

Физика 9 Б класс

Дистанционные уроки на неделю с 13 по 17 апреля 2020, 3 часа в неделю

Учитель физики информатики Гаджиагаев Тагир Гаджиагаевич

Учебник Перышкин, Гутник Физика 9 класс

Внимание! Ответы на вопросы и задания оформлять письменно в рабочих тетрадях. Работы будут проверены.

1 занятие

§ 52 Радиоактивность. Модели атомов стр 220-226

Задание : Прочитать параграф, ответить на вопросы в конце параграфа письменно

2 занятие

§ 53 Радиоактивные превращения атомных ядер стр 226-229

Задание : Прочитать параграф, ответить на вопросы в конце параграфа письменно , упражнение 46, задания 1-4, стр 229,

3 занятие

§ 54 Экспериментальные методы исследования частиц стр 230-233

Задание : Прочитать параграф, ответить на вопросы в конце параграфа письменно

СТРОЕНИЕ АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АТОМНЫХ ЯДЕР

§ 52

РАДИОАКТИВНОСТЬ. МОДЕЛИ АТОМОВ

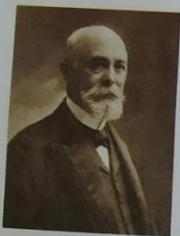
Предположение о том, что все тела состоят из мельчайших частиц, было высказано древнегреческими философами *Левкиппом* и *Демокритом* примерно 2500 лет назад. Частицы эти были названы *атомами*, что означает «неделимые». Атом — это мельчайшая, простейшая, не имеющая составных частей и поэтому неделимая частица.

Но примерно с середины XIX в. стали появляться экспериментальные факты, которые ставили под сомнение представления о неделимости атомов. Результаты этих экспериментов наводили на мысль о том, что атомы имеют сложную структуру и что в их состав входят электрически заряженные частицы.

Наиболее ярким свидетельством сложного строения атома явилось открытие явления радиоактивности, сделанное французским физиком *Анри Беккерелем* в 1896 г.

Беккерель обнаружил, что химический элемент уран самопроизвольно (т. е. без внешних воздействий) излучает ранее неизвестные невидимые лучи, которые позже были названы *радиоактивным излучением*.

Поскольку радиоактивное излучение обладало необычными свойствами, многие учёные занялись его исследованием. Оказалось, что не только уран, но и некоторые другие химические элементы (например, ра-



АНРИ БЕККЕРЕЛЬ

(1852—1908)

Французский физик. Один из первооткрывателей радиоактивности

220



ЭРНЕСТ РЕЗЕРФОРД

(1871—1935)

Английский физик. Обнаружил сложный состав радиоактивного излучения радия, предложил ядерную модель строения атома. Открыл протон

дий) тоже самопроизвольно испускают радиоактивные лучи. Способность атомов некоторых химических элементов к самопроизвольному излучению стали называть *радиоактивностью* (от лат. radio — излучаю и activus — действенный).

В 1899 г. в результате опыта, проведённого под руководством английского физика *Эрнеста Резерфорда*, было обнаружено, что радиоактивное излучение радия неоднородно, т. е. имеет сложный состав. Рассмотрим, как проводился этот опыт.

На рисунке 156, а изображён толстостенный свинцовый сосуд с крупной радия на дне. Пучок радиоактивного излучения радия выходит сквозь узкое отверстие и попадает на фотопластинку (излучение радия происходит во все стороны, но сквозь толстый слой свинца оно пройти не может). После проявления фотопластинки на ней обнаруживалось одно тёмное пятно — как раз в том месте, куда попал пучок.

Потом опыт изменяли (рис. 156, б): создавали сильное магнитное поле, действовавшее на пучок. В этом случае на проявленной пластинке возникало три пятна: одно, центральное, было на том же месте, что и раньше, а два других — по разные стороны от центрального. Если два потока отклонились в магнитном поле от прежнего направления, значит, они представляют собой потоки заряженных частиц. Отклонение в разные стороны свидетельствовало о разных знаках электрических зарядов частиц. В одном потоке присутствовали только положительно заряженные частицы, в другом — отрицательно заряженные. А центральный поток представлял собой излучение, не имеющее электрического заряда.

