

## Уважаемые студенты!

### Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 5 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail ([tamara\\_grechko@mail.ru](mailto:tamara_grechko@mail.ru)).

**Обратите внимание!!!** В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

### Лекция

**Тема: Ядерная энергетика. Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы.**

#### План

- 1 Ядерная энергетика в физике
- 2 Радиоактивность

#### 1 Ядерная энергетика в физике

Атомы состоят из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов, вращающихся вокруг него, можно объяснить электрические и магнитные явления.

Все электрические явления – электризация трением, возникновение электрического тока в металлах и полупроводниках, газах и электролитах – убедительно свидетельствуют о том, что электрически заряженные частицы входят в состав атомов, а значит, и в состав всех веществ.

Важную роль в понимании природы атома сыграл периодический закон, открытый в 1868 г. Дмитрием Менделеевым и свидетельствующий о сложности строения атомов элементов. В курсе химии вы изучили этот закон: *свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от заряда их атомных ядер, и широко пользовались им для объяснения свойств химических элементов и химических явлений.*

*Дж. Дж. Томсон* открыл электрон ещё в 1897 г. Исходя из представлений об электронейтральности атома, учёный создал модель: атом состоит из положительно заряженного шара, заряд которого равномерно распределён по всему объёму, и отрицательно заряженных электронов, размещённых в его объёме. Модель была похожа на кекс с изюмом (см. рисунок 1). Модель атома Томсона позволяла объяснить явления ионизации атомов, электролиза, периодическую систему элементов, но исходя из неё нельзя было объяснить электромагнитные и оптические явления, результаты опыта Резерфорда и явление радиоактивности, описанные ниже.



Рисунок 1 – Модель атома Дж.Дж. Томсона

Немецкий физик *Ф. Ленард* в 1903 г. предложил модель «пустого» атома, внутри которого летают некие никем не установленные (ни ранее, ни теперь) нейтральные частицы, состоящие из взаимно уравновешенных положительных и отрицательных зарядов.

Решению проблемы строения атома посвятили свою жизнь выдающиеся учёные мира *Э. Резерфорд, Х. Гейгер, Н. Бор* и др. Наиболее важную роль для выяснения строения атома сыграли опыты Э. Резерфорда. Резерфорд знал, что электрон в 2000 раз легче атома водорода. Атом электронейтрален, значит, именно на положительный заряд приходится вся его масса.

Если выяснить, как распределён положительный заряд, то станет ясно, как распределена масса атома. Учёный приходит к мысли о бомбардировке атома  $\alpha$ -частицами, масса которых приблизительно в 7 300 раз больше массы электрона. Их положительный заряд вдвое больше по модулю заряда электрона (это дважды ионизированные атомы гелия), а скорость движения равна приблизительно  $15\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ .

Рассмотрим экспериментальную установку Резерфорда (см. рисунок 2, а). На столе 5, вращающемся вокруг вертикальной оси, в вакууме

размещались свинцовый контейнер 1 с источником  $\alpha$ -частиц; в центре стола – золотая фольга 2; на краю стола – неподвижные экран из сульфида цинка (ZnS) 3 и микроскоп 4.

