

## §2 Второй отборочный этап

Второй отборочный этап проводился в командном формате в сети интернет. Задания в формате численных задач с вводом ответа или тестовые вопросы с выбором ответа были разделены на тематические блоки: Глобальные источники энергии, Химические элементы. Атомы и молекулы. Изотопы, Явление радиоактивности, Ядерные силы. Модели ядра. Энергия связи ядер. Ядерная энергия, Ядерные реакции, Квантование энергии, Термоядерный синтез. Происхождение элементов, Природные источники радиации, Техногенные источники радиации. Радиация и экология.

Каждый блок сопровождался видеолекциями с теоретическими основами ядерной физики и технологий, а также методами решения задач по данной тематике. Командный формат позволил участникам распределить большое число задач по новым для себя разделам знаний между собой, для возможности более глубокого ознакомления с материалом.

Максимальный возможный балл при решении всех задач – 86.

### 2.1 Задание второго отборочного этапа (9-11 класс)

#### Тест

##### Задача 2.1.1 (5 баллов)

*Условие:*

Найти количество энергии, выделенной из 100 г природного урана, в котором все атомы изотопа урана-235 разделили в ядерном реакторе. В реакции деления изотопа урана-235 в среднем выделяется примерно 200 МэВ. Ответ укажите в ГДж.

*Ответ:*

58.8 (допустимая ошибка 0.8)

##### Задача 2.1.2 (5 баллов)

*Условие:*

Найти массу каменного угля, ежедневно сжигаемого на ТЭС с электрической мощностью 2000 МВт и КПД 45 %. Удельная теплота сгорания каменного угля 25 МДж/кг. Ответ укажите в тысячах тонн.

*Ответ:*

15.4 (допустимая ошибка 0.6)

##### Задача 2.1.3 (2 балла)

*Условие:*

Чему равна молярная масса концентрированной серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)? Ответ записать в г/моль.

*Ответ:*

98

##### Задача 2.1.4 (2 балла)

*Условие:*

Сколько нуклонов содержится в ядре алюминия  $_{13}^{27}\text{Al}$ ?

*Ответ:*

27

**Задача 2.1.5. (2 балла)**

*Условие:*

Сколько нейтронов находится в ядре изотопа никеля  ${}_{28}^{58}\text{Ni}$ ?

*Ответ:*

30

**Задача 2.1.6. (4 балла)**

*Условие:*

Сколько молей вещества содержится в 88 кг углекислого газа?

*Ответ:*

2000 (допустимая ошибка 100)

**Задача 2.1.7 (2 балла)**

*Условие:*

Сколько процентов от первоначального количества радиоактивного вещества останется через 2 периода полураспада?

*Ответ:*

25

**Задача 2.1.8 (1 балл)**

*Условие:*

При бета-плюс распаде из атомного ядра вылетают

- а) Электрон
- б) ядро атома гелия
- в) позитрон и нейтрино
- г) электрон и антинейтрино

*Ответ:*

в

**Задача 2.1.9 (4 балла)**

*Условие:*

Два радиоактивных препарата в начальный момент времени имеют одинаковую активность. Период полураспада первого препарата в два раза больше, чем второго. Чему равно отношение активности второго препарата к активности первого через интервал времени, равный периоду первого препарата?

*Ответ:*

0.5

**Задача 2.1.10 (3 балла)**

Условие:

Через 8 суток наблюдения от первоначального количества радиоактивного вещества осталось 6,25 %. Чему равен период полураспада вещества? Ответ запишите в сутках.

Ответ:

2

**Задача 2.1.11 (3 балла)**

Условие:

Найти энергию альфа-частицы, вылетающей при распаде изотопа радия-226.  $m_{\text{He}} = 4,0026$  а.е.м.,  $m_{\text{Ra}} = 226,0254$  а.е.м.,  $m_{\text{Rn}} = 222,0176$  а.е.м. Ответ записать в МэВ.

Ответ:

4.88 (допустимая ошибка 0.08)

**Задача 2.1.12 (3 балла)**

Условие:

При аннигиляции электрона и позитрона появляются два гамма-кванта. Массы электрона и позитрона равны  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг. Вычислить энергию одного гамма-кванта. Ответ дать в  $10^{-14}$  Дж

Ответ:

8.2 (допустимая ошибка 0.8)

**Задача 2.1.13 (4 балла)**

Условие:

Найти мощность энерговыделения в ваттах в одном грамме изотопа радия 226 за счет его альфа-распада. Молярная масса радия-226  $M_{\text{Ra}} = 226$  г/моль, период полураспада  $T_{1/2} = 1600$  лет.

