Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ухтинский государственный технический университет

**Физика**

# АТОМНАЯ ФИЗИКА И ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Методические указания к индивидуальным заданиям

УХТА
2010

УДК 53 075
С 28
ББК 22.3. Я7

Северова, Н. А.
Физика. Атомная физика и элементы квантовой механики [Текст]: метод. указания / Н. А. Северова. – Ухта: УГТУ, 2010 г. – 36 с.

Методические указания предназначены для выполнения индивидуальной работы по темам «Атомная физика и элементы квантовой механики» для студентов 2 курса специальностей МОН, МЛК, ЛИ в 4 семестре.

Содержание методических указаний соответствует учебной рабочей программе.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой физики от 26.11.09г. пр. № 3 и предложены для издания.

Рецензент: Пономарев Н.С., к.ф-м.н., доцент кафедры физики
Ухтинского государственного технического университета.

Редактор: Шамбулина В.Н., доцент кафедры физики
Ухтинского государственного технического университета.

В методических указаниях учтены предложения рецензента и редактора.

План 2010 г., позиция 27.
Подписано в печать 28.01.2010 г. Компьютерный набор: Северова Н. А.
Объем 36 с. Тираж 100 экз. Заказ № 238.


169300, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.
Отдел оперативной полиграфии УГТУ.
169300, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.

## *МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

к индивидуальным заданиям по темам «Атомная физика и элементы квантовой механики» для студентов 2 курса.

Индивидуальные задания составлены в 30 вариантах по 12 задач в каждом.

Предложенные задачи охватывают все основные разделы, указанных в названии тем.

Задачи распределены следующим образом:

1 задача: Сериальные закономерности спектра атома водорода.

2 задача: Атом водорода по Бору и водородоподобные ионы.

3 задача: Волны де Бройля.

4 задача: Соотношения неопределенностей Гейзенберга.

5 задача: Волновая функция.

6 задача: Одномерная прямоугольная «потенциальная яма» с бесконечно высокими стенками.

7 задача: Распределение электронов в атоме.

8 задача: Квантование момента импульса электрона в атоме.

9 задача: Дефект массы, энергия связи и удельная энергия связи.

10 задача: Закон радиоактивного распада. Активность радиоактивного изотопа.

11 задача: Символическая запись ядерной реакции.

12 задача: Энергетический выход ядерной реакции.

Индивидуальные задания могут быть использованы для аудиторной работы, а также в качестве домашней контрольной работы по темам «Атомная физика и элементы квантовой механики» студентами дневной формы обучения.

Индивидуальные задания рекомендуются для студентов 2 курса дневного отделения специальностей МОН, МЛК, ЛИ.

## Вариант 1

1. Определить длину волны, соответствующую второй спектральной линии в серии Пашена.
2. Определить эквивалентный ток, связанный с движением электрона по первой боровской орбите.
3. Определить, при каком числовом значении кинетической энергии длина волны де Бройля электрона равна его комптоновской длине волны.
4. Используя соотношение неопределенностей, показать, что в ядре не могут находиться электроны. Линейные размеры ядра принять равными $5{,}8\cdot10^{-15}$ м.
5. $\Psi$ -функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{A}{r}\ell^{-r/a}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить значение постоянной А, используя условие нормировки.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии $n = 2$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. Определить суммарное максимальное число *s*-, *p*-, *d*-, *f*- и *g*-электронов, которые могут находиться в N- оболочке атома.
8. Определить, во сколько раз орбитальный момент импульса $L_l$ электрона, находящегося в *f* -состоянии, больше, чем для электрона в *p*-состоянии.
9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи фосфора.
10. Первоначальная масса радиоактивного изотопа йода $^{131}_{53}I$ с периодом полураспада равным 8 суток равна 1 г. Определить его активность через трое суток.
11. Записать недостающие обозначения в ядерной реакции $^{40}_{18}Ar(\alpha,n)X$.
12. При бомбардировке алюминия $^{27}_{13}Al$ α-частицами образуется фосфор $^{30}_{15}P$. Записать эту реакцию и подсчитать выделенную энергию. Массы ядер, участвующих в реакции определите из таблицы 2.

