

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени А. И. ГЕРЦЕНА

## ЛЕКЦИЯ № 5

Тема: «Атомные уровни  
строения материи»

# Учебные вопросы:

- 1. Принципы современной физики.
- 2. Начала термодинамики.  
Представления об энтропии.
- 3. Корпускулярно-волновые свойства материи.
- 4. Атомный уровень строения материи

# Литература :

- 1. Вернадский В.И. Избранные труды по истории науки. М., 1981.
- 2. Доброе Г.М. Наука о науке. Киев, 1989.
- 3. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания. Новосибирск, 1997.
- 4. Ильин В.В., Калинин А.Т. Природа науки. М., 1985.
- 5. Косарева Л.М. Рождение науки Нового времени из духа культуры. М., 1997.
- 6. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гущина В.Н. Естествознание. М., 1996.
- 7. Микульинский С.Р. Очерки развития историко-научной мысли. М., 1988.
- 8. Поликарпов В.С. История науки и техники. Ростов-на-Дону, 1999.
- 9. Физическое знание: его генезис и развитие, М., 1993.
- 10. Философия и методология науки. М., 1996.

# ПЕРВЫЙ УЧЕБНЫЙ ВОПРОС «Принципы современной физики»

- **ОСНОВНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ**
- 1. **Сдвиг времени** Изменение начала отсчета не изменяет физических законов. Время однородно по всему пространству.
- 2. **Сдвиг системы отсчета пространственных координат** Такая операция не изменяет физических законов. Все точки пространства равноправны, и пространство однородно.
- 3. **Поворот системы отсчета пространственных координат** также сохраняет физические законы неизменными — значит, пространство изотропно.
- 4. **Классический принцип относительности** Галилея устанавливает симметрию между покоем и равномерным прямолинейным движением.
- 5. **Обращение знака времени** не изменяет фундаментальных законов и макромире, то есть процессы макромира могут описываться и при обращении знака времен.

# ВТОРОЙ УЧЕБНЫЙ ВОПРОС

## «Начала термодинамики. Представления об энтропии»

- **Термодинамика** — это наука о наиболее общих свойствах макроскопических тел и систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и о процессах перехода из одного состояния в другое.

