходит, если пробег α -частиц меньше 5 см. Если вычислить энергию такой α -частицы, пересчитать эту энергию на электрон и выразить в вольтах, то получается около 6.000.000 вольт, в то время как энергия, необходимая для удаления электрона с К-кольца составляет всего 2.200 V.

Э. Шпольский.

⁴⁾ Rutherford. Proc. Roy. Soc. A, 97, p. 374 (1920), русск. перев. см. „Успехи Физических Наук“, т. II, вып. 2, стр. 194.