## Вариант 2

1. Атом водорода находится в возбужденном состоянии характеризуемом главным квантовым числом 3. Определить возможные спектральные линии в спектре водорода, появляющиеся при переходе атома из возбужденного состояния в основное.
2. Определить эквивалентный ток, связанный с движением электрона по вт орой боровской орбите.
3. Вывести связь между длиной круговой электронной орбиты и длиной волны де Бройля.
4. Кинетическая энергия протона равна его энергии покоя. Чему равна при этом минимальная неопределенность координаты протона?
5. Известно, что нормированная собственная волновая функция, описывающая состояние электрона в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками», имеет вид $\Psi_n(x) = \sqrt{2/l} \cdot \sin(\pi n x / l)$, где $\ell$ - ширина «ямы». Определить среднее значение координаты электрона .
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в левой половине «ямы».
7. Пользуясь Периодической системой элементов Д.И. Менделеева, записать символически электронную конфигурацию атома неона в основном состоянии $_{10}Ne$.
8. Определить, во сколько раз орбитальный момент импульса $L_\ell$ электрона, находящегося в $f$ - состоянии, больше, чем для электрона в $d$-состоянии.
9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи магния.
10. Активность некоторого радиоактивного изотопа в начальный момент времени составляла 100 Бк. Определить активность этого изотопа по истечении промежутка времени, равного половине периода полураспада.
11. Записать недостающие обозначения $X$ в ядерной реакции $X(p,n)\ {}^{37}_{18}Ar$ .
12. Определить, выделяется или поглощается энергия при ядерной реакции : ${}^{44}_{20}Ca + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{41}_{19}K + {}^{4}_{2}He$. Массы ядер, участвующих в реакции определите из таблицы 2.

## Вариант 3

1. В инфракрасной области спектра излучения водорода обнаружено четыре серии - Пашена, Брэкета, Пфунда и Хэмфри. Записать сериальные формулы для них и определить длину волны самой коротковолновой линии в серии Пашена.
2. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i$ = 13,6 эВ, определить в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Бальмера.
3. Определить, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля для него была равна 10 нм.
4. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределенность скорости составляет 10 % от её числового значения, определить неопределенность координаты электрона. Применимо ли в данном случае для электрона понятие траектории?
5. $\Psi$-функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{a}{r}\ell^{-r/a}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в левой трети «ямы».
7. Определить в Периодической системе элементов Д.И.Менделеева порядковый номер элемента, у которого в основном состоянии заполнены K, L, M-оболочки, а также *4s*-подоболочка.
8. Момент импульса орбитального движения электрона $L_\ell$ в атоме водорода равен $1{,}83\cdot10^{-34}$ Дж·с. Определить магнитный момент $M_\ell$, Обусловленный орбитальным движением электрона.
9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи полония.
10. Период полураспада радиоактивного изотопа актиния $^{225}_{89}Ac$ составляет 10 сут. Определить время, за которое распадётся 1/3 начального количества ядер.
11. Пользуясь таблицей Менделеева и правилами смещения, определить, в какой элемент превращается $^{226}_{92}U$ после трёх α- и двух β - распадов.
12. При реакции $^{6}Li(d,p)^{7}Li$ освобождается энергия 5,028 МэВ. Определить массу изотопа $^{6}Li$. Массы остальных атомов взять в таблице 2.

## Вариант 4

1. Атом водорода находится в возбужденном состоянии , характеризуемом главным квантовым числом 4. Определить количество в озможных спектральных линий в спектре водорода, появляющихся при переходе атома из возбужденного состояния в основное и максимальную длину волны в этом наборе линий.
2. Используя теорию Бора для атома водорода, определить скорость движения электрона на первой боровской орбите.
3. Определить, как изменится длина волны де Бройля электрона атома водорода при переходе его с третьей боровской орбиты на вторую.
4. Используя соотношение неопределенностей, показать, что в ядре не могут находиться электроны. Лине йные размеры ядра принять равными $5{,}8\cdot10^{-15}$ м.
5. Используя условие нормировки вероятностей, определить нормировочный коэффициент А волновой функции $\psi(r) = Ae^{-r/a}$, описывающей основное состояние электрона в атоме водорода, где $r$ - расстояние электрона от ядра; $a$ – первый боровский радиус.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 2$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы максимальна. Пояснить полученный, результат графически.
7. Пользуясь Периодической системой элементов Д.И.Менделеева, записать символически электронную конфигурацию для атома криптона.
8. Электрон в атоме находится в s-состоянии. Определить момент импульса $L_\ell$ орбитального движения электрона в атоме.
9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи альфа - частицы.
10. Определить удельную активность 1 кг вещества изотопа $^{238}_{92}U$, если период его полураспада $4{,}5\cdot10^{9}$ лет.
11. Пользуясь таблицей Менделеева и правилами смещения, определить, в какой элемент превращается $^{236}_{92}U$ после трех α - и двух β - распадов.
12. При бомбардировке изотопа $^{6}_{3}Li$ дейтонами образуются две альфа -частицы. При этом выделяется энергия 22,3 МэВ. Найти массу изотопа лития. Массы ядер, участвующих в реакции (кроме лития) определите из таблицы 2.