Положительно заряженные частицы называли *альфа-частицами*, отрицательно заряженные — *бета-частицами*, а нейтраль-

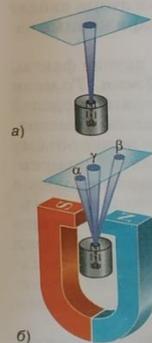


Рис. 156. Схема опыта Резерфорда по определению состава радиоактивного излучения

221

2020/4/9 16:20

$\beta - e^-$
 $\alpha - p^+$
 $\gamma - \gamma \gamma \gamma$



ДЖОЗЕФ ДЖОН ТОМСОН
(1856—1940)

Английский физик. Открыл электрон. Предложил одну из первых моделей строения атома

ные — **гамма-частицами** или гамма-квантами.

Некоторое время спустя в результате исследования различных физических характеристик и свойств этих частиц (электрического заряда, массы и др.) удалось установить, что β -частица представляет собой электрон, а α -частица — полностью ионизированный атом химического элемента гелия (т. е. атом гелия, потерявший оба электрона). Выяснилось также, что γ -излучение представляет собой один из видов, точнее диапазонов, электромагнитного излучения (см. рис. 136).

Явление радиоактивности, т. е. самопроизвольное излучение веществом α -, β - и γ -частиц, наряду с другими экспериментальными фактами, послужило основанием для предположения о том, что атомы вещества имеют сложный состав. Поскольку было известно, что атом в целом нейтрален, это явление позволило сделать предположение, что в состав атома входят отрицательно и положительно заряженные частицы.

Опираясь на эти и некоторые другие факты, английский физик **Джозеф Джон Томсон** предложил в 1903 г. одну из первых моделей строения атома. По предположению Томсона, атом представляет собой шар, по всему объёму которого равномерно распределён положительный заряд. Внутри этого шара находятся электроны. Каждый электрон может совершать колебательные движения около своего положения равновесия. Положительный заряд шара равен по модулю суммарному отрицательному заряду электронов, поэтому электрический заряд атома в целом равен нулю.

Модель строения атома, предложенная Томсоном, нуждалась в экспериментальной проверке. В частности, важно было проверить, действительно ли положительный заряд

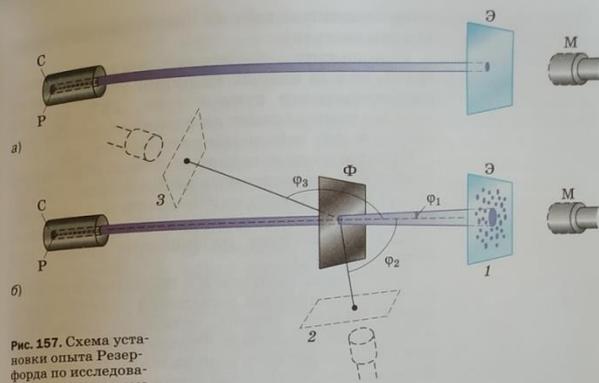


Рис. 157. Схема установки опыта Резерфорда по исследованию строения атома

распределён по всему объёму атома с постоянной плотностью. Поэтому в 1911 г. Резерфорд совместно со своими сотрудниками провёл ряд опытов по исследованию состава и строения атомов.

Чтобы понять, как проводились эти опыты, рассмотрим рисунок 157. В опытах использовался свинцовый сосуд С с радиоактивным веществом Р, излучающим α -частицы. Из этого сосуда α -частицы вылетают через узкий канал со скоростью порядка 15 000 км/с.

Поскольку α -частицы непосредственно увидеть невозможно, то для их обнаружения служит стеклянный экран Э. Экран покрыт тонким слоем специального вещества, благодаря чему в местах попадания в экран α -частиц возникают вспышки, которые наблюдаются с помощью микроскопа М. Такой метод регистрации частиц называется **методом сцинтилляций** (т. е. вспышек).

Вся эта установка помещается в сосуд, из которого откачан воздух (чтобы устранить рассе-

15000 км/с

яние α -частиц за счёт их столкновений с молекулами воздуха).

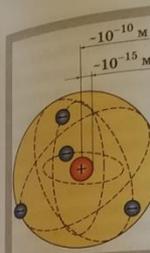
Если на пути α -частиц нет никаких препятствий, то они падают на экран узким, слегка расширяющимся пучком (рис. 157, а). При этом все возникающие на экране вспышки сливаются в одно небольшое световое пятно.

