



9



Л. Э. Генденштейн
А. А. Булатова
И. Н. Корнильев
А. В. Кошкина

Ф И З И К А

2

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

УДК 373.167.1:53+53(075.3)
ББК 22.3я721
Ф50

Авторы:

Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, И. Н. Корнильев,
А. В. Кошкина. Под ред. В. А. Орлова

Издание выходит в pdf-формате.

Физика. 9 класс : учебник : в 2 частях : издание в pdf-формате / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, И. Н. Корнильев, А. В. Кошкина ; под ред. В. А. Орлова. — 3-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022.

ISBN 978-5-09-102069-4 (электр. изд.). — Текст : электронный.

ISBN 978-5-09-088106-7 (печ. изд.).

Ч. 2. — 157, [3] с. : ил.

ISBN 978-5-09-101312-2 (электр. изд.).

ISBN 978-5-09-087895-1 (печ. изд.).

Линия учебников для основной школы. Материал разбит на два уровня сложности и представлен как канва сценариев уроков, реализующих деятельностный подход к обучению: тщательно подобранные задания погружены непосредственно в теорию. Имеется набор заданий трёх уровней сложности. Приведены описания кратковременных фронтальных практических работ, позволяющих учащимся самим открывать закономерности физических явлений при изучении нового материала, а также все типы лабораторных работ в соответствии с примерной программой.

Есть раздел «Олимпиадные задачи», задания для проектной деятельности, а также материал для подготовки к экзамену.

Соответствуют Федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования.

Предназначены для всех наименований образовательных организаций: школ, лицеев, гимназий, колледжей, центров образования и пр.

УДК 373.167.1:53+53(075.3)
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-09-101312-2 (ч. 2, электр. изд.)
ISBN 978-5-09-102069-4 (электр. изд.)
ISBN 978-5-09-087895-1 (ч. 2, печ. изд.)
ISBN 978-5-09-088106-7 (печ. изд.)

© Генденштейн Л. Э., Булатова А. А.,
Корнильев И. Н., Кошкина А. В., 2019
© АО «Издательство «Просвещение», 2021
© Художественное оформление.
АО «Издательство «Просвещение», 2021
Все права защищены

Оглавление

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Глава V. Строение атома и атомные спектры

§23. Строение атома	4
1. Опыт Резерфорда.....	4
2. Планетарная модель атома.....	6
3. Теория атома Бора	7
§24. Атомные спектры	9
1. Спектры излучения и поглощения	9
Хочешь узнать больше?	
2. Энергетические уровни	11
Главное в этой главе	14

Глава VI. Атомное ядро и ядерная энергетика

§25. Атомное ядро	15
1. Состав атомного ядра	15
2. Радиоактивность.....	17
3. Период полураспада.....	19
§26. Ядерные реакции. Ядерная энергетика	25
1. Ядерные реакции	25
2. Энергия связи атомных ядер	25
3. Реакции синтеза и деления ядер.....	27
4. Ядерный реактор.....	29
5. Ядерная энергетика	31
Главное в этой главе	35

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Глава VII. Солнечная система

§27. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира	38
1. Геоцентрическая система мира.....	38
2. Гелиоцентрическая система мира	39
§28. Планеты, астероиды и кометы	41
1. Планеты	41
2. Астероиды и кометы	43
3. Происхождение Солнечной системы.....	44
Главное в этой главе	46

Глава VIII. Звёзды и галактики

§29. Звёзды	47
1. Эволюция звёзд.....	47
2. Нейтронные звёзды, новые и сверхновые, чёрные дыры ...	48
3. Происхождение химических элементов	49
§30. Галактики	50
1. Млечный Путь	50
2. Другие галактики.....	51
3. Расширение Вселенной и гипотеза Большого взрыва.....	52
Главное в этой главе	54