## Вариант 5

1. Определите количество спектральных линий, которые появятся в спектре атомарного водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его электронами с энергией 12,75 эВ. Вычислите длины волн тех спектральных линий, которые будут соответствовать серии Пашена.
2. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i$ = 13,6 эВ, определить в электрон-вольтах энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Бальмера.
3. Определить, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля для него была равна 10 нм.
4. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределённость скорости составляет 20 % от её числового значения, определить неопределённость координаты электрона. Применимо ли в данном случае для электрона понятие траектории?
5. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид $\psi(r) = \mathrm{A}e^{-r^2/(2a)^2}$, где $r$ - расстояние частицы до силового центра; $a$ - некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $<r>$ частицы до силового центра.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в правой трети «ямы».
7. Определить в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева порядковый номер элемента, у которого в основном состоянии заполнены K, L, M - оболочки, а также частично заполнена 4$s$ - подоболочка.
8. Определить, во сколько раз орбитальный момент импульса электрона, находящегося в $f$ - состоянии, больше, чем для электрона в $p$ - состоянии.
9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи полония.
10. Определить, какая часть (в %) начального количества ядер радиоактивного изотопа останется не распавшейся по истечении времени, равного двум средним временам жизни радиоактивного ядра.
11. Пользуясь таблицей Менделеева и правилами смещения, определить, в какой элемент превращается $^{238}_{92}U$ после трёх $\alpha$ - и двух $\beta$ - распадов.
12. Определить, выделяется или поглощается энергия при ядерной реакции : $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{17}_{8}O$. Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в таблице 2.

## Вариант 6

1. Определить максимальную энергию фотона в видимой серии спектра водорода (серии Бальмера).
2. Электрон находится на первой боровской орбите атома водорода. Оп ределить для электрона: 1) потенциальную энергию; 2) кинетическую энергию; 3) полную энергию.
3. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 500 В, имеет длину волны де Бройля 1,28 пм. Принимая заряд этой частицы равным заряду электрона, определить ее массу.
4. Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оценить размытость энергетического уровня в атоме водорода для возбужденного состояния, если время жизни электрона в возбужденном состоянии $10^{-8}$ с.
5. $\Psi$ -функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{a}{r}\ell^{-r/a}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенци альной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с главным квантовым числом 3. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. Записать возможные значения орбитального квантового числа $\ell$ и магнитного квантового числа $m_\ell$ для главного квантового числа $n = 4$.
8. Электрон в атоме находится в $p$ - состоянии. Определить орбитальный момент импульса $L_\ell$.
9. Вычислить дефект массы, энергию св язи и удельную энергию связи дейтерия.
10. Определить, какая часть начального количества ядер радиоактивного изотопа распадается за время, равное двум периодам полураспада.
11. Определить зарядовое число $Z$ и массовое число $A$ частицы, обозначенной буквой $X$, в символической записи ядерной реакции: ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{1}_{1}H + X$.
12. Определить, является ли реакция: ${}^{7}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{7}_{4}Be + {}^{1}_{0}n$ экзотермической или эндотермической. Опре делить энергию ядерной реакции. Массы ядер, участвующих в реакции определите из табл ицы 2.

## Вариант 7

1. Определить минимальную энергию фотона в видимой серии спектра водорода
2. Электрон находится на второй боровской орбите атома водорода. Определить для электрона: 1) потенциальную энергию $E_p$; 2) кинетическую энергию $E_k$; 3) полную энергию E.
3. Кинетическая энергия электрона равна 1 кэВ. Определить длину волны де Бройля, соответствующую электрону.
4. Принимая, что электрон находится внутри атома диаметром 0,3 нм, определить (в электрон-вольтах) неопределенность энергии этого электрона.
5. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид $\psi(r) = Ae^{-r^2/(2a)^2}$, где $r$ - расстояние частицы до силового центра; $a$ - некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 4$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы максимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. Определить, сколько различных волновых функций соответствует главному квантовому числу 3.
8. Электрон в атоме находится в $p$-состоянии. Определить момент импульса $L_\ell$ орбитального движения электрона в атоме.
9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи трития.
10. Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если 5/8 начального количества ядер этого изотопа распалось за 849 с.
11. Определить зарядовое число Z и массовое число A частицы, обозначенной буквой x, в символической записи ядерной реакции: ${}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + x$.
12. В процессе осуществления реакции $\gamma \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{+1}e$ энергия $E_0$ фотона составляла 2,02 МэВ. Определить полную кинетическую энергию позитрона и электрона в момент их возникновения. Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в таблице 2.