Если же на пути α -частиц поместить тонкую фольгу F из исследуемого металла (рис. 157, б), то при взаимодействии с веществом α -частицы рассеиваются по всем направлениям на разные углы φ (на рисунке изображены только три угла: φ_1, φ_2 и φ_3).

Когда экран находится в положении 1, наибольшее количество вспышек расположено в центре экрана. Значит, основная часть всех α -частиц прошла сквозь фольгу, почти не изменив первоначального направления (рассеялась на малые углы). При удалении от центра экрана на количество вспышек становится меньше. Следовательно, с увеличением угла рассеяния φ количество рассеянных на эти углы частиц резко уменьшается.

Перемещая экран вместе с микроскопом вокруг фольги, можно обнаружить, что некоторое (очень небольшое) число частиц рассеялось на углы, близкие к 90° (это положение экрана обозначено цифрой 2), а некоторые единичные частицы — на углы порядка 180° , т. е. в результате взаимодействия с фольгой были отброшены назад (положение 3).

Именно эти случаи рассеяния α -частиц на большие углы дали Резерфорду наиболее важную информацию для понимания того, как устроены атомы веществ. Проанализировав результаты опытов, Резерфорд пришёл к выводу, что столь сильное отклонение α -частиц возможно только в том случае, если внутри атома имеется чрезвычайно сильное электрическое поле. Такое поле могло быть создано зарядом, сконцентрированным в очень малом объёме (по сравнению с объёмом атома).



Один из примеров схематического изображения ядерной модели атома, предложенной Э. Резерфордом

Поскольку масса электрона примерно в 8000 раз меньше массы α -частицы, электроны, входящие в состав атома, не могли существенным образом изменить направление движения α -частиц. Поэтому в данном случае речь может идти только о силах электрического отталкивания между α -частицами и положительно заряженной частью атома, масса которой значительно больше массы α -частицы.

Эти соображения привели Резерфорда к созданию ядерной (планетарной) модели атома (о которой вы уже имеете представление из курса физики 8 класса). Напомним, что, согласно этой модели, в центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее очень малый объём атома. Вокруг ядра движутся электроны, масса которых значительно меньше массы ядра. Атом электрически нейтрален, поскольку заряд ядра равен модулю суммарного заряда электронов.

Резерфорд сумел оценить размеры ядер атомов. Оказалось, что в зависимости от массы атома его ядро имеет диаметр порядка 10^{-14} — 10^{-15} м, т. е. оно в десятки и даже сотни тысяч раз меньше атома (атом имеет диаметр около 10^{-10} м).

Рисунок 158 иллюстрирует процесс прохождения α -частиц сквозь атомы вещества с точки зрения ядерной модели. На этом рисунке показано, как меняется траектория полёта α -частиц в зависимости от того, на каком расстоянии от ядра они пролетают. Напряжённость создаваемого ядром электрического поля, а значит, и сила действия на α -частицу довольно быстро убывают с увеличением расстояния от ядра. Поэтому направление полёта частицы сильно меняется только в том случае, если она проходит очень близко к ядру.

Поскольку диаметр ядра значительно меньше диаметра атома, то большая часть из числа всех α -частиц проходит сквозь атом на таких



Рис. 158. Траектории полёта α -частиц при прохождении сквозь атомы вещества

расстояниях от ядра, где сила отталкивания создаваемого им поля слишком мала, чтобы существенно изменить направление движения α -частиц. И только очень немногие частицы пролетают рядом с ядром, т. е. в области сильного поля, и отклоняются на большие углы. Именно такие результаты и были получены в опыте Резерфорда.

Таким образом, в результате опытов по рассеянию α -частиц была доказана несостоятельность модели атома Томсона, выдвинута ядерная модель строения атома и проведена оценка диаметров атомных ядер.

Вопросы

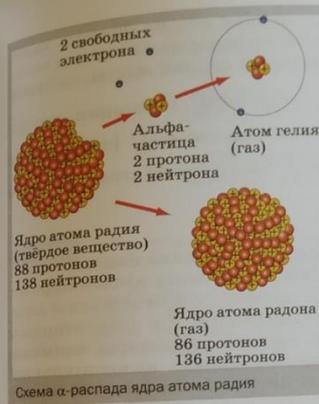
1. В чём заключалось открытие, сделанное Беккерелем в 1896 г.?
2. Расскажите, как проводился опыт, схема которого изображена на рисунке 156. Что выяснилось в результате этого опыта? 3. О чём свидетельствовало явление радиоактивности? 4. Что представлял собой атом согласно модели, предложенной Томсоном? 5. Используя рисунок 157, расскажите, как проводился опыт по рассеянию α -частиц. 6. Какой вывод был сделан Резерфордом на основании того, что некоторые α -частицы при взаимодействии с фольгой рассеялись на большие углы? 7. Что представляет собой атом согласно ядерной модели, выдвинутой Резерфордом?

