

## 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* <sup>1)</sup>. В реферируемой статье авторы сообщают ряд интересных и важных подробностей.

Когда Rutherford'у удалось впервые обнаружить возникновение Н-частиц из азота <sup>2)</sup>, сцинтилляции, которые эти частицы возбуждали на экране из *Zn S*, 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 *слоды и парафина*). Результаты исследования приведены в помещаемой ниже таблице.

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Rutherford. Phil. Mag., 37, p. 581 (1919).

| Элемент. | Вещество, подвергавшееся исследованию. | Число частиц в минуту. | Максимальный пробег в см. воздуха. |
|----------|--|------------------------|------------------------------------|
| Литий    | $\text{Li}_2\text{O}$                  | —                      | —                                  |
| Бериллий | $\text{BeO}$                           | —                      | —                                  |
| Бор      | $\text{B}$                             | 0,15                   | 5 45                               |
| Углерод  | $\text{CO}_2$                          | —                      | —                                  |
| Азот     | воздух                                 | 0,7                    | 40                                 |
| Кислород | $\text{O}_2$                           | —                      | —                                  |
| Фтор     | $\text{CaF}_2$                         | 0,4                    | > 40                               |
| Натрий   | $\text{Na}_2\text{O}$                  | 0,2                    | 5 42                               |
| Магний   | $\text{MgO}$                           | —                      | —                                  |
| Алюминий | $\text{Al}; \text{Al}_2\text{O}_3$     | 1,1                    | 90                                 |
| Кремний  | $\text{Si}$                            | —                      | —                                  |
| Фосфор   | $\text{P}$ (красный)                   | 0,7                    | 5 65                               |
| Сера     | $\text{S}; \text{SO}_2$                | —                      | —                                  |

Кроме того исследовался ряд более тяжелых элементов: хлор—из  $\text{MgCl}_2$ , калий—из  $\text{KCl}$ ; кальций из  $\text{CaO}$ , титан из  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ , 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 ( $\alpha$ -частицы имели пробег 7,0 см. воздуха). Оказалось, что в то время, как при поглощении в 12 см. воздуха число частиц из  $\text{N}_2$  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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -частиц:  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\text{H}$ -частицы, получаемые в водороде, движутся почти целиком в направлении полета производящих их  $\alpha$ -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 *алюминевый* (вместо медного) диск. Алюминиевая пластинка перед источником была удалена. При таких условиях частицы с большим пробегом могли вызываться только  $\alpha$ -частицами, проникающими внутрь алюминия, т.е. летящими от  $\text{Zn S}$  экрана.

2. Активный налет наносился на серебряный диск, повернутый активной стороной от  $\text{Zn S}$  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  $\alpha$ -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 ран ше, что они являются Н-атомами <sup>4)</sup>. Природа частиц, возникающих в других элементах, пока не исследована, но вряд ли можно сомн ваться 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: бер —  $11 = 2 \cdot 4 + 3$ , 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 подве ждает 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  $\alpha$ -частицы играют только роль детонаторов. То обстоятельство, что алюминий выбрасывает частицы по всем направлениям, является убедительным подтверждением такой гипотезы. Однако, ей противоречит другой факт, наблюдаемый у алюминия и у азота, а именно, что скорость Н-частиц приблизительно пропорциональна скоростилетающих  $\alpha$ -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 атного 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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -частицы. Во всех остальных случаях он выталкивается по направлению движения  $\alpha$ -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  $\alpha$ -частицы, т. е. в 1,4 раза больше кинетической энергии  $\alpha$ -частицы. Любопытно отметить, что выбивания Н-частиц из алюминия не происходит, если пробег  $\alpha$ -частиц меньше 5 см. Если вычислить энергию такой  $\alpha$ -частицы, пересчитать эту энергию на электрон и выразить в вольтах, то получается около 6.000.000 вольт, в то время как энергия, потребная для удаления электрона с К-кольца составляет всего 2.200 V.

Э. Шпольский.

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