## Вариант 8

1. Определить длину волны, соответствующую третьей спектральной линии в первой инфракрасной серии.
2. Определить магнитный момент электрона, находящегося в атоме водорода на первой боровской орбите. Сравнить полученный результат с магнетоном Бора.
3. Найти длину волны де Бройля для электронов, движущихся со скоростью 10 Мм/с.
4. Определить отношение неопределенностей скорост ей электрона, если его координата установлена с точностью до $10^{-5}$ м, и пылинки массой $10^{-12}$, если ее координата установлена с такой же т очностью.
5. Частица находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками». Вывести выражение для собственных значений энергии $E_n$.
6. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в пределах $0 \le x \le 1/3\ell$ и $2/3 \le x \le \ell$ «ямы».
7. Электронная конфигурация некоторого элемента $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$. Определить, что это за элемент.
8. Определить, во сколько раз орбитальный момент импульса $L_\ell$ электрона, находящегося в *d*-состоянии, больше, чем для электрона в *p*-состоянии.
9. Определить, какая энергия в электрон-вольтах соответствует дефекту массы $\Delta m = 3$ мг.
10. Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если 5/8 начального количества ядер этого изотопа распалось за 849 с.
11. Пользуясь таблицей Менделеева и правилами смещения, определить, определить, сколько α- и β- распадов происходит при превращении ${}^{233}_{92}U$ в ${}^{209}_{83}Bi$.
12. Определить, выделяется или поглощается энергия при ядерной ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{17}_{8}O$. Массы ядер, участвующих в реакции определите из таблицы 2.

## Вариант 9

1. Определить длину волны, соответствующую третьей спек тральной линии в серии Бальмера.
2. Электрон находится на третьей боровской орбите атома водорода. Определить для электрона: 1) потенциальную энергию $E_p$; 2) кинетическую энергию $E_k$; 3) полную энергию E.
3. Определить, как изменится длина волны де Бройля электрон а в атоме водорода при переходе его с шестой боровской орбиты на вторую.
4. Чему равна минимальная неопределенность координаты фотона, соответствующего видимому излучению с длиной волны 0,55 мкм.
5. $\Psi$ -функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{a}{r}\ell^{-r/a}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 3$. Определить вероятность обнаружения частицы в области $1/3\ell \le x \le 2/3\ell$.
7. Электронная конфигурация некоторого элемента $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$. Определить что это за элемент.
8. Электрон в атоме находится в $d$-состоянии. Определить орбитальный момент импульса ($L_\ell$) электрона и максимальное значение проекции момента импульса $(L_{\ell z})_{max}$ на направление внешнего магнитного поля.
9. Вычислить дефект массы, энергии связи и удельную энер гию связи фтора.
10. Определить, какая часть начального количества ядер радиоактивного изотопа распадется за время, равное трем периодам полураспада .
11. Определить, сколько α- и β-частиц выбрасывается при превращении ядра таллия $^{210}_{81}Tl$ в ядро свинца $^{206}_{82}Pb$.
12. Определить энергию, выделяющуюся в результате реакции : $^{23}_{12}Mg \rightarrow ^{23}_{11}Na + ^{0}_{1}e + ^{0}_{0}\nu$. Массы ядер представлены в таблице 2.

