

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

1. Предмет «Ядерная физика».
2. Основные свойства атомных ядер.
3. Модели атомных ядер.
4. Радиоактивность.
5. Взаимодействие излучения с веществом.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

6. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.
7. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Тяжелые заряженные и легкие заряженные частицы. Гамма-кванты.
8. Деление ядер.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

1. Предмет «Ядерная физика».
- 1.1. Объекты микромира. Частица, античастица, виртуальная частица, аннигиляция, нуклид, ядро, изотоп ... (знать определения).
- 1.2. Свойства нуклонов, стабильных ядер и их взаимодействий (фундаментальные взаимодействия).
- 1.3. «Новая физика»: специальная теория относительности и квантовая теория.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

2. Основные свойства атомных ядер.

2.1. Модели атомов: Атом Бора, Томсона.

2.2. Опыт Резерфорда.

2.3. Структура атомов, ядер и нуклонов.

2.4. Основные определения физики атомного ядра.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

3. Модели атомных ядер.

- 3.1. Свойства стабильных и радиоактивных ядер.
- 3.2. Ядерные реакции, энергетический баланс ядерной реакции.
- 3.3. Энергия связи.
- 3.4. Капельная модель. Полуэмпирическая формула Вейцзеккера.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

4. Радиоактивность

4.1. Радиоактивные ядра. Радиоактивность.

4.2. Активность радионуклида. Единицы измерения.

4.3. Радиация, радиометрия, радиоактивный распад, туннельный эффект (определения).



Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

5. Взаимодействие излучения с веществом.

5.1. Виды излучения (определения).

5.2. Аннигиляция, ионизация, сцинтилляция,
поток частиц, плотность потока частиц и т.п.
(определения).

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

- 6. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.**
 - 6.1. Ядерная реакция. Энергия реакции. Экзотермические и эндотермические реакции.
 - 6.2. Эффективное сечение ядерной реакции. Единицы измерения.
 - 6.3. Законы сохранения в ядерных реакциях.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

7. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.

- 7.1. Тяжелые заряженные и легкие заряженные частицы.
- 7.2. Гамма-кванты.
- 7.3. Виды ионизирующих излучений, дозиметрическая аппаратура.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

8. Деление ядер.

- 8.1. Активная зона, ядерный реактор (реакторная установка), системы управления и защиты, энергоблок, атомная станция (определения).
- 8.2. Ядерная и термоядерная энергия (определения).
- 8.3. Условия осуществления и управления ядерной реакцией.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

*Основные разделы
подлежащие изучению:*

8. Деление ядер (продолжение).

8.4. Критическая масса, коэффициент размножения нейтронов (определения).

8.5. Самоподдерживающаяся цепная ядерная реакция (определения).

8.6. Ядерный делящийся материал, ядерное топливо, ядерное горючее (определения).

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

**Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.**

Примеры типовых задач:

1. Энергия гамма-кванта, испускаемого атомом при его переходе с одного энергетического уровня на другой определяется выражением (решение).
2. Ядро B^{10} из возбужденного состояния с энергией 0,72 МэВ распадается путем испускания γ -квантов с периодом полураспада $T_{1/2} = 6,7 \cdot 10^{-10}$ с. Оценить неопределенность в энергии ΔE (_____ $\cdot 10^{-7}$ эВ) испущенного γ -кванта (решение).
3. Рассчитать длины волн (в единицах Ферми) протона и электрона с кинетической энергией $T = 10$ МэВ.
4. Длина волны фотона $\lambda = 3 \cdot 10^{-11}$ см. Вычислить импульс p_γ (_____ МэВ/с) фотона.
5. Какая энергия (МВт * час) соответствует 1 грамму вещества?
6. Сколько энергии (_____ $\cdot 10^{17}$ Дж) выделяют при аннигиляции 1 кг вещества и 1 кг антивещества.
7. Используя постоянную Авогадро $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$ определить массу нейтрального атома ^{238}U (_____ $\cdot 10^{-27}$ кг).

