

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого президента России Б.Н. Ельцина

## **Дополнительные главы физики**

Методические указания и контрольные задания  
по дополнительным главам физики для студентов заочной формы  
обучения технических специальностей НМТ (2 зе)

Екатеринбург

2022

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью настоящих учебно - методических указаний является оказание помощи студентам — заочникам инженерно - технических специальностей высших учебных заведений при изучении курса «Дополнительные главы физики».

По каждой теме, которая включена в задания контрольной работы, приведены основные формулы и законы, необходимые для решения задач. Приведены подробные решения типичных задач по каждой теме и показаны примеры оформления задач.

Приведены таблицы вариантов и задачи контрольных работ.

Кроме того, здесь же приведены общие методические указания, которые необходимо выполнять при выполнении и оформлении контрольных заданий.

### ПРОГРАММА:

Тепловое излучение.

Волновые свойства.

Соотношение неопределенностей.

Уравнение Шредингера.

Туннельный эффект.

Задача об атоме водорода.

Многоэлектронные атомы.

Рентгеновское излучение.

Оптические квантовые генераторы.

Ядро. Радиоактивность.

**ОБЯЗАТЕЛЬНО ВНИМАТЕЛЬНО ПРОЧИТАЙТЕ УКАЗАНИЯ,  
ПРИВЕДЕННЫЕ НИЖЕ, И УЧИТЫВАЙТЕ ВСЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К  
ОФОРМЛЕНИЮ И СРОКАМ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ.**

При выполнении контрольных работ студенту необходимо руководствоваться следующим:

1. Номер варианта контрольной работы определяется последней цифрой его шифра (номер студенческого). Номера задач каждого варианта определяются таблицей вариантов, приведенной в указаниях.

2. Контрольные работы выполняются в обычной школьной тетради, на лицевой стороне которой (на обложке) приводятся сведения по следующему образцу:

Студент заочного факультета УрФУ Фамилия Имя Отчество  
Институт  
Номер группы  
Шифр (номер студенческого)  
Адрес электронной почты для связи  
Контрольная работа по курсу «Дополнительные главы физики»

3. **Условия задач в контрольной работе переписываются полностью без сокращений.** На страницах тетради оставляются поля для замечаний преподавателя и после каждой решенной задачи необходимо оставлять место для замечаний преподавателя и для ответа на эти замечания или внесения исправлений к решению. Каждая следующая задача должна начинаться с новой страницы.

4. В конце контрольной работы указывается, каким основным учебником или учебным пособием пользовался студент при изучении курса физики (название, автор, год издания).

5. На проверку работа должна быть представлена не менее, чем за месяц до начала сессии.

6. В результате проверки выставляются баллы в БРС,

Обложка зачтенной контрольной работы предъявляется преподавателю перед началом экзамена или зачета.

## Указания к решению и оформлению задач

1. Записать текст условия задачи полностью.
2. Выписать численные данные и перевести их в Международную систему измерения физических величин (СИ).
3. Выполнить чертеж или рисунок, поясняющий содержание задачи, показав на нем соответствующие обозначения физических величин, проанализировать условие задачи и указать основные законы, которые нужно применить для решения, указать, почему их можно применить и записать их аналитическую форму. Пояснить буквенные обозначения физических величин, входящих в эти формулы.
4. Если при решении задач применяется частная формула, не выражающая

- какой-нибудь закон или не являющаяся определением какой — либо физической величины, то её следует вывести.
5. Необходимо сопровождать весь ход решения задачи развернутыми пояснениями, раскрывающими полноту понимания и владения теоретическим материалом. Дать определение всем физическим понятиям и величинам.
  6. Получить решение задачи в аналитическом виде, т.е. выразить искомые величины через заданные величины в буквенном виде и стандартные физические постоянные.
  7. Подставить в полученную формулу численные значения всех величин, выраженных в системе СИ. Произвести вычисления и получить искомый результат. Записать ответ, указав единицы измерения искомой величины.
  8. Проанализировать полученный результат.

Чтобы разобраться в предложенных задачах и выполнить контрольную работу правильно, следует после изучения теории очередного раздела учебника внимательно разобрать помещенные в настоящих указаниях примеры решения типовых задач, близких по уровню сложности к задачам контрольной работы.