## Вариант 10

1. В видимой области спектра излучения водорода обнаружена серия Бальмера. Определить длину волны, соответствующую второй спектральной линии в серии.
2. Вычислите энергию электрона на второй боровской орбите иона $He^+$, если известно, что энергия электрона в основном состоянии атома водорода 13,6 эВ.
3. Определить, при каком числовом значении кинетической энергии длина волны де Бройля протона равна его комптоновской длине волны.
4. Чему равна минимальная неопределенность координаты фотона, соответствующего видимому излучению с длиной волны 0, 75 мкм.
5. Известно, что нормированная собственная волновая функция, описывающая состояние электрона в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками», имеет вид $\psi_n(x) = \sqrt{2/\ell} \cdot \sin\dfrac{\pi n x}{\ell}$, где $\ell$ - ширина «ямы». Определить среднее значение координаты электрона.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$, бесконечно высокими «стенками» находится возбужденном состоянии с $n = 4$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы максимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. Заполненной электронной оболочке соответствует главное квантовое число 3. Определить число электронов в этой оболочке, которые имеют одинаковые квантовые числа $m_s = -1/2,\ m_\ell = 1$.
8. Электрон в атоме находится в $d$ - состоянии. Определить возможные значения (в единицах $\hbar$) проекции момента импульса $L_{\ell z}$ орбитального движения электрона в атоме на направление внешнего магнитного поля.
9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи изотопа ${}^{7}_{3}Li.$
10. Принимая, что все атомы изотопа йода ${}^{131}_{53}I$ с периодом полураспада 8 суток массой 1 мкг радиоактивны, определить начальную активность этого изотопа .
11. Записать ядерную реакцию для α–распада радия ${}^{226}_{88}Ra.$
12. Определить энергию (в электрон-вольтах), которую можно получить при расщеплении 1 г урана ${}^{235}_{92}U$, если при расщеплении каждого ядра выделяется энергия 200 МэВ.

## Вариант 11

1. В инфракрасной области спектра излучения водорода обнаружено четыре серии - Пашена, Брэкета, Пфунда и Хэмфри. Записать сериальные формулы для них и определить самую длинноволновую линию в серии Пфунда

2. Определить первый потенциал возбуждения атома водорода.

3. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при температуре 300 К.

4. Среднее время жизни η-мезона составляет $2{,}4\cdot10^{-19}$ с, а его энергия покоя равна 549 МэВ. Вычислить минимальную неопределенность массы частицы.

5. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид $\psi(r) = Ae^{-r^2/(2a)^2}$, где $r$ -расстояние частицы до силового центра; $a$ - некоторая постоянная. Определить нормировочный коэффициент волновой функции А, используя условие нормировки.

6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии $n = 3$. Определить вероятность обнаружения частицы в области от $(1/6)\ell$ до $(1/2)\ell$.

7. Электронная конфигурация некоторого элемента $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p$. Определить, что это за элемент.

8. 1-s электрон атома водорода, поглотив фотон с энергией 12,1 эВ, перешел в возбужденное состояние с максимально возможным орбитальным квантовым числом. Определить изменение момента импульса орбитального движения электрона.

9. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную эне ргию связи калия.

10. Определить удельную активность А 1 кг изотопа $^{238}_{92}U$, если период его полураспада $4{,}5\cdot10^{9}$лет.

11. Жолио-Кюри облучали алюминий $^{27}_{13}Al$ α-частицами, в результате чего испускался нейтрон и образовывалось и скусственно-радиоактивное ядро, испытывающее $\beta^+$-распад. Записать эту реакцию.

12. Определить, является ли реакция $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{7}_{4}Be + ^{1}_{0}n$ экзотермической или эндотермической. Определить энергию ядерной реакции. Массы ядер представлены в таблице 2.

## Вариант 12

1. Атом водорода находится в возбужденном состоянии характеризуемом главным квантовым числом $n = 4$. Определить возможные спектральные линии в спектре водорода, появляющиеся при переходе атома из возбужденного состояния в основное.
2. Определить скорость электрона по третьей орбите атома водорода.
3. Определить, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля для него была равна 1нм.
4. Масса движущегося электрона в два раза больше его массы покоя. Вычислить минимальную неопределенность координаты электрона.
5. Волновая функция $\psi = A\sin(2\pi x/\ell)$ определена только в области $0 \le x \le \ell$. Используя условие нормировки, определить нормир овочный множитель А.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме » шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 3$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы максимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. Волновая функция $\psi_{n\ell m_1}(r,\vartheta,\varphi)$, описывающая атом водорода, определяется главным квантовым числом $n = 5$, орбитальным квантовым числом $\ell = 3$ и магнитным квантовым числом $m_\ell = 2$. Определить, чему равно число различных состояний, соответствующих данным квантовым числам.
8. Электрон в атоме находится в $f$-состоянии. Определить возможные значения (в единицах $\hbar$) проекции момента импульса $L_{\ell z}$ орбитального движения электрона в атоме на направление внешнего магнитного поля.
9. Определить удельную энергию связи (энергию связи, отн есенную к одному нуклону) для ядер $^{12}_{6}C$.
10. Определить, какая часть (%) начального количества ядер радиоактивного изотопа останется не распавшейся по истечении времени равного двум средним временам жизни радиоактивного ядра.
11. Дополнить недостающие обозначения $x$ в ядерной реакции, которая представлена в условии задачи: $^{x}_{x}Pu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{80}_{x}Se + ^{157}_{x}Nd + 3^{1}_{0}n.$
12. Определить, выделяется или поглощается энергия при ядерной реакции : $^{44}_{20}Ca + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{41}_{19}K + ^{4}_{2}He.$ Массы ядер представлены в таблице 2.