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

**Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.**

Примеры типовых задач (продолжение):

8. Естественный уран представляет собой смесь трех изотопов, а именно: ${}_{92}\text{U}^{238}$, ${}_{92}\text{U}^{235}$ и ${}_{92}\text{U}^{234}$. Относительные атомные массы этих элементов соответственно равны: $A_{r1}=238,051$, $A_{r2}=235,044$ и $A_{r3}=234,041$. Вычислить относительную атомную массу элемента урана, если процентное содержание этих изотопов в естественной смеси равно: 99,28 %, 0,714 %, 0,006 %.
9. Бор представляет собой смесь двух изотопов с относительными атомными массами 10,013 и 11,009. Сколько % каждого из этих изотопов содержится в естественном боре? Относительная атомная масса элемента бора равна 10,811 (решение).
10. Чему равна энергия взаимодействия двух нейтронов на расстоянии 10^{-10} см (Ответ).
11. Радиус первой боровской орбиты электрона в атоме водорода равен $0,5 \cdot 10^{-10}$ м, второй, третьей и четвертой соответственно в 4, 9 и 16 раз больше. На какой орбите скорость электрона наибольшая? (Ответ).
12. Энергия ионизации атома кислорода равна 16,5 эВ. Найдите максимальную длину волны ионизирующего излучения (нм). $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ эВ*с (Ответ).

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

**Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.**

Примеры типовых задач (продолжение):

13. С помощью формулы Вайцзеккера рассчитать энергию (МэВ) отделения нейтронов (МэВ) для Ca^{38} (Ответ).
14. Массы нейтрона и протона в энергетических единицах равны соответственно $m_n = 939,6$ МэВ и $m_p = 938,3$ МэВ. Определить массу ядра H^2 в энергетических единицах (МэВ), если энергия связи дейтрона $E_{\text{св}}(2,1) = 2,2$ МэВ (Ответ).
15. Эмпирическая зависимость радиуса ядра R от числа нуклонов A ($A > 10$) $R \approx r_0 A^{1/3}$. Параметр $r_0 \approx 1,23 \cdot 10^{-13}$ см = 1.23 Фм приблизительно одинаков для всех ядер. Оценить радиус U^{238} (в единицах Ферми).
16. Чему равна масса нейтрона в энергетических единицах (МэВ)?
17. Активность ^{65}Zn $A_{\text{Zn}} = 1$ ГБк. Для этого радионуклида β^+ -частицы испускаются в 1,46 % случаях распада. Сколько бета-частиц ($______ 10^7$ β^+ -частиц/с) будет испускать этот радионуклид (Ответ-решение).
18. Для реакции $^{19}\text{F}(\alpha, n)^{22}\text{Na}$ найти энергию реакции (МэВ) (Ответ).

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

**Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.**

Примеры типовых задач (продолжение):

19. Распад покоящихся ядер ${}_{84}\text{Po}^{210}$ происходит из основного и сопровождается испусканием двух групп α -частиц: основной с энергией $E_{\alpha 1} = 5,30$ МэВ и слабой (по интенсивности) с энергией $E_{\alpha 2} = 4,50$ МэВ. Найти энергию γ -квантов (МэВ), испускаемых дочерними ядрами (Ответ).
20. Изотоп углерода ${}_{6}\text{C}^{11}$ претерпевает позитронный распад. Найти энергию β^+ -распада (МэВ) (Ответ).
21. Ядро уран-238 взаимодействует с нейтроном с образованием изотопа, который испытывает последовательно 2 бета-распада, в какое ядро превращается этот изотоп.
22. Активность препарата ${}^{32}\text{P}$ равна 2 мКи. Сколько весит ($\text{_____} \cdot 10^{-12}$ г) такой препарат?
23. Определить проникаемость кулоновского барьера ядра ${}_{13}\text{Al}^{27}$ по отношению к протону с кинетической энергией 1 МэВ.