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ

1. Физические величины и их измерение.....	56
2. Строение вещества.....	57
Атомы и молекулы	57
Три состояния вещества.....	58
3. Давление. Закон Архимеда и плавание тел.....	60
Давление.....	60
Закон Архимеда и плавание тел	62
4. Простые механизмы	70
Рычаг	70
Блоки	71
Наклонная плоскость.....	71
«Золотое правило» механики	72
КПД простых механизмов.....	72
5. Тепловые явления.....	78
Внутренняя энергия. Количество теплоты.....	78
Виды теплопередачи	78
Формулы для расчёта количества теплоты.....	79
Уравнение теплового баланса	79
Тепловые двигатели.....	80
Влажность.....	80
6. Электромагнитные явления	89
Электризация тел. Электрический заряд.	
Носители электрического заряда	89
Закон Кулона.....	90
Электрическое поле	90
Емкость конденсатора	91
Электрический ток	91

Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводника....	93
Закон Джоуля — Ленца	93
Работа и мощность тока	94
Полупроводники	94
Взаимодействие постоянных магнитов и проводников с токами	107
Магнитное поле	107
Сила Ампера	109
Сила Лоренца	110
Магнитный поток	110
Электромагнитная индукция	110
Электромагнитные волны	111
7. Оптические явления.....	120
Природа и действия света.	
Закон прямолинейного распространения света.....	120
Отражение света.....	120
Преломление света	122
Линзы	122
Изображения в линзах	125
Глаз и оптические приборы	127
Дисперсия, интерференция, дифракция	128
СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ....	137
ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	140
ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ.....	142
ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ	148
Предметно-именной указатель.....	155

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА



Глава V. СТРОЕНИЕ АТОМА И АТОМНЫЕ СПЕКТРЫ

§ 23. Строение атома

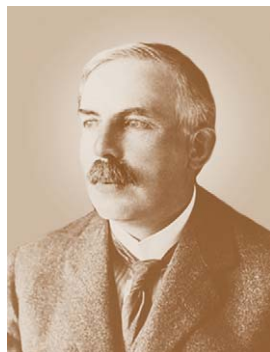
1. Опыт Резерфорда

В конце 19-го века английский учёный Дж. Томсон открыл электрон и установил, что он входит в состав атома. Пришлось признать, что атом вопреки его названию¹⁾ является *составным*.

Сам Томсон и предложил первую модель атома. Согласно этой модели атом представляет собой что-то вроде «кекса с изюмом» (по выражению самого Томсона): внутри положительно заряженного шара диаметром около 10^{-10} м находятся отрицательно заряженные электроны.

Проверить справедливость модели атома Томсона решил другой английский физик — Э. Резерфорд. Для определения структуры атома он воспользовался быстрыми положительно заряженными α -частицами. Такие частицы испускались недавно открытым веществом — *радием*, о котором мы расскажем далее.

На рисунке 23.1 показана схема опыта Резерфорда.



**Э. Резерфорд
(1871–1937)**

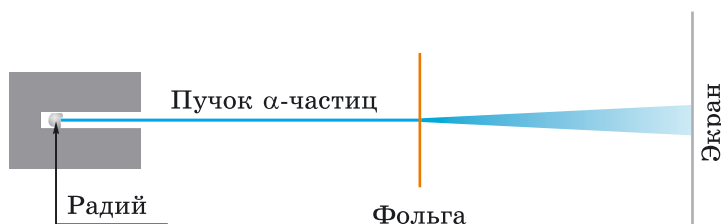


Рис. 23.1

¹⁾ Напомним, что «атом» в переводе с греческого означает «неделимый».

Испущенные радием быстрые α -частицы вылетали узким пучком из свинцового цилиндра и попадали на тонкую металлическую фольгу. За фольгой был расположен экран: на нём в местах попадания α -частиц, пролетавших сквозь фольгу, появлялись светящиеся точки. По положению этих точек можно было узнать, как отклоняются α -частицы при взаимодействии с атомами в фольге.