Расписание пересдач в межсессионный период вывешивается около деканата и на доске объявлений на кафедре физики.

## Основные формулы для решения задач

Для освоения материала этой темы и решения задач по курсу «Дополнительные главы физики» необходимо ознакомиться со следующими понятиями и законами.

### Тепловое излучение

Тепловое излучение – это излучение электромагнитных волн телами, температура которых отлична от абсолютного нуля. Одними из основных характеристик, используемых для описания теплового излучения, являются энергетическая светимость  $R_T$  тела и его испускательная способность – спектральная плотность  $r_{\lambda,T}$  энергетической светимости.

$$R_T = \frac{dW}{dSdt}, \quad r_{\lambda,T} = \frac{dR}{d\lambda}, \quad R_T = \int_0^{\infty} r_{\lambda,T} d\lambda$$

Закон Кирхгофа можно записать в виде

$$\left( \frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} \right) = \left( \frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} \right) = \dots = \left( \frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} \right) = (r_{\lambda,T})_{AЧТ} = R_{\lambda,T}^0$$

Закон Стефана-Больцмана: энергетическая светимость абсолютно

черного тела прямо пропорциональна четвертой степени его температуры.

$$R_T^0 = \sigma T^4,$$

где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  – постоянная Стефана-Больцмана.

Закон смещения Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

где  $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$  – постоянная Вина.

Закон Вина

$$r_{\lambda, T_{\max}}^0 = c T^5, \text{ где } c = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{К}^5) \text{ – вторая постоянная Вина.}$$

### Волновые свойства

Формула де Бройля, выражающая связь длины волны с импульсом

$$\text{движущейся частицы: } \lambda_B = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v}$$

где  $m$  – масса покоя частицы;  $v$  – ее скорость.

Длина волны де Бройля связана с кинетической энергией микрочастицы соотношением

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m W_k}}$$

$h$ -постоянная Планка  $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношения неопределенностей Гейзенберга

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar \quad \Delta y \cdot \Delta p_y \geq \hbar, \quad \Delta z \cdot \Delta p_z \geq \hbar$$

$$\Delta W \cdot \Delta t \geq \hbar$$

$W$  – энергия частицы в квантовом состоянии,

$\Delta W$  – неопределенность по энергии данного квантового состояния,

$\Delta t$  – неопределенность времени жизни частицы в данном квантовом состоянии.

### Уравнение Шредингера

является основным уравнением квантовой механики

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + U(x, y, z) \psi = W \psi.$$

В этом уравнении  $\hbar = h/(2\pi)$  - постоянная Планка, деленная на  $2\pi$ ;  $m$  – масса частицы;  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  – оператор Лапласа.

Решением уравнения Шредингера являются собственные волновые функции, описывающие, к примеру, поведение частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме,

$$\psi_n(x) = i\sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{\pi n}{l} x\right), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Для собственных значений энергии частицы получим:

$$W = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}, \quad k_n = \frac{\pi n}{l} \quad \Rightarrow \quad k_n = \frac{\pi n}{l},$$

$$W_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

энергетический спектр частицы является дискретным (энергия частицы может принимать только определенные значения) и расходящимся, минимальное значение энергии отлично от нуля и равно  $W_1$

$$\Delta W_{n+1,n} = W_{n+1} - W_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} (2n+1), \quad W_{\text{мин}} = W_1 = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2}.$$

Состояние частицы при квантовом числе  $n=1$ , называется *основным* состоянием частицы, а все остальные ее состояния называются *возбужденными*.

### Потенциальным барьером

Называется область пространства, в которой потенциальная энергия частицы больше, чем в соседних областях.