## Вариант 13

1. В инфракрасной области спектра излучения водорода обнаружено четыре серии - Пашена, Брэкета, Пфунда и Хэмфри. Записать сериальные формулы для них и определить самую коротковолновую линию в серии Хэмфри.
2. Определить первый потенциал возбуждения иона гелия.
3. Определить длину волны де Бройля, характеризующую волновые свойства нейтрона, если его скорость $2 \cdot 10^7$ м/с. Учесть изменение массы в зависимости то скорости.
4. Масса движущегося электрона в три раза больше его массы покоя. Вычислить минимальную неопределенность координаты электрона.
5. Частица находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками». Вывести выражение для собственных значений энергии частицы.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в средней трети «ямы».
7. Используя принцип Паули, указать, какое максимальное число электроно в в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа: $n$, $\ell$, $m_\ell$.
8. Электрон в атоме находится в *1s* состоянии. Найдите количество возможных ориентаций орбитального механического момента импульса по отношению к направлению внешнего поля и возможные их значения.
9. Определить дефект массы и энергию связи (в МэВ) ядра атома дейтерия $^2_1H$, имеющего массу $3{,}343 \cdot 10^{-27}$ кг.
10. Вычислить число атомов радона, распавшихся в течении первых суток, если первоначальная масса радона равна 1 г. Вычислить постоянную распада радона.
11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном: $^{27}_{13}Al(\gamma, x)^{26}_{12}Mg$.
12. При бомбардировке изотопа $^6_3Li$ дейтонами образуются две альфа-частицы. При этом выделяется энергия 22,3 МэВ. Зная массы дейтона и альфа-частицы (см.таблицу 2), найти массу изотопа лития.

## Вариант 14

1. Найти наибольшую длину волны других линий в ультрафиолетовой серии спектра водорода.

2. Основываясь на том, что первый потенциал возбуждения водородного атома равен 10,2 В. Определить энергию фотона, соответствующую первой линии серии Бальмера.

3. Определить длину волны де Бройля, характеризующую волновые свойства протона, если его скорость 10 Мм/с.

4. Положение свободного электрона определяется с точностью $10^{-4}$ см. Оцените неопределенность скорости электрона.

5. Волновая функция вида $\psi = C\sin(2\pi x/\ell)$ описывает состояние частицы, движущейся вдоль оси X в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками». Используя условие нормировки, определите величину коэффициента C.

6. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в основном состоянии. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в пределах $0 \le x \le 1/3\ell$ и $1/3 \le x \le 2/3\ell$ «ямы».

7. Используя принцип Паули, указать, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа *n=2, ℓ=1*.

8. Вычислите максимальную величину орбитального механического момента электрона в проекции на направление магнитного поля, находящегося в атоме водорода в состоянии с главным квантовым числом 5.

9. Определить дефект массы и энергию связи (в МэВ) ядра атома гелия $^{4}_{2}He$.

10. Относительная доля радиоактивного углерода $^{14}_{6}C$ в старом куске дерева составляет 0,0416 долю его в живых растениях. Каков возраст этого куска дерева? Период полураспада изотопа 5570 лет.

11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном : $^{27}_{13}Al(\gamma,n)X$.

12. Определить энергию, выделяющуюся в результате термоядерной реакции: $^{2}_{1}H+^{3}_{1}H\rightarrow^{4}_{2}He+^{1}_{0}n.$ Массы ядер представлены в таблице 2.