Большинство пролетавших сквозь фольгу α -частиц отклонялись в результате столкновений с атомами на малые углы (рис. 23.1), что, казалось бы, подтверждало модель атома Томсона. Но Резерфорд был настоящим исследователем и поэтому предложил поставить экран не за фольгой, а *перед* ней — так, чтобы на него могли попасть α -частицы, отклонившиеся на *большой* угол, близкий к 180° , то есть летящие почти *назад* (рис. 23.2).

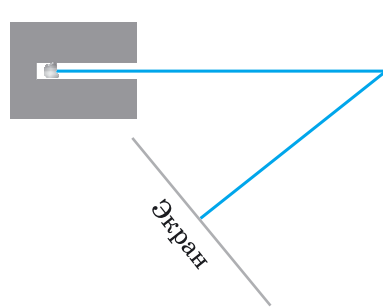


Рис. 23.2

И такие α -частицы действительно обнаружились! А это уже противоречило модели атома Томсона: α -частица, масса которой более чем в 7 тысяч раз превосходит массу электрона, могла полететь назад только в результате столкновения с *очень малым объектом, масса которого во много раз превышает массу α -частицы*. Исходя из этого, Резерфорд сделал вывод:

внутри атома находится очень малое положительно заряженное *ядро*, в котором сосредоточена практически вся масса атома.

1. На основании чего Резерфорд сделал вывод, что атомное ядро заряжено *положительно*?

На рисунке 23.3 схематически показано движение двух α -частиц, налетающих на атомное ядро: одна из них пролетела на сравнительно большом расстоянии от атомного ядра и поэтому отклонилась на малый угол, а другая — летела почти точно в атомное ядро и в результате отталкивания от него изменила направление движения на почти противоположное.

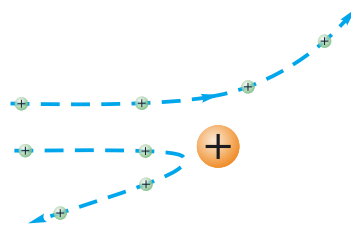


Рис. 23.3



2. Планетарная модель атома

На основании результатов своего опыта Резерфорд оценил размер атомного ядра, и оказалось, что *атомное ядро в десятки тысяч раз меньше атома*: размер атома составляет примерно 10^{-10} м, а размер атомного ядра всего лишь 10^{-15} — 10^{-14} м.



2. Представьте себе, что атом увеличился до размеров футбольного поля (около 100 м). Какого размера было бы тогда атомное ядро? Для оценки примите, что оно в 30 000 раз меньше атома.

Исходя из результатов своего опыта, Резерфорд предложил *планетарную модель атома*, согласно которой вокруг малого, но массивного положительно заряженного атомного ядра движутся лёгкие отрицательно заряженные электроны (рис. 23.4).

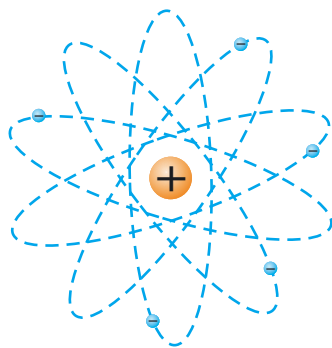


Рис. 23.4



3. Почему предложенную им модель атома Резерфорд назвал «планетарной»?

Планетарная модель атома была очень наглядна, но её невозможно было обосновать в рамках известных в то время физических законов.

Во-первых, согласно построенной Максвеллом теории электромагнетизма электроны, движущиеся с *ускорением* по круговым орбитам, должны были бы непрерывно излучать электромагнитные волны, теряя при этом энергию. В результате электроны должны были бы практически мгновенно «упасть» на атомное ядро вследствие притяжения к нему. А ведь многие атомы существуют *миллиарды лет*!