Коэффициент прозрачности  $D$  потенциального барьера – величина, определяющая вероятность проникновения частиц сквозь потенциальный барьер и равная отношению интенсивности волны, прошедшей потенциальный барьер, к интенсивности волны, падающей на барьер.

$$D = \frac{I_{\text{ПРОШ}}}{I_{\text{ПАД}}} = \frac{|A_3|^2}{|A_1|^2} = \frac{|\psi_2(b)|^2}{|\psi_2(a)|^2} = \exp(-2k_2(b-a)) = \exp\left(-\frac{2}{\hbar} \sqrt{2m(U_0 - W)}(b-a)\right)$$

### Задача об атоме водорода

Первый постулат Бора: Атомы могут длительно пребывать только в таких состояниях, находясь в которых они не излучают энергии. Этим стационарным состояниям соответствуют определенные энергии  $E_1, E_2, \dots, E_n$  атома.

Второй постулат Бора: При переходе из одного стационарного состояния в другое атом испускает или поглощает излучение строго определенной частоты, определяемой условием

$$h\nu = E_m - E_n.$$

— Стационарным состояниям атома соответствуют вполне определенные орбиты, по которым движутся электроны. Момент импульса  $L$  электрона для стационарных орбит кратен  $\hbar = h/2\pi$ .

Радиусы круговых орбит электрона определяются равенством

$$L = m_e v r = n \hbar,$$

где  $r$  – радиус орбиты;  $v$  – скорость электрона на этой орбите;  $n$  – целое число, называемое главным квантовым числом ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

Энергия электрона, находящегося на  $n$ -й орбите,

$$E_n = -\frac{e^4 m_e}{8 \epsilon_0^2 n^2 h^2}$$

Длина волны  $\lambda$  света, излучаемого атомом водорода при переходе с одной орбиты на другую, может быть определена из сериальной формулы

$$\frac{1}{\lambda} = R' \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

где  $R'$  – постоянная Ридберга;  $n$  и  $m$  – квантовые числа, определяющие номера орбит электрона.

Энергия кванта света, излучаемого атомом водорода при переходе с одной орбиты на другую?

$$\epsilon = E_i \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

где  $E_i$  – энергия ионизации атома водорода,  $E_i = -13,6$  эВ.

Энергия ионизации, выраженная в электрон-вольтах, численно равна потенциалу ионизации, выраженному в вольтах. Потенциалом ионизации называется ускоряющая разность потенциалов, которую должен пройти бомбардирующий электрон, чтобы приобрести кинетическую энергию, достаточную для ионизации атома.

### **Ядро. Радиоактивность.**

Строение атомных ядер.

Ядро обозначается тем же символом, что и нейтральный атом:



где  $X$  – символ химического элемента;  $Z$  – зарядовое число (атомный номер, число протонов в ядре);  $A$  – массовое число (число нуклонов в ядре),  $A = Z + N$ , где  $Z$  – зарядовое число (число протонов);  $N$  – число нейтронов.

Радиус ядра определяется соотношением

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}},$$

где  $r_0$  – коэффициент пропорциональности, который можно считать для всех ядер постоянным и равным  $1,4 \cdot 10^{-15}$  м.

Дефект массы ядра

$$\Delta m = [Z m_p + (A - Z) m_n] - m_{\text{я}} = [Z m_H + (A - Z) m_n] - m,$$

где  $m_p$ ,  $m_n$ ,  $m$  – соответственно массы протона, нейтрона и ядра;  $Z$  – зарядовое число ядра;  $A$  – массовое число;  $m_H = m_p + m_e$  – масса атома водорода ( ${}^1_1H$ );  $m$  – масса атома.

Энергия связи нуклонов в ядре

$$W_{\text{св}} = \Delta mc^2 = \{ [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_{\text{я}} \} c^2$$

Во внесистемных единицах энергия связи ядра  $W_{\text{св}} = 931,4 \cdot \Delta m$ , где  $\Delta m$  – дефект массы в атомных единицах массы (а.е.м.); 931,4 МэВ/а.е.м. – коэффициент пропорциональности.

В этом случае энергия связи будет определена в мегаэлектрон-вольтах.

Удельная энергия связи (энергия связи, отнесенная к одному нуклону)

$$W_{\text{св}}^{\text{уд}} = W_{\text{св}}/A$$

### Радиоактивность

Основной закон радиоактивного распада

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

где  $N$  – число ядер, не распавшихся к моменту времени  $t$ ;  $N_0$  – число ядер в начальный момент времени ( $t = 0$ );  $\lambda$  – постоянная радиоактивного распада.