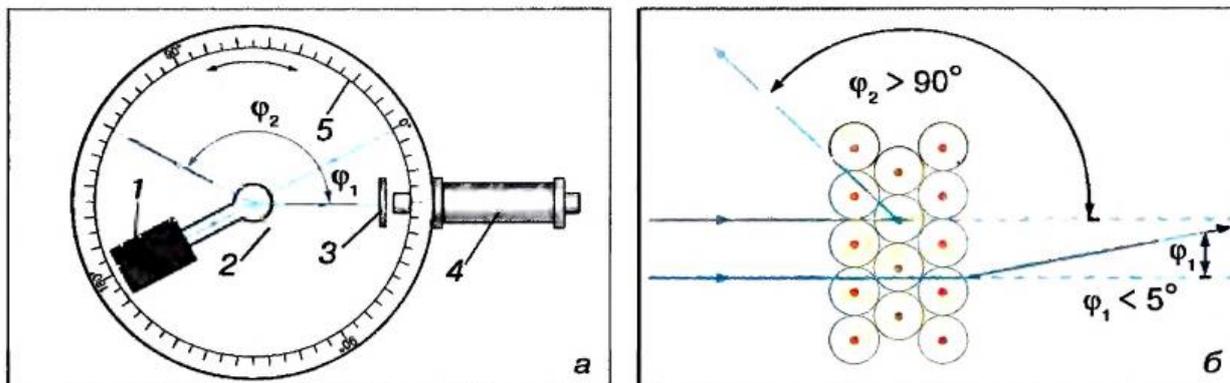


Рисунок 2

$\alpha$ -Частица – это своего рода «снаряд» атомного мира, который можно направить на слой вещества, чтобы исследовать, как оно будет влиять на траекторию частицы. Сплошные атомы Томсона должны были бы тормозить частицы и не пропускать их дальше. Чтобы частица встретила как можно меньше атомов, на её пути следует установить как можно более тонкую пластинку. Тончайшую фольгу можно получить из золота. Те частицы, которые пройдут сквозь фольгу, вызовут на экране сцинтилляции (световые вспышки), наблюдаемые с помощью микроскопа.

Если в установке достигнут высокий вакуум и нет фольги, то на экране появляется светлое пятно, образованное сцинтилляциями, вызванными тонким пучком  $\alpha$ -частиц. Если на пути  $\alpha$ -частиц установить золотую фольгу, то они будут рассеиваться, а пятно – размываться на большую площадь. Почти все частицы свободно проходят сквозь фольгу и практически не отклоняются от прежней траектории, лишь 2-3 % из них рассеиваются, отклоняясь от начального направления на несколько градусов.

Во время продолжительных наблюдений ученик Резерфорда изредка замечал вспышки, соответствующие значительным отклонениям  $\alpha$ -частиц от начального направления движения после прохождения сквозь фольгу.

В поисках ответа на вопрос, почему резко отклоняются одиночные  $\alpha$ -частицы, Резерфорд предлагает исследовать, бывают ли частицы, которые, отражаясь от фольги, рассеиваются на углы, большие  $90^\circ$ , а то и на все  $180^\circ$ ? И такие одиночные частицы – одна из тысячи – бывают (см. рисунок 2, а, б). Этот факт казался непонятным.

Выясним, по каким причинам  $\alpha$ -частица может изменить направление полета.  $\alpha$ -Частица имеет массу и заряд, поэтому на неё могут действовать как сила тяготения, так и электрическая сила. Известно, что электрические

силы взаимодействия заряженных частиц значительно превосходят силы тяготения между ними. Например, электрическая сила взаимодействия  $\alpha$ -частицы с протоном или электроном в  $10^{33}$  раз превышает силу тяготения между  $\alpha$ -частицей и массивным атомом свинца. Это означает, что во взаимодействии  $\alpha$ -частицы с атомами фольги роль сил тяготения незначительна, и ими можно пренебречь. Следовательно, отклонение  $\alpha$ -частицы от начального направления полёта обусловлено действием электрически заряженных частиц, содержащихся внутри атомов.

*Что это за частицы? Как они размещены в атомах?* Ответы на эти вопросы и должны были дать опыты Резерфорда. Очевидно, что заряженная частица, отклоняющая  $\alpha$ -частицу на большой угол, не может быть электроном. Ведь масса электрона приблизительно в 7 300 раз меньше массы  $\alpha$ -частицы. Поскольку столкновения с электронами не изменяют направления движения  $\alpha$ -частиц, то их отклонения на большие углы обусловлены взаимодействием не с электронами, а с положительно заряженными частицами. Но в «сплошном» атоме в модели Томсона электрическое поле положительного заряда недостаточно сильное, чтобы отклонить быструю и массивную  $\alpha$ -частицу на большой угол.

Результаты опытов Резерфорда свидетельствуют, что хотя атомы в твёрдом теле очень плотно прилегают друг к другу, подавляющее большинство  $\alpha$ -частиц пронизывают, почти не отклоняясь, несколько тысяч атомов. Отсюда он сделал вывод, что атомы практически пустые, и лишь в центре находится положительно заряженное ядро размером порядка  $10^{-15}$  м. Из опытов также следует, что в ядре сосредоточена почти вся масса атома. Значит, масса положительно заряженного ядра, с которым сталкивается  $\alpha$ -частица, отклоняющаяся на угол, близкий к  $180^\circ$ , значительно превышает массу самой  $\alpha$ -частицы (см. рисунок 209, б).