Во-вторых, из планетарной модели следует, что должно наблюдаться колоссальное *разнообразие атомов одного и того же химического элемента*, так как согласно классической механике, законы которой были сформулированы Ньютоном, каждый

электрон мог бы двигаться по *любой* из бесконечного множества орбит. Однако опыт свидетельствует, что атомы одного и того же химического элемента похожи друг на друга больше, чем близнецы.

3. Теория атома Бора

Планетарную модель атома развил датский физик Н. Бор, дополнив её положениями, которые называли *постулатами Бора*.

Первый постулат. Электроны в атомах могут двигаться только по определённым *стационарным*¹⁾ орбитам, не излучая энергию (рис. 23.5, а). Каждой орбите соответствует *определённая* энергия атома E_n , где n — номер орбиты.

Второй постулат. Электроны излучают и поглощают свет порциями — *квантами* только при переходе с одной стационарной орбиты на другую. При таком переходе атом излучает (рис. 23.5, б) или поглощает (рис. 23.5, в) квант света с энергией, равной модулю разности энергий атома до и после перехода.



Н. Бор
(1885–1962)

Кванты света называли «фотонами». Подробнее мы расскажем о них в курсе физики старшей школы.

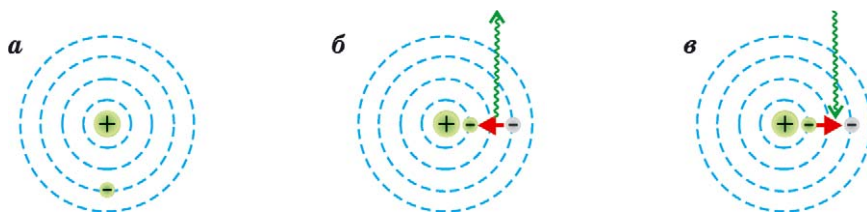


Рис. 23.5

Теория атома Бора объясняла стабильность атомов: когда электроны в атоме находятся на орбитах с *наименьшей* возможной энергией, они не могут излучать. Это состояние атома называют *основным*, а энергию атома в этом состоянии обозначают E_0 .

1) Если стационарная орбита не соответствует минимально возможной энергии электрона в атоме, то через некоторое время электрон излучит энергию при переходе на стационарную орбиту с меньшей энергией (см. второй постулат Бора).

Теория Бора объяснила также сходство атомов одного и того же химического элемента: оно обусловлено тем, что во всех атомах данного элемента стационарные орбиты электронов *одни и те же*.

Предсказания теории Бора подтвердились полностью только для простейшего из атомов — атома водорода, однако они сыграли большую роль в становлении теории атомных явлений, названной *квантовой теорией*. Подробнее о ней мы расскажем в курсе физики старшей школы.



ЧТО МЫ УЗНАЛИ

- Внутри атома есть очень малое положительно заряженное *ядро*, в котором сосредоточена практически вся масса атома.
- *Планетарная модель атома* Резерфорда: вокруг массивного положительно заряженного ядра движутся лёгкие отрицательно заряженные электроны.
- *Постулаты Бора*: 1) Электроны в атомах движутся по определённым *стационарным* орбитам, не излучая при этом энергию. Каждой орбите соответствует *определённая* энергия атома E_n . 2) Электроны в атомах излучают и поглощают свет порциями (*квантами*) при переходе с одной стационарной орбиты на другую. При этом атом излучает или поглощает квант света с энергией, равной модулю разности энергий атома до и после перехода.

? ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Базовый уровень

4. Расскажите об опыте Резерфорда и о выводе, который он сделал на основании результатов этого опыта.
5. Опишите предложенную Резерфордом модель атома. Сделайте схематический рисунок, поясняющий эту модель.

Повышенный уровень

6. Как с помощью планетарной модели атома можно объяснить электризацию тел?

7. Как с помощью планетарной модели атома можно объяснить существование положительных и отрицательных ионов?
8. Кратко опишите недостатки модели атома Резерфорда.

Высокий уровень

9. Объясните, почему опыт Резерфорда опровергал модель атома Томсона.
10. Как теория атома Бора объясняла стабильность атомов?

