

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

**Я.П. Докучаев**

**Физика атома  
и атомных явлений.  
Физика атомного ядра  
и частиц**

*Текст лекций*

*Рекомендовано  
Научно-методическим советом университета  
для студентов специальности и направления Физика*

Ярославль 2006

УДК 539.18  
ББК В38я73  
Д 63

*Рекомендовано  
Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного издания. План 2006 года*

Рецензенты:  
кафедра физики Ярославского государственного техниче-  
ского университета; доцент В.В. Морозов

Д 63      **Докучаев Я.П.** Физика атома и атомных явлений. Физи-  
ка атомного ядра и частиц: текст лекций / Я.П. Докучаев ;  
Яросл. гос. ун-т. – Ярославль : ЯрГУ, 2006. – 135 с.  
ISBN 5-8397-0477-6

Данное издание представляет собой текст лекций по курсам «Физика атома и атомных явлений» и «Физика атомного ядра и частиц» (блок ЕН) и предназначено для студентов третьего курса очной формы обучения направления 510400 «Физика», а также для студентов очно-заочной формы обучения специальности 010400 «Физика».

Автор выражает благодарность Евгению Олеговичу Неменко за большую работу, проделанную по превращению разрозненных текстов в эту книгу.

Табл. 27. Ил. 12. Библиогр.: 8.

УДК 539.18  
ББК В38я73

ISBN 5-8397-0477-6

© Ярославский государственный  
университет, 2006  
© Я.П. Докучаев, 2006

# Лекция 1

## Представления древнегреческих философов о строении вещества. Атом неделим

Уже древние философы размышляли о том, какова *первичная материя*, из которой образован реальный окружающий нас мир. В разные времена давались различные ответы на этот вопрос.

1. Древнегреческий философ **Фалес (624 – 547 гг. до н.э.)** считал, что первичной материей является *вода*.

2. **Анаксимандр (610 – 546 гг. до н.э.)**, ученик Фалеса, полагал, что основой всего существующего является какое-то неопределенное вещество *апейрон*.

3. **Анаксимен (588 – 525 гг. до н.э.)**, ученик Анаксимандра, считал, что первичной материей является *воздух*.

4. **Гераклит (544 – 483 гг. до н.э.)** в качестве первичного вещества принимал *огонь*. Из огня произошёл весь мир, отдельные вещи и души. “Этот Космос один и тот же для всего существующего, его не создавал ни Бог, ни человек. Но всегда он был, и есть, и будет вечным огнем, мерами загорающимися и мерами потухающими”. По выражению Ленина, это “очень хорошее изложение начал диалектического материализма”.

5. **Эмпедокл (490 – 430 гг. до н.э.)** считал, что первичными элементами являются четыре субстанции: *вода, воздух, огонь, земля*.

6. **Левкипп (500 – 440 гг. до н.э.)** современник и соратник Демокрита. Совместно с Демокритом является основоположником учения *атомизма*. Он ввел три новых понятия: абсолютная пустота; атомы движутся в пустоте; понятие механической необходимости. Ни одна вещь не возникает беспричинно, но всё возникает на каком-нибудь основании и в силу необходимости.

7. **Демокрит (460 – 370 гг. до н.э.)**, ученик Левкиппа. В создании своей системы взглядов он использовал идею Левкиппа об атомизме. По Марксу, Демокрит – это первый энциклопедический

ум среди греков. Ленин считал Демокрита наиболее ярким выразителем материализма в древности.

Демокрит признавал *два первоначала*: атомы и пустоту.

Атомы – это неделимые частицы материи.

Атомы вечны, неизменны, находятся в постоянном движении и отличаются друг от друга лишь *формой, величиной, положением и порядком*. Атомистическая теория древних философов о неделимости атомов господствовала в течение нескольких столетий.

## Лекция 2

### Атомистическая идея строения вещества в XIX веке

До конца XIX века атом считался мельчайшей и неделимой частицей вещества.

**1. Проут (1785 – 1850).** В начале XIX века, в 1815 году, английский врач Проут высказал предположение о том, что все атомы состоят из водорода. Первичным строительным атомом является атом водорода.

В 1815 году за единицу атомных весов принимался вес атома водорода естественного изотопного состава. Тогда еще не было известно о том, что большинство химических элементов являются многоизотопными (в среднем каждый химический элемент имеет три стабильных изотопа). Во времена Проута было известно мало атомных весов, да и те весьма приблизительно. Поэтому Проут ошибочно утверждал, что атомы водорода – это первые и последние строительные камни материи. При дальнейшем уточнении оказалось, что атомные веса химических элементов не являются целыми числами, кратными весу атома водорода (см. табл. 1).