# Термодинамика как функция состояния



**называется уравнением состояния.**

- $pV_m = RT$



# Первое начало термодинамики



$$\Delta U = Q_1 - A \quad Q_1 = \Delta U + A$$



$$dQ = dA + dU$$

# Круговые процессы (циклы). Обратимые и необратимые процессы

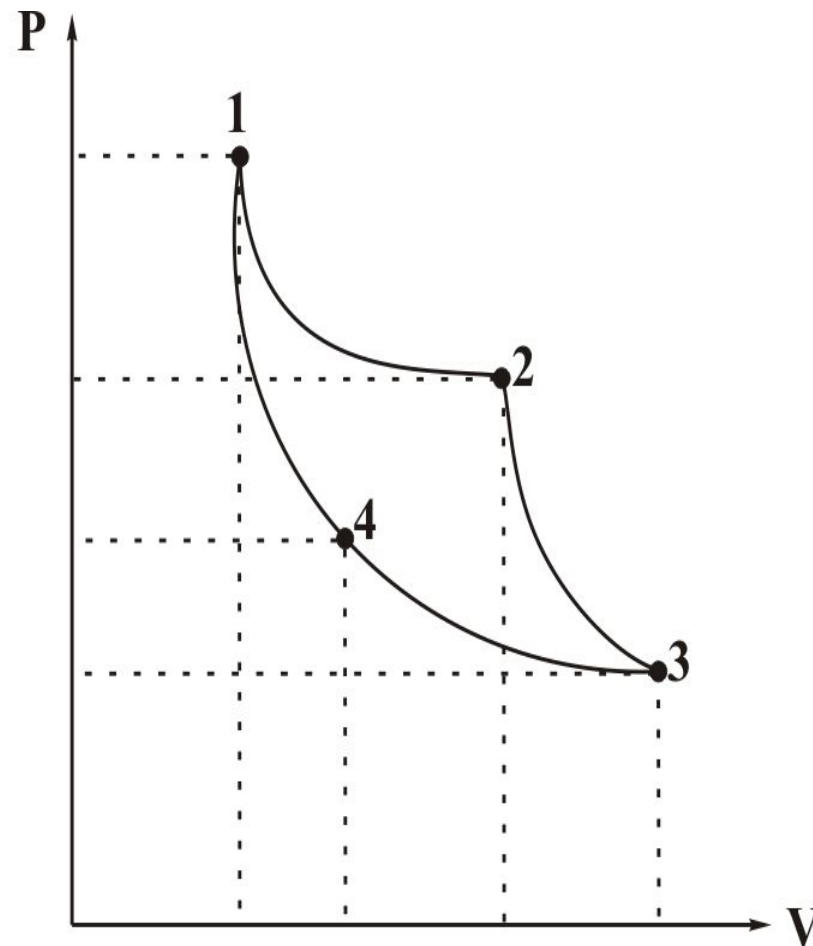
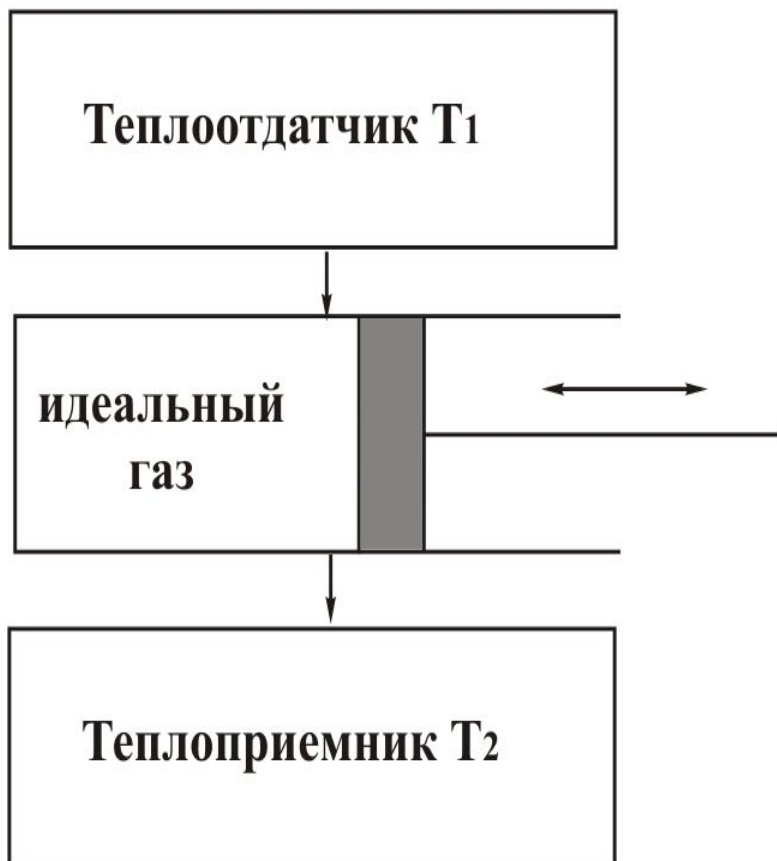
- *Круговым процессом (циклом)*

- $\Delta U = 0, \quad Q = A$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$$



# Идеальный цикл теплового двигателя Карно



# Коэффициент полезного действия идеального двигателя Карно

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

# Анализ выражения для КПД цикла Карно позволяет сделать следующие выводы:

- **КПД тем больше, чем больше  $T_1$  и чем меньше  $T_2$ ;**
- **КПД всегда меньше единицы;**
- **КПД равен нулю при  $T_1 = T_2$ .**

# Неравновесная термодинамика

- При расчетах применяют значения энтропии в так называемом стандартном состоянии, то есть при 298,15 К (25°C). Тогда энтропию обозначают  $S^\circ$ . Например, энтропия кислорода  $O_3$  -  $S^\circ = 238.8$  ед. э., а  $O_2$  -,  $S^\circ = 205$  ед. э.
- Абсолютные значения энтропии многих веществ являются табличными и приведены в справочниках. Например:
  - $H_2O$  (ж) = 70,8;  $H_2O$  (г) = 188,7;  $CO$  (г) = 197,51;
  - $CH_4$  (г) = 186,19;  $H_2$  (г) = 130,58;  $HCl$ (г) = 186,69;  $HCl$ (р) = 56,5;
  - $CH_3OH$  (ж) = 126,8;  $Ca$  (к) = 41,4;  $Ca(OH)_2$  (к) = 83,4;  $C$  (алмаз) = 2,38;  $C$  (графит) = 5,74 и т. д.
- Примечание: ж — жидкость, г — газ, к — кристаллы, р — раствор.

# Информационная энтропия.

## Энтропия в биологии

■ Для определенного дискретного статистического распределения вероятностей  $P_i$  используют следующее выражение:

■ при условии:

$$\sum_{i=1}^k p_i = 1$$
$$S_n = - \sum_{i=1}^i p_i \ln p_i$$

# ***КОНЦЕПЦИЯ КОРПУСКУЛЯРНО- ВОЛНОВОГО ДУАЛИЗМА:***

свет имеет двойственную природу, сочетая в себе как волновые свойства, так свойства, присущие частицам.