Опыты Резерфорда вместе с установлением ядерной структуры атома свидетельствуют ещё и о высокой «прочности» атомных ядер, не разрушающихся даже при лобовых столкновениях с  $\alpha$ -частицами, налетающими на ядра с большой скоростью.

В мае 1911 г. Резерфорд печатает в «Философском журнале» статью, в которой рассказывает об экспериментах, натолкнувших его на мысль о планетарной модели атома. Это была эпохальная научная работа.

Согласно этой модели атом состоит из положительно заряженного массивного ядра размером порядка  $10^{-15}$  м. Вокруг ядра движутся электроны, образуя так называемую электронную оболочку атома (см.

рисунок 3). Заряд ядра по значению равен модулю суммарного заряда всех электронов. В ядре сосредоточена почти вся масса атома(99,95 %).

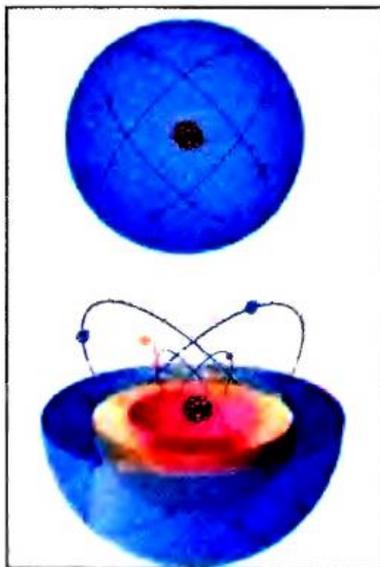


Рисунок 3

Планетарная модель атома хорошо объясняла результаты опытов по рассеянию  $\alpha$ -частиц веществом. Исходя из этой модели английский физик **Г. Мозли** на основе результатов своих опытов установил, что заряд атомного ядра  $q_{\text{я}}$ , равен произведению порядкового номера  $Z$  элемента в периодической системе элементов и элементарного электрического заряда  $e$ :

$$q_{\text{я}} = Ze$$

где  $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$  и равно модулю заряда электрона.

Порядковый номер химического элемента  $Z$  (*зарядовое число*) определяет количество протонов в ядре и тем самым – количество электронов вокруг ядра.

## 2 Радиоактивность

Открытие радиоактивности в 1896 г. стало переворотом в науке. Французский физик **А. Беккерель** исследовал фосфоресценцию (свечение) солей урана. Его интересовало, не могут ли открытые незадолго до этого X-лучи (рентгеновские лучи) излучаться телами, в которых наблюдается явление фосфоресценции под действием солнечного облучения. Беккерель подверг кристаллы солей урана сильному солнечному облучению и поместил их на завёрнутую в чёрную бумагу фотопластинку. После проявления фотопластинки на ней были видны контуры образца. «Очевидно, урановая соль испускает какие-то лучи, которые проходят сквозь бумагу и

засвечивают фотопластинку. Интересно, связано ли это с фосфоресценцией?» – подумал учёный.

Счастливым случай помог Беккерелю ответить на этот вопрос. Пасмурным днём, когда провести очередной опыт не удалось, учёный спрятал препарат в ящик. На завернутой в чёрную бумагу фотопластинке лежал медный крест, а на нём – препарат из двойного сульфата калия и урана. Проявив пластинку, Беккерель неожиданно увидел, что на ней образовался чёткий контур креста. Значит, излучение происходит в темноте и без предварительного освещения соли урана солнечными лучами. Необыкновенным было то, что оно подобно X-лучам имеет чрезвычайную проникающую способность. В 1898 г. *Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри* после продолжительной и упорной работы (см. рисунок 4) выделили из урановой руды новые химические элементы – радий и полоний, которые подобно урану спонтанно (самопроизвольно), но в несколько тысяч раз интенсивнее испускали невидимые лучи.

В следующем, 1899 г. Э. Резерфорд исследовал прохождение лучей, открытых Беккерелем, в сильном магнитном поле и установил, что «излучение урана является сложным и в нём присутствует, по крайней мере, два излучения различного типа». Он наблюдал, что пучок лучей, испускаемых источником, в магнитном поле расщеплялся: один из его компонентов отклонялся от начального направления в одну сторону, а другой – в противоположную. Это означало, что лучи переносят электрический заряд разных знаков. Пучок, который переносил положительный заряд, отклонялся на меньший угол и сильно поглощался, Резерфорд назвал  **$\alpha$ -излучением**, а тот, который переносил отрицательный заряд, отклонялся на больший угол и был более проникающим, –  **$\beta$ -излучением**.