## Вариант 15

1. Найти наибольшую длину волны спектральных линий водорода в видимой области спектра.
2. Найти период обращения электрона на первой орбите в атоме водорода.
3. Определить длину волны де Бройля электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.
4. Параллельный пучок электронов с энергией 10 эВ падает по нормали на экран с узкой щелью шириной 10 нм. Оцените относительную неопределенность импульса $(\Delta p/p)\cdot 100\%$ для электронов, проходящих сквозь щель.
5. $\Psi$ -функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{1}{\sqrt{\pi a \sqrt{2\pi}}} \frac{1}{r} \ell^{-r^2/a^2}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
6. Частица одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в первом возбужденном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в пределах $(3/8)\ell \le x \le (7/8)\ell$ «ямы».
7. Используя принцип Паули, указать, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа $n$, $l$, $m$, $m_s$.
8. Вычислите максимальную величину орбитального механического момента электрона в проекции на направление магнитного поля, находящегося в атоме водорода в состоянии с главным квантовым числом 6.
9. Найдите энергии связи ядер с одинаковыми массовыми числами: ${}^{3}_{1}H$ и ${}^{3}_{2}He$. Оцените какое из ядер, по полученным данным, будет наиболее устойчивым?
10. Активность изотопа за 7 сут уменьшается в 2,5 раза. Найти период полураспада.
11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном : ${}^{63}_{29}Cu(\gamma, x){}^{62}_{29}Cu$.
12. Определить суточный расход чистого урана ${}^{235}_{92}U$ атома электростанцией тепловой мощностью 300 МВт, если энергия $E_1$, выделяющаяся при одном акте деления, составляет 200 МэВ.

**Вариант 16**

1. Найти наименьшую длину волны спектральных линий водорода в видимой области спектра.
2. Найти угловую скорость обращения электрона на первой боровской орбите в атоме водорода.
3. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл по окружности радиусом 0,5 м. Определить длину волны д е Бройля для электрона.
4. Электрон с кинетической энергией 15 эВ находится в металлической пылинке диаметром 1 мкм. Оцените, с помощью соотношения неопределенностей, относительную неопределенность скорости электрона ( Δv/v).
5. $\Psi$ -функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{a}{r}\ell^{-r/a}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
6. Частица находится в бесконечно глубо кой одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в первом возбужденном состоянии. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в пределах $0 \le x \le (1/2)\ell$ и $(3/4)\ell \le x \le \ell$ «ямы».
7. Найти число электронов в атомах, у которых в основном состоянии заполнены K - и L-слои, *3s*-оболочка и наполовину *3p*-оболочка.
8. Электрон находится в атоме в *g*-состоянии. Найдите количество возможных ориентаций орбитального механического момента электрона по отношени ю к направлению внешнего поля.
9. Вычислите массу ядра углерода $^{12}_{6}C$, у которого энергия связи на один нуклон 6,04 МэВ.
10. В начальный момент времени активность некоторого радиоактивного изотопа составляла 10,8 Бк. Какова будет его акт ивность по истечении половины периода полураспада?
11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном : $X(\gamma,n)^{181}_{74}W$.
12. Определите энергию, поглощенную при реакции : $^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He = ^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n$.

**Вариант 17**

1. Найти в интервале каких длин волн лежат спектральные линии в видимой области спектра водорода.

2. Атом водорода в основном состоянии поглотил фотон с длиной волны 121,5 нм. Найти радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

3. Определить длину волны де Бройля, характеризующую волновые свойства протона, если его скорость $2 \cdot 10^8$ м/с. Учесть изменение массы в зависимости от скорости.

4. Вычислите (в нм) неопределенность радиуса орбиты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью 1,5 Мм/с, если относительная неопределенность скорости $\Delta v/v = 0{,}1$.

5. $\Psi$-функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{A}{r}\ell^{-r/a}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить значение постоянной A, используя условие нормировки.

6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 3$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна. Пояснить полученный результат графически.

7. В атоме K, L и M оболочки заполнены полностью Определите общее число электронов в атоме.

8. Вычислите максимальную величину орбитального механического момента электрона, находящегося в атоме в состоянии с главным квантовым числом 4.

9. Оцените плотность ядерного вещества. Ядро можно считать шаром радиуса $1{,}3 \cdot 10^{-15} \cdot A^{1/3}$ м, массу нуклона принять равной атомной единице массы.

10. Какая доля радиоактивных ядер кобальта, период полураспада которых 71,3 сут, распадается за месяц?

11. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции: $^{27}_{13}Al(n,\alpha)X$.

12. Какая энергия (в МэВ) потребуется, чтобы разделить ядро углерода $^{12}_{6}C$ на три α-частицы?

## Вариант 18

1. При переходе электрона в атоме водорода с одного энергетического уровня на другой излучен квант энергии 1,892 эВ. Определите номера энергетических уровней и длину волны излучения.