**электромагнитная теория Максвелла,**

$$\frac{c}{V} = \sqrt{\epsilon\mu} = n$$

# ***Волновые свойства света***

***Принцип Гюйгенса — Френеля*** состоит в том, что каждая точка, до которой дошло световое возбуждение, в свою очередь становится источником вторичных волн и передает их во все стороны соседним точкам

***Интерференция света*** заключается в том, что при взаимном наложении двух волн происходит усиление или ослабление колебаний

# *Квантовые свойства света*

*Фотоэффектом* называется испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения.

*Гипотеза Планка* заключается в том, что излучение и поглощение света происходит не непрерывно, а дискретно, т. е. определенными порциями (квантами), энергия  $E$  которых определяется частотой  $\nu$ :

$$E = h \nu; \quad p = \frac{h}{\lambda}$$



# *Квантовые свойства света*

**ЭФФЕКТ КОМПТОНА – при рассеянии монохроматического рентгеновского излучения веществом с легкими атомами в составе рассеянного излучения наряду с излучением с первоначальной длиной волны наблюдается излучение с более длинной волной.**

# *Универсальность корпускулярно-волновой концепции*

**Гипотеза об универсальности корпускулярно-волнового дуализма:** не только фотоны, но и электроны и любые другие частицы материи наряду с корпускулярными обладают волновыми свойствами.

**формула де Бройля:** 
$$\lambda = \frac{h}{p}$$

**Всем микрообъектам присущи и корпускулярные, и волновые свойства:** для них существуют потенциальные возможности проявить себя в зависимости от внешних условий либо в виде волны, либо в виде частицы.

# Принципы неопределенности и дополнительности

**ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ:** микрочастица (микрообъект) не может иметь одновременно определенную координату  $x$  и определенный импульс  $p$ , причем неопределенности этих величин удовлетворяют условию.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h$$

**ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ:** получение экспериментальной информации об одних физических величинах, описывающих микрообъект (элементарную частицу, атом, молекулу), неизбежно связано с потерей информации о некоторых других величинах, дополнительных к первым.

# ЧЕТВЕРТЫЙ УЧЕБНЫЙ ВОПРОС «Атомный уровень строения материи»

**ПЕРВУЮ МОДЕЛЬ АТОМА ПРЕДЛОЖИЛ ДЖ. ТОМСОН:** атом представляет собой непрерывно заряженный положительным электрическим зарядом шар, внутри которого около своих положений равновесия колеблются электроны; суммарный заряд электронов равен положительному заряду шара, поэтому атом в целом нейтрален.

# ПОСТУЛАТЫ БОРА:

***ПЕРВЫЙ ПОСТУЛАТ БОРА*** (*постулат стационарных состояний*): в атоме существуют стационарные (не изменяющиеся со временем) состояния, в которых он не излучает энергии. Стационарным состояниям атома соответствуют стационарные орбиты, по которым движутся электроны. Движение электронов по таким орбитам не сопровождается излучением электромагнитных волн.

# ПОСТУЛАТЫ БОРА:

*ВТОРОЙ ПОСТУЛАТ БОРА* (правило частот): при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) один фотон с энергией

$$h\nu = E_n - E_m ; \quad \nu = \frac{E_n - E_m}{h}$$

# Вероятностный характер микроспроцессов

Квадрат волновой функции  
определяет вероятность  
нахождения частицы в данный  
момент времени в  
определенном ограниченном  
объеме

# **Симметрия волновой функции и принцип Паули**

**системы фермионов встречаются в  
природе только в состояниях,  
описываемых антисимметричными  
волновыми функциями**

**Принцип Паули: в одном и том же атоме не  
может быть более одного электрона с  
одинаковым набором четырех квантовых  
чисел**



# Принципы причинности и соответствия

**Принцип причинности** означает: состояние механической системы в начальный момент времени с известным законом взаимодействия частиц есть причина, а ее состояние в последующий момент — следствие.

**Принцип соответствия:** всякая новая более общая теория, являющаяся развитием классической, не отвергает ее полностью, а включает в себя классическую теорию, указывая границы ее применения, причем в определенных предельных случаях новая теория переходит в старую.

# Ядерные процессы

Дефектом массы  $\Delta m$  называется разность суммы масс нуклонов и массы ядра.

Энергией связи ядра  $E_{св}$  называется энергия, которую необходимо затратить, чтобы расщепить ядро на отдельные нуклоны.

$$E_{св} = \Delta m c^2$$

*Удельная энергия связи — средняя энергия связи, приходящаяся на один нуклон.*

# Радиоактивность

**Радиоактивность** — это способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием различных видов радиоактивных излучений и элементарных частиц. Различают радиоактивность естественную — для существующих в природе неустойчивых изотопов — и искусственную — для изотопов, полученных посредством ядерных реакций.