Введение в ядерную физику



ПОДГОТОВКА К ЭКЗАМЕНУ

Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.

Примеры типовых задач (продолжение):

23. Определить проницаемость кулоновского барьера ядра ${}_{13}\text{Al}^{27}$ по отношению к протону с кинетической энергией 1 МэВ (Ответ-решение).

$$D = e^{-2C_l} = e^{-2\sqrt{\frac{2\mu}{\hbar}} \int_R^{r_e} \sqrt{V(r)-E} dr}$$

$$C_l = g \left(\frac{1}{\sqrt{x}} \left(\arccos(\sqrt{x}) \right) - \sqrt{1-x} \right).$$

$$g = \sqrt{\frac{2zZe^2 R\mu}{\hbar^2}} = 1,9$$

$$x = \frac{E}{B_l} = 0,2.$$

$$B_l = B_K \approx \frac{Z \cdot z}{A^{1/3}} = 4,3 \text{ МэВ.}$$

$$D = e^{-2C_l} = e^{-5,2} \approx 0,005.$$

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

**Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.**

Примеры типовых задач (продолжение):

24. Точечный радиоактивный источник ^{60}Co находится в центре свинцового сферического контейнера с толщиной стенок $x = 1$ см и наружным радиусом $R = 20$ см. Определить максимальную активность A_{max} (_____ 10^6 Бк) источника, который можно хранить в контейнере, если допустимая плотность потока $\Phi_{\text{доп}}$ γ -квантов при выходе из контейнера равна $8 \cdot 10^6$ $1/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. Принять, что при каждом акте распада ядра ^{60}Co испускается $n = 2$ γ -квантов, средняя энергия которых $E_{\gamma} = 1,25$ МэВ (Ответ).



**Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.**

Примеры типовых задач (продолжение):

25. Сколько нейтронов будет в размножающей системе (____ 105) в 100-м поколении, если процесс деления начинается с 1000-го нейтрона, $k^\infty=1,05$ (решение).

26. Определить наиболее вероятную энергию нейтронов деления U-235, энергетический спектр которых имеет вид: $S(E) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot a^{3/2} \cdot \sqrt{E} \cdot \exp(-a \cdot E)$, где $a = 0,75$ 1/МэВ.

27. Определить среднюю кинетическую энергию нейтронов деления U-233, энергетический спектр которых имеет вид: $S(E) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot a^{3/2} \cdot \sqrt{E} \cdot \exp(-a \cdot E)$, где $a = 0,8$ 1/МэВ.

28. Определить наиболее вероятную кинетическую энергию тепловых нейтронов, энергетический спектр которых имеет вид: $S(E) = \frac{2\pi}{(\pi k T_n)^{3/2}} \sqrt{E} e^{-\frac{E}{k T_n}}$.

Введение в ядерную физику



подготовка к экзамену

**Сегодня: пятница,
20 мая 2016 г.**

Примеры типовых задач (продолжение):

29. Определить количество делений и поглощений ($\text{_____} \cdot 10^{81}/\text{м}^3/\text{с}$) без делений за 1 с в размножающей среде с U-235, где $n = 10^{12}$ нейтр./м³, а концентрация горючего – $N^b = 5 \cdot 10^{24}$ м⁻³. Энергия тепловых нейтронов $E_{\text{ТН}} = 0,025$ эВ, сечение деления при этой энергии, сечение радиационного захвата – известны (Решение-ответ).
30. Сколько нужно разделить и «сжечь» урана-235 (_____ гр.), чтобы получить энергию 1МВт*сут в тепловом реакторе (Решение-ответ).
31. Во сколько возрастет плотность нейтронов в размножающей системе за 1 с при $k_{\text{эф}} = 1,003$ (Ответ). Эта же задача с учетом запаздывающих нейтронов.