В дальнейшем было показано, что почти все химические элементы состоят из смеси изотопов (многоизотопные) и атомный вес химических элементов является средней взвешенной величиной от суммы атомных весов изотопов.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лекция 1. Представления древнегреческих философов о строении вещества. Атом неделим.....</b>	<b>3</b>
<b>Лекция 2. Атомистическая идея строения вещества в XIX веке .....</b>	<b>4</b>
<b>Лекция 3. Открытие явления естественной радиоактивности. Атом делим.....</b>	<b>8</b>
<b>Лекция 4. Строение атома по моделям Дж. Томсона и Э. Резерфорда. Опыты Резерфорда. Формула Резерфорда .....</b>	<b>11</b>
<b>Лекция 5. Открытие протона (<math>p^+</math>). Протонно-электронная схема строения ядра.....</b>	<b>14</b>
<b>Лекция 6. Открытие нейтрона (<math>n^0</math>). Протонно-нейтронная модель строения ядра. Основные характеристики протона (<math>p^+</math>) и нейтрона (<math>n^0</math>). Закон сохранения числа нуклонов .....</b>	<b>15</b>
<b>Лекция 7. Стабильные и долгоживущие ядра. Единица энергии. Атомная единица массы (1 а.е.м.). Атомная масса. Атомный вес. Вес атома. Изотоп, изотон, изомер, нуклид .....</b>	<b>19</b>
<b>Лекция 8. Нестабильные ядра. Основные законы радиоактивного распада. Постоянные распада (<math>\lambda_0</math>). Период распада (T). Среднее время жизни (<math>\tau</math>). Активность (<math>A = \lambda N_0</math>). Искусственная радиоактивность .....</b>	<b>23</b>
<b>Лекция 9. Типы радиоактивного распада: <math>\alpha</math>-активность; <math>\beta^-</math>-активность; <math>\beta^+</math>-активность; k-захват; спонтанное деление тяжёлых ядер; протонная активность <math>p^+</math>; нейтронная активность <math>n^0</math>; <math>\gamma</math>-активность.....</b>	<b>33</b>
<b>Лекция 10. <math>\alpha</math>-распад .....</b>	<b>34</b>

Лекция 11. Гамма-излучение ядер. Внутренняя конверсия. Парная конверсия .....	39
Лекция 12. Непрерывный энергетический спектр $\beta^\pm$ -распада. Роль нейтрино. Энергетические соотношения для $\beta^\pm$ -распада и k-захвата.....	41
Лекция 13. Капельная модель ядра. Формула Вейцеккера для вычисления энергии связи нуклонов в ядре.....	49
Лекция 14. Оболочечная модель строения ядра.....	55
Лекция 15. Типы сил взаимодействия в природе .....	60
Лекция 16. Спонтанное деление тяжелых ядер. Ядра с максимальным числом протонов .....	64
Лекция 17. Радиоактивные ряды. Вековое равновесие .....	67
Лекция 18. Вынужденное деление тяжелых ядер. Энергия активации. Особенности деления. Радиоактивность осколков деления. Ядерное оружие.....	72
Лекция 19. Воздействие радиоактивного излучения на организм человека .....	81
Лекция 20. Атом водорода по Бору. Постулаты Бора. Радиус атома водорода и водородоподобных атомов.....	85
Лекция 21. Полная энергия атома водорода и водородоподобных атомов. Энергия излучаемых фотонов. Постоянная Ридберга R и R'. Опыты Франка и Герца по экспериментальному доказательству существования энергетических уровней в атомах .....	88
Лекция 22. Спектр атома водорода. Спектральные серии. Комбинационный принцип Ритца. Изотопическое смещение спектральных линий. Позитроний и мезоатомы.....	94

<b>Лекция 23. Квантовые числа <math>n, l, m_l, m_s</math> и их физический смысл.....</b>	<b>102</b>
<b>Лекция 24. Застройка электронных оболочек в соответствии с принципом Паули. Реальная застройка электронных оболочек. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева .....</b>	<b>104</b>
<b>Лекция 25. Электронная структура атомов щелочных элементов в основном состоянии. Валентный электрон. Тонкая (дублетная) структура спектров щелочных элементов.....</b>	<b>113</b>
<b>Лекция 26. Формула Дирака, учитывающая спин-орбитальное взаимодействие в атоме водорода и водородоподобных атомах. Опыты Лэмба и Ризерфорда по исследованию энергетического расщепления уровней <math>2p_{1/2}</math> и <math>2s_{1/2}</math> атомов водорода и He (водородоподобный гелий) .....</b>	<b>116</b>
<b>Лекция 27. Спины и магнитные моменты ядер. Неаддитивность магнитных моментов ядер. Сверхтонкая структура атома водорода и водородоподобных атомов.....</b>	<b>123</b>
<b>Лекция 28. Трансурановые нуклиды.....</b>	<b>126</b>
<b>Литература.....</b>	<b>131</b>