§ 24. Атомные спектры

1. Спектры излучения и поглощения

Спектры излучения

Вы уже знаете, что с помощью стеклянной призмы можно разложить солнечный свет в радужный спектр. Используя такую призму, можно разложить в спектр свет, излучаемый *любым* источником света. На этом основано действие *спектроскопа* (рис. 24.1) — прибора, с помощью которого изучают спектры излучения различных веществ.



Рис. 24.1

Оказалось, что *непрерывный* спектр, подобный спектру Солнца, излучают *сильно нагретые твёрдые тела и жидкости*.

А вот спектры *атомарных*¹⁾ газов являются *линейчатыми*, то есть представляют собой совокупность ярких цветных линий. На рисунке 24.2 показан спектр излучения атомарного водорода.



Рис. 24.2

Линейчатые спектры излучения атомарных газов указывают на то, что атомы испускают кванты света (фотоны) только с *определёнными значениями энергии*, что подтверждает первый постулат Бора, согласно которому атом излучает свет только при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую.

Спектры поглощения

В начале 19-го века английский учёный У. Волластон обнаружил в непрерывном солнечном спектре тонкие *тёмные* линии (рис. 24.3).



Рис. 24.3

Причину появления этих линий установил немецкий учёный Г. Кирхгоф. Он заметил, что две близко расположенные *тёмные* линии в солнечном спектре очень напоминают две близко расположенные *яркие* жёлтые линии в спектре излучения паров натрия (рис. 24.4).



Рис. 24.4

И учёный предположил, что эти две тёмные линии возникают в результате *поглощения* солнечного света парами натрия, находящимися в атмосфере Солнца. Кирхгоф проверил своё предположение, пропуская белый свет сквозь пары натрия и исследуя их спектр *поглощения*. При этом в непрерывном спектре действительно появились *те же самые тёмные* линии, что и в солнечном спектре.

¹⁾ Атомарными называют газы, находящиеся в условиях, когда их молекулы состоят из одного атома. Почти все газы становятся атомарными при достаточно высокой температуре.

Опыты Кирхгофа с различными веществами подтвердили, что у атома каждого химического элемента линии в спектрах поглощения точно соответствуют линиям в спектрах излучения.

Например, на рисунке 24.5 приведены в точности соответствующие друг другу спектры излучения и поглощения атомарного водорода.

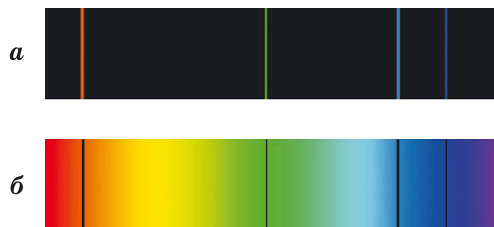


Рис. 24.5

Спектральный анализ

Каждый химический элемент характеризуется своим *уникальным* спектром, поэтому изучение спектров излучения и поглощения (его называют *спектральным анализом*) позволяет определять химический состав тел.

С помощью спектрального анализа можно определять химический состав даже недоступных тел — например, Солнца и звёзд. Именно так в солнечной атмосфере был открыт *гелий* (этот химический элемент назвали в честь Солнца: по-гречески «гелиос» означает «солнце»).

ХОЧЕШЬ УЗНАТЬ БОЛЬШЕ?



2. Энергетические уровни

Значения энергии атома называют *энергетическими уровнями*. Энергию атома задают обычно в *электронвольтах* (эВ): $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. О происхождении этой единицы энергии мы расскажем в курсе физики старшей школы.

Энергетические уровни атома изображают так, как на рисунке 24.6, на котором для примера показаны три энергетических уровня.

