

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ
Директор института технологий и
инженерной механики

Могильная Е.П.
« 25 » 02 2025 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине**

Физика ядра и частиц

(наименование учебной дисциплины, практики)

03.03.02 Физика

(код и наименование направления подготовки (специальности))

«Физика»

(наименование профиля подготовки (специальности, магистерской программы); при отсутствии ставится прочерк)

Разработчик:

доцент  Харченко Е.И.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры физики

от 25 02 2025 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой  Корсунов К.А.

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Физика ядра и частиц»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

1. *Выберите один правильный ответ*

Ядро изотопа урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ после нескольких радиоактивных распадов превращается в ядро изотопа ${}_{92}^{234}\text{U}$. Какие это были радиоактивные превращения?

- А) два α -распада и один β^- -распад
- Б) один α -распад и один β^- -распад
- В) два β^- -распада
- Г) один α -распад и два β^- -распада
- Д) два β^+ -распада

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. *Выберите один правильный ответ*

За какое время распадется 75% первоначального количества ядер некоторого радиоактивного элемента, если период полураспада равен 100 дней.

- А) 50 дней
- Б) 75 дней
- В) 100 дней
- Г) 150 дней
- Д) 200 дней

Правильный ответ: Д

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. *Выберите один правильный ответ*

В 1932 году английский физик Дж. Чедвик обнаружил, что при захвате альфа-частицы ядром бериллия ${}_{4}^9\text{Be}$ образуется изотоп углерода ${}_{6}^{12}\text{C}$ и вылетают частицы:

- А) протон и нейтрон
- Б) нейтрон
- В) альфа-частицы и два электрона
- Г) протон

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

4. Выберите один правильный ответ

Какая энергия выделяется при термоядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$
? Дефект масс реакции $\Delta m = 0,01851$ а.е.м. (1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг) Ответ выразить в Дж

- А) $0,14 \cdot 10^{-11}$ Дж
- Б) $0,28 \cdot 10^{-11}$ Дж
- В) $0,56 \cdot 10^{-11}$ Дж
- Г) $0,07 \cdot 10^{-11}$ Дж
- Д) $5,021 \cdot 10^{-11}$ Дж

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

5. Выберите один правильный ответ

Второй продукт ядерной реакции ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + \text{X}$ представляет собой:

- А) протон
- Б) α -частицу
- В) нейтрон
- Г) электрон
- Д) γ -квант

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

6. Выберите один правильный ответ

Как изменяются массовое число A и зарядовое число Z ядра при испускании ядром протона?

- А) A и Z увеличиваются на 1
- Б) A и Z уменьшаются на 1
- В) A уменьшается на 1, Z не изменяется
- Г) Z уменьшается на 1, A не изменяется

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

7. Выберите один правильный ответ

Сколько должно произойти α -распадов и β -распадов при радиоактивном распаде ядра урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ и конечном превращении его в ядро свинца ${}^{198}_{82}\text{Pb}$?

- А) 8 и 10
- Б) 10 и 10
- В) 10 и 8
- Г) 10 и 9
- Д) 9 и 10

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

8. Выберите один правильный ответ

Какими спектрами энергий обладают α , β и γ излучения при радиоактивном распаде атомных ядер?

- А) α , β и γ – сплошными
- Б) α , β и γ – дискретными
- В) α и γ – дискретным, β – сплошным
- Г) α и β – сплошными, γ – дискретным
- Д) α и β – дискретным, γ – сплошным

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

9. Выберите все правильные варианты ответов

Укажите свойства ядерного взаимодействия.

- А) Короткодействие.
- Б) Зарядовая независимость.
- В) Нецентральность.
- Г) Уменьшение пропорционально квадрату расстояния
- Д) Взаимодействие за счёт обмена π -мезонами

Правильные ответы: А, Б, В, Д

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

10. Выберите все правильные варианты ответов

Какие из названных эффектов связаны с поглощением γ -лучей?

- А) Эффект Комптона
- Б) Рождение пары частиц
- В) Фотоэффект.
- Г) Деление тяжелых ядер
- Д) Синтез легких ядер

Правильный ответ: А, Б, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания закрытого типа на установление соответствия

1. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

	Физическая величина		Математическое выражение
1)	Энергия связи ядра	А)	$E_{св} = E_{св}(Z, A) - E_{св}(Z - 1, A - 1)$
2)	Энергия связи нейтрона в ядре	Б)	$E_{св} = E_{св}(Z, A) - E_{св}(Z - 2, A - 4) - E_{св}(\alpha)$
3)	Энергия связи α -частицы в ядре	В)	$E_{св}(Z, A) = Zm_p + Nm_n - m_{ат}(Z, A)$
4)	Энергия связи протона в	Г)	$E_{св} = E_{св}(Z, A) - E_{св}(Z, A - 1)$

ядре			
------	--	--	--

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Г	Б	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

	Физическая величина		Математическое выражение
1)	Уравнение альфа-распада	А)	${}^1_1p + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^1_0n + \nu$.
2)	Уравнение β^- -распада	Б)	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$.
3)	Уравнение β^+ -распада	В)	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}$
4)	Уравнение К-захвата (электронного захвата)	Г)	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e + \nu$