Ответ:

0.028 (допустимая ошибка 0.008)

**Задача 2.1.14 (2 балла)**

Условие:

Каким образом из возбужденного ядра  ${}_{92}^{239}\text{U}$  получается  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ ?

- а) В результате бета-распада
- б) В результате альфа-распада
- в) В результат двух последовательных бета-распадов
- г) В результате испускания протона

Ответ:

в

**Задача 2.1.15 (3 балла)**

Условие:

Ядро  ${}^7_3\text{Li}$ , захватив протон, распадается на две  $\alpha$ -частицы  ${}^7_3\text{Li} + p \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}$ .  
Определить сумму кинетических энергий этих частиц. Кинетической энергией протона пренебречь.  $m_U = 7.016$  а.е.м.,  $m_p = 1/0073$  а.е.м.,  $m_\alpha = 4.0026$  а.е.м. Ответ записать в МэВ

Ответ:

15 (допустимая ошибка 5)

**Задача 2.1.16 (1 балл)**

Условие:

Какой процесс называется ядерным фотоэффектом?

- а) Испускание ядром электронов при облучении его гамма-квантами
- б) Испускание ядром нуклонов под действием облучения его гамма-квантами
- в) Испускание гамма-кванта при взаимодействии ядра с нейтронами
- г) Процесс рассеяния гамма-квантов на ядре

Ответ:

б

**Задача 2.1.17 (5 баллов)**

Условие:

Чему равна энергия фотона с длиной волны 700 нм? Ответ запишите в  $10^{-20}$  Дж с точностью до десятых.

Ответ:

28.4 (допустимая ошибка 0.6)

**Задача 2.1.18 (5 баллов)**

Условие:

Мощность лазера составляет  $W = 1$  МВт, он испускает излучение с длиной волны  $\lambda = 650$  нм. Сколько фотонов вылетает из лазера в 1 секунду? Полученный ответ поделите на  $10^{24}$  и запишите в предложенное поле с точностью до сотых.

Ответ:

3.27 (допустимая ошибка 0.07)

**Задача 2.1.19 (2 балла)**

Условие:

Конечным этапом всех элементов, которые могут образовываться в звездах, является

- а) углерод
- б) железо
- в) магний
- г) натрий

Ответ:

б

**Задача 2.1.20 (2 балла)**

Условие:

Термоядерная реакция — разновидность ядерной реакции, при которой \_\_\_\_\_ за счет кинетической энергии их теплового движения.

- а) тяжелые атомные ядра объединяются в более тяжелые
- б) легкие атомные ядра объединяются в более тяжелые
- в) тяжелые атомные ядра расщепляются на менее тяжелые
- г) легкие атомные ядра расщепляются на более легкие

Ответ:

б

**Задача 2.1.21 (1 балл)**

Условие:

В результате реакции взаимодействия атмосферного азота с атомной массой в 14 а.е.м. с нейтроном космического излучения образовался протон и атом углерода. Какова масса получившегося атома в а.е.м.?

Ответ:

14

**Задача 2.1.22 (1 балл)**

Условие:

Если период полураспада углерода 14 равен  $T_{1/2}=5768$  лет, то чему равна его постоянная распада в 1/лет? Укажите ответ до второго значащего знака.

Ответ:

0.00012 (допустимая ошибка 0.00008)

**Задача 2.1.23 (1 балл)**

Условие:

Ионизирующие излучения представляют собой

- а) потоки ионизированных частиц
- б) электромагнитное излучение, ионизирующее атомы и молекулы среды, в которой оно распространяется
- в) потоки протонов и нейтронов, способных вызывать ионизацию атомов и молекул среды, в которой они распространяются
- г) потоки элементарных частиц и квантов электромагнитного излучения, способных вызывать ионизацию атомов и молекул среды, в которой они распространяются

Ответ:

г

**Задача 2.1.24 (1 балл)**

Условие:

$\gamma$ -излучение — это

- а) поток нейтрино
- б) поток электромагнитных волн
- в) поток позитронов

г) поток протонов

*Ответ:*

б

**Задача 2.1.25 (1 балл)**

*Условие:*

$\beta$ -излучение представляет собой

- а) поток нейтронов
- б) поток позитронов
- в) поток электронов
- г) поток электронов и позитронов

*Ответ:*

г

**Задача 2.1.26 (1 балл)**

*Условие:*

$\alpha$ -излучение представляет собой

- а) поток ядер атомов гелия
- б) поток нейтронов
- в) поток позитронов
- г) поток нейтрино

*Ответ:*

а

**Задача 2.1.27 (10 баллов)**

*Условие:*

Атомная электрическая станция, как и любой другой сложный промышленный объект, состоит из большого числа единиц оборудования разного назначения. Помимо "сердца" АЭС - ядерного реактора, вырабатывать электроэнергию помогают тысячи других элементов элементы: различного рода насосы и двигатели, большое число трубопроводов и паропроводов, датчики, системы контроля и т.д.

Поломка любого элемента в столь сложной многочисленной системе может вызвать сбой в работе АЭС в целом и даже привести к развитию серьезной аварии! Поэтому при проектировании атомной электростанции существенное внимание уделяется расчету вероятности поломки и выхода из строя каждой из важных систем. Проектировщики выбирают компоновку системы таким образом, чтобы эта вероятность была ниже допустимых значений.

В этом блоке задач Вам предлагается разобраться с расчетом надежности оборудования.

Короткая справка: Отказ оборудования или его элемента - событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности.  $P$  - вероятность безотказной работы элемента или системы элементов.  $Q=1-P$  - вероятность отказа элемента или системы элементов.

Последовательная система элементов Если в системе связанных между собой элементов оборудования отказ любого компонента приводит к отказу системы в целом - такая система называется последовательной. Так, например, если в последовательной

цепи электрических датчиков, хотя бы один выйдет из строя - вся цепь потеряет свою работоспособность. Подобная логика применима не только к электрическим цепям, но и к любому оборудованию, использующему другие физические принципы.

Для того, чтобы просчитать вероятность безотказной работы  $P$  последовательной системы, состоящей из  $i$  элементов, требуется перемножить вероятности безотказной работы  $P_i$  всех элементов:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_{i-1} \cdot P_i$$

Параллельная система элементов  $B$  в системе с параллельной структурой отказ системы в целом происходит только при отказе всех элементов. Так, например, если важный для безопасности работы АЭС параметр измеряется двумя одинаковыми независимыми датчиками контроля (т.е. параллельными), то поломка любого из них не приведет к невозможности контролировать этот важный параметр.

Для системы из  $i$  элементов вероятность безотказной работы будет рассчитываться по формуле:

$$P = 1 - Q, \text{ где } Q = Q_1 \cdot Q_2 \cdot \dots \cdot Q_{i-1} \cdot Q_i$$

Задача Гидравлическая схема одной из систем безопасности АЭС может быть исполнена в двух вариантах. На рисунках квадратами обозначены элементы систем, величинами  $P_i$  обозначены вероятности безотказной работы оборудования. Определите, какая схема исполнения системы является более надёжной (имеет большую вероятность безотказной работы).

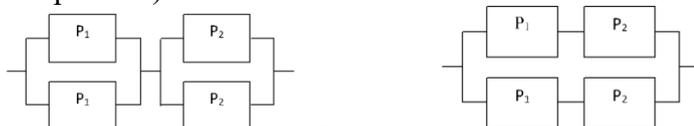


Схема 1:

Схема 2:

Известно, что  $P_1 = 0.9$ ,  $P_2 = 0.8$ .

Найдите с точностью до второго знака после десятичного разделителя вероятность безотказной работы системы 1, вероятность отказа второй системы (с той же точностью) и укажите номер наиболее надёжной схемы

*Ответ:*

0.95; 0.08; 1

### Задача 2.1.28 (10 баллов)

*Условие:*

Сколько нужно сжечь урана-235 на атомной электростанции с КПД 35%, чтобы зарядить аккумулятор телефона, емкостью 2400 мА·ч и рабочим напряжением 3,8 В? При делении одного ядра урана-235 выделяется около 200 МэВ энергии. Ответ дать в миллиграммах с точностью до второй значащей цифры.

*Ответ:*

0.0011 (допустимая ошибка 0.0001)