Период полураспада  $T_{1/2}$  – промежуток времени, за который число нераспавшихся ядер уменьшается в два раза.

Период полураспада связан с постоянной распада соотношением

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

Число ядер, распавшихся за время  $t$ :

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

В случае, если промежуток времени  $\Delta t$ , за который определяется число распавшихся ядер, много меньше периода полураспада  $T_{1/2}$ , то число распавшихся ядер можно определить по формуле

$$\Delta N = \lambda N_0 \Delta t$$

Среднее время жизни  $\tau$  радиоактивного ядра, т.е. промежуток времени, за который число нераспавшихся ядер уменьшится в  $e$  раз:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Число  $N$  атомов, содержащихся в радиоактивном изотопе:

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

где  $m$  – масса изотопа;  $M$  – его молярная масса;  $N_A$  – постоянная Авогадро.

### Правила смещения:

для  $\alpha$ -распада  ${}^A_ZX \rightarrow {}^4_2He + {}^{A-4}_{Z-2}Y$

для  $\beta^-$ -распада  ${}^A_ZX \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^A_{Z+1}Y$

для  $\beta^+$ -распада  ${}^A_ZX \rightarrow {}^0_1e + {}^A_{Z-1}Y$

Активность  $A$  радиоактивного изотопа есть величина, равная отношению числа  $dN$  ядер, распавшихся в изотопе, к промежутку времени  $dt$ , за который произошел распад.

Активность определяется по формуле

$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$  или (после замены  $N$  по основному закону радиоактивного распада)

$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$  – активность изотопа в начальный момент времени/

Единица измерения активности в системе СИ  $[A] = \text{расп с} = \text{Бк}$  (беккерель)

Удельная активность изотопа (активность изотопа на единицу массы вещества):

$$a = \frac{A}{m}.$$

**Ядерные реакции. Энергия ядерной реакции.**

$$Q = c^2[(m_1 + m_2)] - (m_3 + m_4),$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы покоя ядра-мишени и бомбардирующей частицы;  $(m_3+m_4)$  – сумма масс покоя ядер продуктов реакции;  $c$  – скорость света в вакууме.

При числовом подсчете энергии ядерной реакции массы ядер удобно заменить массами нейтральных атомов, выраженными в атомных единицах массы (а.е.м.), а энергию ядерной реакции вычислять во внесистемных единицах (МэВ).

При этом коэффициент пропорциональности в формуле  $c^2 = 931,4$  МэВ/а.е.м., где  $c$  – скорость света в вакууме.

**Таблица заданий по вариантам**

Вариант	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5
1	1	11	21	31	41
2	2	12	22	31	42
3	3	13	23	33	43
4	4	14	24	34	44
5	5	15	25	35	45

6	6	16	26	36	46
7	7	17	27	37	47
8	8	18	28	38	48
9	9	19	29	39	49
10	10	20	30	40	50

1. Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 500$  К. Какова будет температура  $T_2$  тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в 5 раз?
2. В какой области спектра лежит длина волны, соответствующая максимуму излучательной способности Солнца, если температура его поверхности 5800 К?
3. Температура абсолютно черного тела 127 °С. После повышения температуры суммарная мощность излучения увеличилась в 3 раза. На сколько повысилась при этом температура?
4. Определите спектральную плотность излучательной способности, рассчитанную на 1 нм для  $\lambda_{\max}$  в спектре абсолютно черного тела. Температура тела  $T = 1$  К.
5. Температура абсолютно черного тела изменяется от 727 до 1727 °С. Во сколько раз изменится при этом энергия, излучаемая телом?
6. Из отверстия в печи площадью 10 см<sup>2</sup> излучается 250 кДж энергии за 1 мин. В какой области спектра лежит длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности?
7. Найдите мощность, излучаемую абсолютно черным телом, представляющим собой шар радиусом 10 см, который находится в комнате при температуре 20 °С.
8. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум спектральной плотности энергетической светимости переместится с красной линии видимого спектра ( $\lambda_{\max 1} = 780$  нм) на фиолетовую ( $\lambda_{\max 2} = 390$  нм)?
9. Вычислите энергию, излучаемую с поверхности Солнца площадью 1 м<sup>2</sup> за 1 мин, приняв температуру его поверхности равной 5800 К. Считать Солнце абсолютно черным телом.
10. Мощность излучения абсолютно черного тела  $\Phi_0 = 10$  кВт, максимум спектральной плотности излучательной способности приходится на длину волны 0,8 мкм. Определите площадь излучающей

поверхности.