Если считать энергию *свободного* электрона равной *нулю*, то энергетические уровни *связанных*

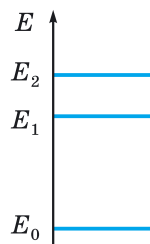


Рис. 24.6

электронов в атоме соответствуют *отрицательным* значениям энергии. Действительно, чтобы оторвать электрон от ядра, надо совершить *положительную* работу, потому что электрон *притягивается* к ядру. Следовательно, при удалении электрона от ядра его энергия *увеличивается* — и если в результате она становится равной *нулю*, значит, когда электрон находился в атоме, она была *отрицательной*.

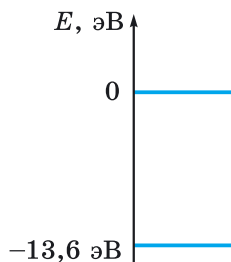


Рис. 24.7

На рисунке 24.7 изображены уровень энергии электрона, при котором его энергия равна нулю (этот электрон находится вне атома), и основной уровень, соответствующий минимально возможной энергии атома водорода ($-13,6$ эВ).



1. Какой должна быть минимальная энергия, которую должен поглотить атом водорода, находящийся в основном состоянии, чтобы электрон мог покинуть атом?

Может возникнуть вопрос: почему все электроны в атоме не «падают» вследствие излучения на уровень с наименьшей возможной энергией (основной уровень)? Ответ на этот вопрос даёт закономерность, открытая швейцарским физиком В. Паули и названная впоследствии *принципом Паули*. Согласно этому принципу в одном состоянии может находиться не более одного электрона.



ЧТО МЫ УЗНАЛИ

- *Непрерывный* спектр, подобный спектру Солнца, излучают сильно нагретые твёрдые тела и жидкости.
- Спектры излучения атомарных газов являются *линейчатыми*, то есть представляют собой совокупность ярких цветных линий.
- Тёмные линии в спектрах поглощения каждого химического элемента точно соответствуют линиям излучения того же элемента.
- Каждый химический элемент характеризуется своим *уникальным* спектром.
- Значения энергии атома называют *энергетическими уровнями*. Энергию атома задают обычно в *электрон-вольтах* (эВ): $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

? ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**Базовый уровень**

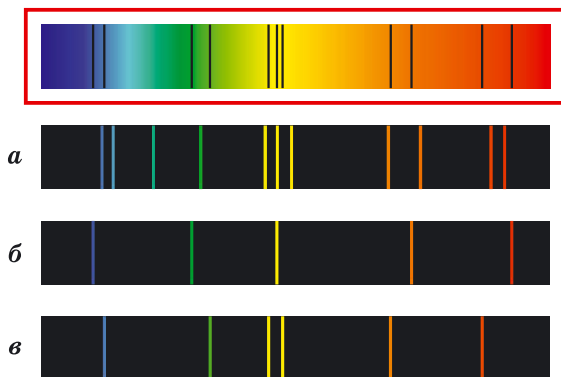
2. Объясните происхождение тёмных линий в солнечном спектре.
3. Расскажите, как можно определять химический состав Солнца и звёзд.
4. Расскажите, как можно определить химический состав маленькой крупички вещества.

Повышенный уровень

5. Какой спектр (непрерывный или линейчатый) излучают: спираль электрической плитки; раскалённый слиток железа; газовая горелка? Обоснуйте ваш ответ.
6. Вещество, находящееся в некотором состоянии, даёт линейчатый спектр излучения. Какой вывод можно сделать из этого наблюдения?
7. Сравните спектры излучения и поглощения одного и того же вещества. Объясните причины их сходства и различия.
8. С помощью какого прибора надо наблюдать за искрой, проскакивающей между электродами из неизвестного сплава, чтобы определить его химический состав? Обоснуйте ваш ответ.

Высокий уровень

9. На рисунке 24.8 в красной рамке показан спектр поглощения паров некоторого вещества, а ниже изображены спектры излучения трёх различных химических элементов в газообразном состоянии. Какие из них (*а*, *б* или *в*) содержатся в исследуемом веществе?

**Рис. 24.8**