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	В	Г	А

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. Установите правильное соответствие. Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

	Физическая величина		Математическое выражение
1)	Закон радиоактивного распада	А)	$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.
2)	Постоянная распада	Б)	$N = N_0 e^{-\lambda t}$,
3)	Период полураспада	В)	$a = \frac{dN}{dt}$.
4)	Активность радиоактивного источника	Г)	$\lambda = \frac{dN}{Ndt}$

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	Г	А	В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Установите правильную последовательность видов взаимодействия по мере увеличения констант взаимодействия.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

- А) Слабое взаимодействие
- Б) Гравитационное взаимодействие
- В) Сильное взаимодействие
- Г) Электромагнитное взаимодействие

Правильный ответ: Б, А, Г, В

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

_____ – это центральная часть атома, в которой сосредоточена практически вся масса атома и его положительный электрический заряд. В состав ядра входит два вида частиц: протоны (1_1p); нейтроны (1_0n).

Правильный ответ: Ядро

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Мерой отклонения распределения электрического заряда протонов по ядру от симметричного является _____.

Правильный ответ: квадрупольный электрический момент ядра

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Разность между суммой масс свободных протонов и нейтронов и массой образовавшегося из них ядра называется _____.

Правильный ответ: дефектом масс атомного ядра

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

4. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

_____ – явление самопроизвольного (спонтанного) распада ядер, при котором образуется новое ядро, и испускаются частицы.

Правильный ответ: Радиоактивность

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

5. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

_____ – это превращение атомных ядер при взаимодействии с элементарными частицами (в т. ч. и с γ -квантами) или друг с другом.

Правильный ответ: Ядерная реакция

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Напишите пропущенное слово (словосочетание).

Кинетическую энергию налетающей частицы, при которой дочерние частицы рождаются с нулевой кинетической энергией относительного движения в системе центра масс, называют _____.

Правильный ответ: пороговой кинетической энергией / пороговой энергией реакции

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Вычислить дефект массы Δm и энергию связи $E_{\text{св}}$ ядра ${}^{11}_5\text{B}$.
 $m_{{}_1\text{H}} = 1,00783$ а. е. м.; $m_n = 1,00867$ а. е. м.; $m_{\text{ат}} = 11,00931$ а. е. м. $c^2 = 931,4$ МэВ

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Дефект массы ядра определим по формуле

$$\Delta m = Zm_{{}_1\text{H}} + (A - Z)m_n - m_{\text{ат}}, \quad (1)$$

Вычисление дефекта массы выполним во внесистемных единицах (а.е.м.). Для ядра ${}^{11}_5\text{B}$ $Z = 5$, $A = 11$. Подставим найденные массы в выражение (1) и произведем вычисления:

$$\Delta m = [5 \cdot 1,00783 + (11 - 5) \cdot 1,00867 - 11,00931] \text{ а. е. м.},$$

или

$$\Delta m = 0,08186 \text{ а. е. м.}$$

Энергия связи ядра определяется соотношением

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2 \quad (2)$$

Энергию связи ядра также найдем во внесистемных единицах (МэВ). Для этого дефект массы подставим в выражение (2) в а. е. м., а коэффициент пропорциональности (c^2) – в МэВ/ (а. е. м.), т. е.

$$E_{\text{св}} = 931,4 \cdot 0,08186 = 76,24 \text{ МэВ},$$

и округлим полученный результат до трех значащих цифр:

$$E_{\text{св}} = 76,2 \text{ МэВ.}$$

Ответ: $\Delta m = 0,08186$ а. е. м.; $E_{\text{св}} = 76,2$ МэВ.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

2. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Какую наименьшую энергию E нужно затратить, чтобы оторвать один нейтрон от ядра азота ${}^{14}_7\text{N}$? ($m_{{}^{13}_7\text{N}} = 13,005739$ а.е.м. $m_{0\text{n}} = 1,00867$ а.е.м. $M_{{}^{14}_7\text{N}} = 14,003074$ а.е.м. 1 а.е.м. = $931,4$ МэВ)

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. После отрыва нейтрона число нуклонов A в ядре уменьшится на единицу, а число протонов Z останется неизменным получится ядро ${}^{13}_7\text{N}$. Ядро ${}^{14}_7\text{N}$ можно рассматривать как устойчивую систему, образовавшуюся в результате захвата свободного нейтрона ядром ${}^{13}_7\text{N}$. Энергия отрыва нейтрона от ядра равна энергии связи нейтрона с ядром ${}^{13}_7\text{N}$ $E_{\text{св}}$ ($E = E_{\text{св}}$).