11. Найдите длину волны де Бройля электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов  $U = 1$  МВ.
12. Найдите длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.
13. Найдите длину волны де Бройля для электрона, находящегося на второй круговой орбите атома водорода.
14. Электрон движется по окружности радиусом  $r = 0,5$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 8$  мТл. Определите длину волны де Бройля электрона.
15. Протон движется по окружности радиусом  $r = 0,1$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 4$  мТл. Определите длину волны де Бройля протона.
16. Какую ускоряющую разность потенциалов  $U$  должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна  $0,1$  нм?
17. Определите длину волны де Бройля электрона, если его кинетическая энергия  $W = 1$  кэВ.
18. Найдите длину волны де Бройля протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов  $U = 1$  кВ.
19. Какую ускоряющую разность потенциалов  $U$  должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля была равна  $0,5$  нм?
20. Протон движется со скоростью  $v = 1 \cdot 10^8$  м/с. Определите длину волны де Бройля, учитывая изменение импульса протона в зависимости от скорости.
21. Определите неопределенность  $\Delta x$  в определении координаты электрона, движущегося в атоме со скоростью  $v = 1,5$  Мм/с, если неопределенность в определении скорости составляет  $\Delta v = 0,1v$ .
22. Электрон с кинетической энергией  $W = 0,15$  кэВ находится в металлической пылинке диаметром  $d = 10$  мкм. Оцените относительную неопределенность  $\Delta v/v$ , с которой может быть определена скорость электрона.
23. Во сколько раз длина волны де Бройля частицы меньше неопределенности ее координаты  $\Delta x$ , которая соответствует относительной неопределенности импульса в  $10\%$ ?
24. Во сколько раз длина волны де Бройля частицы меньше неопределенности ее координаты  $\Delta x$ , которая соответствует относительной неопределенности импульса в  $10\%$ ?
25. Вычислите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с 4-го энергетического уровня на 2-й.
26. Пучок электронов с энергией  $W = 1$  кэВ падает на щель шириной  $a = 1$  нм. Если электрон прошел через щель, то его координата известна с

- неопределенностью  $\Delta x = a$ . Оцените получаемую при этом относительную неопределенность в определении импульса  $\Delta p/p$ .
27. Пучок электронов с энергией  $W = 1$  кэВ падает на щель шириной  $a = 1$  нм. Если электрон прошел через щель, то его координата известна с неопределенностью  $\Delta x = a$ . Оцените получаемую при этом относительную неопределенность в определении импульса  $\Delta p/p$ .
  28. Пользуясь теорией Бора, определите для однократно ионизированного атома гелия длину волны в спектре, соответствующую переходу со 2-й орбиты на 1-ю.
  29. Пучок электронов с энергией  $W = 1$  кэВ падает на щель шириной  $a = 1$  нм. Если электрон прошел через щель, то его координата известна с неопределенностью  $\Delta x = a$ . Оцените получаемую при этом относительную неопределенность в определении импульса  $\Delta p/p$ .
  30. Пользуясь теорией Бора, определите для однократно ионизированного атома гелия длину волны в спектре, соответствующую переходу со 2-й орбиты на 1-ю.
  31. Фотон с энергией 16,5 эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость будет иметь электрон вдали от ядра атома?
  32. Пучок электронов с энергией  $W = 1$  кэВ падает на щель шириной  $a = 1$  нм. Если электрон прошел через щель, то его координата известна с неопределенностью  $\Delta x = a$ . Оцените получаемую при этом относительную неопределенность в определении импульса  $\Delta p/p$ .
  33. Пользуясь теорией Бора, определите для однократно ионизированного атома гелия длину волны в спектре, соответствующую переходу со 2-й орбиты на 1-ю.
  34. Фотон с энергией 16,5 эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость будет иметь электрон вдали от ядра атома?
  35. Определите энергию фотона, испускаемого атомом водорода при переходе электрона с 3-й орбиты на основную.
  36. Электрон обладает энергией  $E=100$ эВ. Определить во сколько раз изменятся его скорость, длина волны де Бройля и фазовая скорость при прохождении через потенциальный барьер высотой  $U=6$  эВ.
  37. Протон с энергией  $E=1$ МэВ изменил при прохождении потенциального барьера дебройлевскую длину волны на 1%. Определить высоту потенциального барьера.
  38. На пути электрона с дебройлевской длиной волны 0,1 нм находится потенциальный барьер высотой  $U= 120$ эВ. Определить длину волны де Бройля после прохождения барьера.
  39. Электрон с энергией  $E= 100$ эВ попадает на потенциальный барьер высотой  $U=64$ эВ. определить вероятность того, что электрон отразится от барьера.