§ 53

РАДИОАКТИВНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ АТОМНЫХ ЯДЕР

В 1903 г. (т. е. ещё до обнаружения существования атомных ядер) Резерфорд и его сотрудник, английский химик **Фредерик Содди**, обнаружили, что радиоактивный элемент радий в процессе α -распада (т. е. самопроизвольного излучения α -частиц) превращается в другой химический элемент — радон.

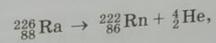
Радий и радон отличаются по своим физическим и химическим свойствам. Радий — металл, при обычных условиях он находится в твёрдом состоянии, а радон — инертный газ. Атомы этих химических элементов отличаются массой, зарядом ядра, числом электронов в электронной оболочке. Они по-разному вступают в химические реакции.



Дальнейшие опыты с различными радиоактивными препаратами показали, что не только при α -распаде, но и при β -распаде происходит превращение одного химического элемента в другой.

После того как в 1911 г. Резерфордом была предложена ядерная модель атома, стало очевидным, что именно ядро претерпевает изменения при радиоактивных превращениях. Действительно, если бы изменения затрагивали только электронную оболочку атома (например, потеря одного или нескольких электронов), то при этом атом превращался бы в ион того же самого химического элемента, а вовсе не в атом другого элемента, с другими физическими и химическими свойствами.

Реакция α -распада ядра атома радия с превращением его в ядро атома радона записывается так:



где знаком ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ обозначено ядро атома радия, знаком ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ — ядро атома радона и знаком ${}^4_2\text{He}$ — α -частица, или, что то же самое, ядро атома гелия (т. е. ядра атомов обозначаются так же, как и сами атомы в таблице Д. И. Менделеева).

Число, стоящее перед буквенным обозначением ядра сверху, называется **массовым числом**, а снизу — **зарядовым числом** (или атомным номером).

Handwritten notes: ${}^4_2\text{He}$, ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, ${}^4_2\text{He}$, \ominus заряд

Массовое число ядра атома данного химического элемента с точностью до целых чисел равно числу атомных единиц массы, содержащихся в массе этого ядра. (Напомним, что одна атомная единица массы (сокращённо 1 а. е. м.) равна $\frac{1}{12}$ части массы атома углерода $^{12}_6\text{C}$.)

Зарядовое число ядра атома данного химического элемента равно числу элементарных электрических зарядов, содержащихся в заряде этого ядра. (Напомним, что элементарным электрическим зарядом называется наименьший электрический заряд, положительный или отрицательный, равный по модулю заряду электрона.)

Можно сказать и так: зарядовое число равно заряду ядра, выраженному в элементарных электрических зарядах.

Оба эти числа — массовое и зарядовое — всегда целые и положительные. Они не имеют размерности (т. е. единиц измерения), поскольку указывают, во сколько раз масса и заряд ядра больше единичных.

По уравнению реакции можно увидеть, что ядро атома радия в результате излучения им α -частицы теряет приблизительно четыре атомные единицы массы и два элементарных заряда, превращаясь при этом в ядро атома радона.

Эта запись является следствием того, что в процессе радиоактивного распада выполняются законы сохранения массового числа и заряда: массовое число (226) и заряд (88) распадающегося ядра атома радия равны соответственно сумме массовых чисел ($222 + 4 = 226$) и сумме зарядов ($86 + 2 = 88$) ядер атомов радона и гелия, образовавшихся в результате этого распада.

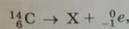
Таким образом, из открытия, сделанного Резерфордом и Содди, следовало, что ядра атомов имеют сложный состав, т. е. состоят из каких-то частиц. Кроме того, стало ясно, что радиоактивность — это способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием частиц.