Выразив энергию связи нейтрона через дефект массы системы, получим

$$E = E_{\text{св}} = (m_{{}^{13}_7\text{N}} + m_{0\text{n}} - M_{{}^{14}_7\text{N}})c^2 = 10,6 \text{ МэВ}$$

При подстановке числовых значений заменяем массы ядер массами нейтральных атомов. Так как число электронов в оболочках атомов ${}^{14}_7\text{N}$ и ${}^{13}_7\text{N}$ одинаково, то разность масс атомов ${}^{14}_7\text{N}$ и ${}^{13}_7\text{N}$ от такой замены не изменится:

$$E = E_{\text{св}} = 931,4 \text{ МэВ/а. е. м.} \cdot (13,005739 + 1,00867 - 14,003074) \text{ а. е. м.} = 10,6 \text{ МэВ.}$$

Ответ: $E = E_{\text{св}} = (m_{{}^{13}_7\text{N}} + m_{0\text{n}} - M_{{}^{14}_7\text{N}})c^2 = 10,6$ МэВ

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

3. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

За время $t = 8$ сут. распалось $k = 3/4$ начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада $T_{1/2}$.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 25 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Основной закон радиоактивного распада

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

где N – число нераспавшихся атомов в момент времени t ; N_0 – число нераспавшихся атомов $t = 0$; λ – постоянная радиоактивного распада.

Период полураспада связан с постоянной распада λ соотношением

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Число ядер, распавшихся за время t ,

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}). \quad (1)$$

По условию $\Delta N = kN_0$. Подставим в (1)

$$kN_0 = N_0(1 - e^{-\lambda t}), \text{ откуда}$$

$$1 - k = e^{-\lambda t}, \quad 1 - \frac{3}{4} = e^{-\lambda t}, \quad \frac{1}{4} = e^{-\lambda t}.$$

Или $4 = e^{\lambda t}$. Логарифмируем это выражение и находим: $\lambda = \frac{\ln 4}{t}$.

Период полураспада

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = t \frac{\ln 2}{\ln 4} = 8 \frac{0,693}{1,386} = 4 \text{ суток.}$$

Ответ: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = t \frac{\ln 2}{\ln 4} \approx 4 \text{ суток}$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

4. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Какая доля начального количества радиоактивного изотопа распадется за время, равное средней продолжительности жизни этого изотопа?

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Если N_0 – начальное число нераспавшихся ядер в момент времени $t = 0$; N – число нераспавшихся ядер в момент времени t , то за время t доля распавшихся ядер

$$k = \frac{N_0 - N}{N_0}. \quad (1)$$

Согласно закону радиоактивного распада, $N = N_0 e^{-\lambda t}$, где λ – постоянная распада. Среднее время жизни $\tau = 1/\lambda$. По условию задачи $t = \tau$, тогда

$$N = N_0 e^{-1}.$$

Подставив это выражение в формулу (1), получим

$$k = 1 - e^{-1}.$$

Ответ: $k = 0,632$.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

5. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

Определите суточный расход чистого урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ атомной электростанцией мощностью $P = 300\text{ МВт}$, если при делении ${}_{92}^{235}\text{U}$ за один акт деления выделяется 200 МэВ энергии.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Энергия, выделяемая при сжигании 1 кг топлива,

$$E_{1\text{кг}} = \frac{N_A}{M} E_{1\text{дел}}, \quad (1)$$

где $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ моль}^{-1}$ – постоянная Авогадро; $M = 235 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$ – молярная масса.

Мощность

$$P = \frac{E_{1\text{кг}} m}{t},$$

Откуда

$$m = \frac{Pt}{E_{1\text{кг}}}. \quad (2)$$

Подставив в формулу (2) выражение (1), получим искомый суточный расход урана:

$$m = \frac{MPt}{N_A E_{1\text{дел}}}.$$

Вычисляем

$$m = \frac{MPt}{N_A E_{1\text{дел}}} = \frac{235 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 10^6 \cdot 24 \cdot 3600}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,316\text{ кг} = 316\text{ г}.$$

Ответ: $m = \frac{MPt}{N_A E_{1\text{дел}}} = 316\text{ г}.$

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

6. Решите задачу. Приведите полное решение задачи.

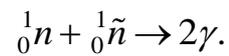
При столкновении нейтрона и антинейтрона происходит их аннигиляция, в результате чего возникают два γ -кванта, а энергия частиц переходит в энергию γ -квантов. Определите энергию каждого из возникших γ -квантов, принимая, что кинетическая энергия нейтрона и антинейтрона до их столкновения пренебрежимо мала. $m_n = 1,008665\text{ а.е.м.} = 939,53\text{ МэВ}$.

Привести расширенное решение.

Время выполнения – 15 мин.

Ожидаемый результат:

Решение. Процесс аннигиляции нейтрона 1_0n и антинейтрона ${}^1_0\bar{n}$, согласно условию задачи, происходит по схеме



Учитывая, что кинетическая энергия нейтрона и антинейтрона пренебрежимо мала (условие задачи), полная энергия

$$E = 2m_n c^2,$$

где $m_n c^2$ – энергия нейтрона (антинейтрона).

Согласно закону сохранения энергии,

$$2m_n c^2 = 2\varepsilon,$$

откуда энергия γ -кванта

$$\varepsilon = m_n c^2.$$

Ответ: $\varepsilon = 939,53$ МэВ.

Компетенции (индикаторы): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2)

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Физика ядра и частиц» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической
комиссии института технологий и
инженерной механики



Ясуник С.Н.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)