40. Вычислить коэффициент прохождения электрона с энергией  $E=100\text{эВ}$  через потенциальный барьер высотой  $U=99,75\text{эВ}$ .
41. Изотоп  ${}^{238}_{92}\text{U}$  испытывает радиоактивный распад. Масса изотопа  $m=1\text{г}$ . Рассчитать начальное количество ядер  $N_0$ , число распавшихся ядер  $\Delta N$ , а также долю распавшихся ядер (в %) за время  $t_1 = 10^8$  лет, если период полураспада изотопа  $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  лет.
42. Вычислить энергию связи  $E_{\text{св}}$  и удельную энергию связи  $E_{\text{св уд}}$  ядра  ${}^3_1\text{H}$ .
43. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции:  ${}^3_2\text{He}({}^2_1\text{H}, p)X$ . рассчитать энергетический выход ядерной реакции  $Q$  в МэВ. Выделяется или поглощается энергия при этой реакции?
44. Изотоп  ${}^{229}_{90}\text{Th}$  испытывает радиоактивный распад. Масса изотопа  $m=10\text{г}$ . Рассчитать постоянную распада  $\lambda$ , начальную удельную активность  $A_0$  заданного радиоактивного вещества и его активность  $A(t)$  в конце промежутка времени  $t_1 = 5000$  лет. Период полураспада изотопа равен  $T = 7000$  лет.
45. Изотоп  ${}^{222}_{88}\text{Ra}$  испытывает радиоактивный распад. Масса изотопа  $m=12\text{г}$ . Рассчитать начальное количество ядер  $N_0$ , число распавшихся ядер  $\Delta N$ , а также долю распавшихся ядер (в %) за время  $t_1 = 5000$  лет, если период полураспада изотопа  $T_{1/2} = 1620$  лет.
46. Вычислить энергию связи  $E_{\text{св}}$  и удельную энергию связи  $E_{\text{св уд}}$  ядра  ${}^{11}_5\text{B}$ .
47. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции:  $X(p, \alpha){}^4_2\text{He}$ . Определить энергетический выход ядерной реакции  $Q$  в МэВ. Выделяется или поглощается энергия при этой реакции?
48. Жолио-Кюри облучали магний  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$   $\alpha$ -частицами, в результате чего испускался нейтрон и образовывалось искусственно-радиоактивное ядро, испытывающее  $\beta^+$  распад. Запишите эту реакцию и рассчитайте ее энергию
49. Изотоп  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  испытывает радиоактивный распад. Масса изотопа  $m=15\text{г}$ . Рассчитать постоянную распада  $\lambda$ , начальную удельную активность  $A_0$  заданного радиоактивного вещества и его активность  $A(t)$  в конце промежутка времени  $t_1 = 3$  года. Период полураспада изотопа равен  $T_{1/2} = 5,2$  года.
50. Изотоп  ${}^{131}_{53}\text{I}$  испытывает радиоактивный распад. Масса изотопа  $m=11\text{г}$ . Рассчитать постоянную распада  $\lambda$ , начальную удельную активность  $A_0$  заданного радиоактивного вещества и его активность  $A(t)$  в конце промежутка времени  $t_1 = 16$  сут. Период полураспада изотопа равен  $T_{1/2} = 8$  сут.