Законом радиоактивного распада: число нераспавшихся ядер  $N$  убывает со временем по экспоненте:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

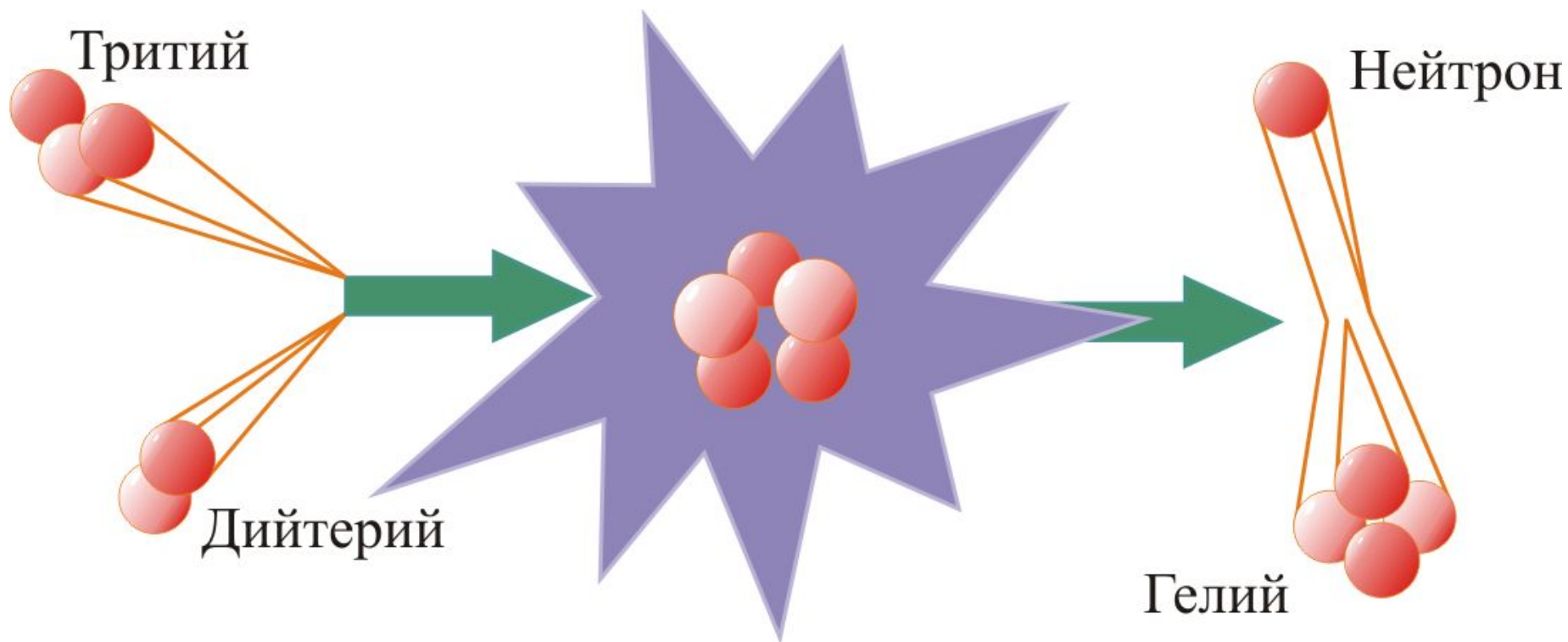
# Цепная реакция деления

Нейтрон — нейтральные частицы, не испытывающие кулоновского отталкивания и поэтому легко проникающие в ядро.

Испускаемые при делении ядер вторичные нейтроны могут вызвать последующие новые акты деления — возникает цепная реакция деления. Она характеризуется коэффициентом размножения нейтронов, равным отношению числа нейтронов в данном поколении к их числу в предыдущем поколении.

Минимальные размеры активной зоны, при которых возможна цепная реакция, называются критическими размерами, а минимальная масса делящегося вещества в активной зоне с критическими

# реакция термоядерного синтеза изотопов трития и дейтерия с образованием ядер гелия



# Вопросы для самопроверки:

- Сформулируйте законы движения Ньютона.
- Перечислите основные законы сохранения.
- Назовите общие условия справедливости законов сохранения.
- Объясните существование принципа симметрии и связь этого принципа с законами сохранения.
- Сформулируйте принцип дополнительности и принцип неопределенности Гейзенберга.
- В чем состоит «крушение» лапласовского детерминизма?
- Назовите и объясните релятивистские эффекты.
- Почему невозможен вечный двигатель первого рода?
- Объясните понятие кругового процесса и термодинамике и идеальный цикл Карно.
- Объясните понятие энтропии как функцию состояния системы.
- Сформулируйте второе начало термодинамики.
- Объясните суть понятия «неравновесная термодинамика».
- Как качественно определяется изменение энтропии при химических реакциях?