Вопросы

1. Что происходит с радиоактивными химическими элементами в результате α - и β -распада? Приведите примеры.
2. Какая часть атома — ядро или электронная оболочка — претерпевает изменения при радиоактивном распаде? Почему вы так думаете?
3. Чему равно массовое число; зарядовое число?
4. На примере реакции α -распада радия объясните, в чём заключаются законы сохранения заряда (зарядового числа) и массового числа.
5. Какой вывод следовал из открытия, сделанного Резерфордом и Содди?
6. Что такое радиоактивность?

УПРАЖНЕНИЕ 46

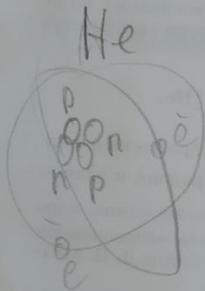
1. Определите массу (в а. е. м. с точностью до целых чисел) и заряд (в элементарных зарядах) ядер атомов следующих химических элементов: углерода $^{12}_6\text{C}$; лития ^7_3Li ; кальция $^{40}_{20}\text{Ca}$.
2. Сколько электронов содержится в атомах каждого из химических элементов, перечисленных в предыдущей задаче?
3. Определите (с точностью до целых чисел), во сколько раз масса ядра атома лития ^7_3Li больше массы ядра атома водорода ^1_1H .
4. Для атома бериллия ^9_4Be определите: а) массу ядра в а. е. м. (с точностью до целых чисел); б) заряд ядра в элементарных электрических зарядах; в) число электронов в атоме.
5. Пользуясь законами сохранения массового числа и заряда, определите массовое число и заряд ядра химического элемента X, образующегося в результате следующей реакции β -распада:



где ${}^0_{-1}\text{e}$ — β -частица (электрон).

Найдите этот элемент в таблице Д. И. Менделеева на форзаце учебника. Как он называется?

1 ат. 2130р -
|e| - 1,6 · 10



Для дальнейшего развития ядерной физики (в частности, для исследования строения атомных ядер) необходимы были специальные устройства, с помощью которых можно было бы регистрировать ядра и различные частицы, а также изучать их взаимодействия.

Один из известных вам методов регистрации частиц — метод сцинтилляций — не даёт необходимой точности, так как результат подсчёта всплешек на экране в большой степени зависит от остроты зрения наблюдателя. Кроме того, длительное наблюдение оказывается невозможным, так как глаз быстро устаёт.

Более совершенным прибором для регистрации частиц является так называемый **счётчик Гейгера**, изобретённый в 1908 г. немецким физиком **Гансом Гейгером**.

Для рассмотрения устройства и принципа действия этого прибора обратимся к рисунку 159. Счётчик Гейгера состоит из металлического цилиндра, являющегося катодом (т. е. отрицательно заряженным электродом), и натянутой вдоль его оси тонкой проволоочки — анода (т. е. положительного электрода). Катод и анод через сопротивление R присоединены к источнику высокого напряжения (порядка 200–1000 В), благодаря чему в пространстве между электродами возникает сильное электрическое поле. Оба электрода помещают в герметичную стеклянную трубку, заполненную разреженным газом (обычно аргоном).

Пока газ не ионизирован, ток в электрической цепи источника напряжения отсутствует. Если же в трубку сквозь её стенки влетает какая-нибудь частица, способная ионизировать атомы газа, то в трубке образуется некоторое количество электрон-ионных пар. Электроны и ионы начинают двигаться к соответствующим электродам.



Рис. 159. Схема устройства счётчика Гейгера

Если напряжённость электрического поля достаточно велика, то электроны на длине свободного пробега (т. е. между соударениями с молекулами газа) приобретают достаточно большую энергию и тоже ионизируют атомы газа, образуя новое поколение ионов и электронов, которые тоже могут принять участие в ионизации, и т. д. В трубке образуется так называемая электронно-ионная лавина, в результате чего происходит кратковременное и резкое возрастание силы тока в цепи и напряжения на сопротивлении R . Этот импульс напряжения, свидетельствующий о попадании в счётчик частицы, регистрируется специальным устройством.

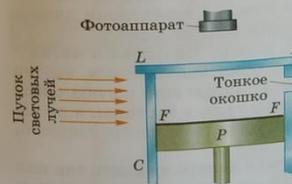
Поскольку сопротивление R очень велико (порядка 10^9 Ом), то в момент протекания тока основная доля напряжения источника падает именно на нём, в результате чего напряжение между катодом и анодом резко уменьшается и разряд автоматически прекращается (так как это напряжение становится недостаточным для образования новых поколений электронно-ионных пар). Прибор готов к регистрации следующей частицы.