Важным свойством обнаруженного излучения оказалась его полная независимость от внешних условий: освещённости, температуры, давления, электрического и магнитного полей и др. Свойство веществ самопроизвольно (спонтанно) испускать излучение было названо радиоактивностью, а вещества, испускающие такое излучение, – **радиоактивными**.

В 1900 г. французский учёный *П. Вийяр* показал, что существует и третья составляющая излучения урана с очень высокой проникающей способностью, не отклоняющаяся в магнитном поле (см. рисунок 4). Её назвали третьей буквой греческого алфавита –  **$\gamma$ -излучением**. В том же году П. Кюри и М. Склодовская-Кюри показали, что  **$\beta$ -излучение** – это поток электронов, летящих с большой скоростью. Резерфорд своими знаменитыми

опытами доказал, что  $\alpha$ -излучение – это поток относительно тяжёлых частиц, которые оказались ядрами атомов гелия.

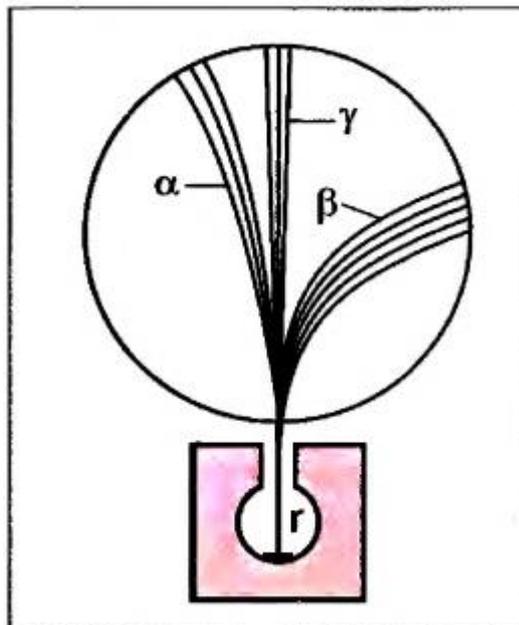


Рисунок 4

Электроны, летящие с большой скоростью, называют  **$\beta$ -частицами**, ядра атомов гелия –  **$\alpha$ -частицами**.  $\gamma$ -Лучи по своей природе подобны X-лучам, видимому свету и радиоволнам, но имеют значительно меньшую длину волны и очень высокую проникающую способность.

Характерным признаком  **$\alpha$ -частиц** является их огромная энергия. Радиоактивные вещества испускают  $\alpha$ -частицы, энергия которых различна. Чаще всего радиоактивное вещество излучает не одну, а несколько групп  $\alpha$ -частиц, которым присущи определённые значения начальной энергии.

Двигаясь в веществе,  **$\alpha$ -частица** постепенно теряет энергию, расходуя её на ионизацию молекул вещества, и, в конце концов, останавливается. Чем больше плотность вещества, тем короче путь частиц до остановки. В воздухе при нормальном давлении путь  $\alpha$ -частицы равен нескольким сантиметрам. В твёрдом веществе путь частиц составляет всего несколько десятков микрон ( **$\alpha$ -частицы** задерживаются обычным листом бумаги).

**$\beta$ -Излучение** – это поток электронов. В отличие от  $\alpha$ -частиц значения их энергии лежат в пределах от нуля до определённого максимального значения  $E_m$ . Максимальная энергия  $E_m$  является характерной постоянной для данного химического элемента.

Из-за относительно малой массы  $\beta$ -частиц при прохождении сквозь вещество возможны их отклонения на значительные углы – рассеяние в разные стороны. Траектории  $\beta$ -частиц в веществе очень изломанны. Тем не менее суммарная толщина слоя, на которую  $\beta$ -частица проникает в вещество, в десятки раз превышает пробег  $\alpha$ -частиц.

Отсутствие отклонений в электрическом и магнитном полях, огромная проникающая способность  $\gamma$ -лучей указывали на то, что по своей природе они аналогичны рентгеновским лучам. Проникающая способность  $\gamma$ -лучей увеличивается с уменьшением длины волны  $\gamma$ -излучения и уменьшается с ростом плотности вещества-поглотителя.