Счётчик Гейгера применяется в основном для регистрации электронов, но существуют модели, пригодные и для регистрации γ -квантов.

Счётчик позволяет только регистрировать тот факт, что через него пролетает частица. Гораздо большие возможности для изучения микромира даёт прибор, изобретённый шотландским физиком **Чарлзом Вильсоном** в 1912 г. и называемый **камера Вильсона**.

Камера Вильсона (рис. 160) состоит из невысокого стеклянного цилиндра CC со стеклянной крышкой LL (на рисунке цилиндр показан в разрезе). Внут-

Рис. 160. Схема устройства камеры Вильсона



три цилиндра может двигаться поршень P . На дне камеры находится чёрная ткань FF . Благодаря тому что ткань увлажнена смесью воды с этиловым спиртом, воздух в камере насыщен парами этих жидкостей.

При быстром движении поршня вниз находящиеся в камере воздух и пары жидкостей расширяются, их внутренняя энергия уменьшается, температура понижается.

В обычных условиях это вызвало бы конденсацию паров (появление тумана). Однако в камере Вильсона этого не происходит, так как из неё предварительно удаляются так называемые **ядра конденсации** (пылинки, ионы и пр.). Поэтому в данном случае при понижении температуры в камере пары жидкостей становятся **пересыщенными**, т. е. переходят в крайне неустойчивое состояние, при котором они будут легко конденсироваться на любых образующихся в камере ядрах конденсации, например на ионах.

Изучаемые частицы впускаются в камеру через тонкое окошко (иногда источник частиц помещают внутри камеры). Пролетая с большой скоростью через газ, частицы создают на своём пути ионы. Эти ионы и становятся ядрами конденсации, на которых пары жидкостей конденсируются в виде маленьких капелек (водяной пар конденсируется преимущественно на отрицательных ионах, пары этилового спирта — на положительных). Вдоль всего пути частицы возникает тонкий след из капелек (**трек**), благодаря чему её траектория движения становится видимой.

Если поместить камеру Вильсона в магнитное поле, то траектории заряженных частиц искривляются. По направлению изгиба следа можно судить о знаке заряда частицы, а по радиусу кривизны определять её массу, энергию, заряд.

Треки существуют в камере недолго, так как воздух нагревается, получая тепло от стенок

камеры, и капельки испаряются. Чтобы получить новые следы, необходимо удалить имеющиеся ионы с помощью электрического поля, сжать воздух поршнем, выждать, пока воздух в камере, нагретый при сжатии, охладится, и произвести новое расширение.

Обычно треки частиц в камере Вильсона не только наблюдают, но и фотографируют. При этом камеру освещают сбоку мощным пучком световых лучей, как показано на рисунке 160.

С помощью камеры Вильсона был сделан ряд важнейших открытий в области ядерной физики и физики элементарных частиц.

Одной из разновидностей камеры Вильсона является изобретённая в 1952 г. **пузырьковая камера**. Она действует примерно по тому же принципу, что и камера Вильсона, но вместо пересыщенного пара в ней используется перегретая выше точки кипения жидкость (например, жидкий водород). При движении в этой жидкости заряженной частицы вдоль её траектории образуется ряд пузырьков пара. Пузырьковая камера обладает большим быстродействием по сравнению с камерой Вильсона.

Вопросы

1. По рисунку 159 расскажите об устройстве и принципе действия счётчика Гейгера.
2. Для регистрации каких частиц применяется счётчик Гейгера?
3. По рисунку 160 расскажите об устройстве и принципе действия камеры Вильсона.
4. Какие характеристики в стиг можно определить с помощью камеры Вильсона, помещённой в магнитное поле?
5. В чём преимущество пузырьковой камеры перед камерой Вильсона? Чем отличаются эти приборы?

§ 55

ОТКРЫТИЕ ПРОТОНА И НЕЙТРОНА

Когда выяснилось, что ядра атомов имеют сложное строение, встал вопрос о том, из каких именно частиц они состоят.

В 1913 г. Резерфорд выдвинул гипотезу о том, что одной из частиц, входящих в состав атомных ядер всех химических элементов, является ядро атома водорода.