2. Найдите наименьшую энергию, которую надо сообщить иону гелия, находящегося в основном состоянии, чтобы он смог испустить фотон, соответствующий переходу из состояния с $n = 3$ в состояние с $n = 2$.

3. Найдите длину волны де Бройля для нейтрона, имеющего энергию 0,025 эВ.

4. Во сколько раз длина волны де Бройля частицы меньше неопределенности координаты частицы, если относительная неопределенность импульса составляет 0,1%.

5. $\Psi$ -функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = (1/(r\sqrt{\pi a\sqrt{2\pi}}))\exp(-r^2/a^2)$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.

6. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 4$. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в пределах $(1/4)\ell \le x \le (1/2)\ell$ и $(5/8)\ell \le x \le (7/8)\ell$ «ямы».

7. В атоме K, L и M оболочки заполнены полностью, а N оболочка заполнена наполовину. Определите общее число $p$-электронов в атоме.

8. Электрон находится в атоме в состоянии $4s$. Найдите количество возможных ориентаций орбитального механического момента электрона по отношению к направлению внешнего поля.

9. Ядро можно считать шаром радиуса $1{,}3\cdot10^{-15}\cdot A^{1/3}$ м, массу нуклона принять равной атомной единице массы. Оцените плотность ядерного вещества. Во сколько раз она больше плотности воды?

10. Сколько β-частиц испускает за один час 1 мкг изотопа натрия период полураспада которого равен 15 час?

11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном: $^{19}_{9}F(p,x)^{16}_{8}O$.

12. Определить энергию реакции: $^{7}_{3}Li + p \rightarrow 2^{4}_{2}He$.

**Вариант 19**

1. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера.
2. Найдите энергию электрона в основном состоянии такого водородоподобного иона, который испускает фотон с длиной волны 108,5 нм при переходе из состояния с квантовым числом $n = 5$ в состояние с $n = 2$.
3. Определите длину волны де Бройля для свободного электрона, имеющего энергию 1 эВ.
4. Принимая неопределенность координаты электрона в атоме водорода равной 0,5 Å, т.е. равной первому боровскому радиусу, вычислите (в эВ) кинетическую энергию электрона в этом (основном) состоянии. Неопределенность импульса считайте равной величине импульса.
5. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид $\psi(r) = Ae^{-r^2/2a^2}$, где $r$ -расстояние частицы до силового центра; $a$ - некоторая постоянная. Определить нормировочный коэффициент волновой функции А, используя условие нормировки.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 4$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. В атоме K, L и M оболочки заполнены полностью, а N оболочка заполнена наполовину. Определите общее число $d$-электронов в атоме.
8. Электрон находится в атоме в состоянии $f$-состоянии. Найдите максимальную величину орбитального механического момента импульса электрона.
9. Определить среднюю удельную энергию связи ядра ${}^{16}_{8}O$.
10. Найти постоянную распада радиоактивного кобальта, если его активность уменьшается на 4 % за час.
11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном: ${}^{55}_{25}Mn(x,n){}^{55}_{26}Fe$.
12. Определить энергию, освобождающуюся при реакции: ${}^{6}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{3}_{2}He$.

Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в таблице 2.

**Вариант 20**

1. При переходе электрона в атоме водорода с четвертой стационарной орбиты на вторую излучается фотон, дающий зеленую линию в спектре во дорода. Определить длину волны этой линии, если при излучении фотона атом теряет 2,5 эВ энергии.
2. Первый потенциал возбуждения атома водорода 10,2 В. Чему равен первый потенциал возбуждения однократно ионизированного атома гелия.
3. Определите длину волны де Бройля для электрона, движущегося со скоростью 1 Мм/с.
4. Оцените с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию (в эВ) электрона внутри сферической области диаметром 0,1 мм. Неопределенность импульса считайте равной величине импульса.
5. $\Psi$-функция основного состояния гармонического осциллятора имеет вид $\Psi = \sqrt{\frac{a}{\sqrt{\pi}}}\ell^{-a^2x^2/2}$, где $x$ – смещение; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее значение расстояния $\langle x \rangle$.
6. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 4$. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в пределах $0{,}3\ell \le x \le 0{,}5\ell$ и $0{,}6\ell \le x \le \ell$ «ямы».
7. В атоме K, L, M, и N оболочки заполнены полностью. Определите общее число $d$-электронов в атоме.
8. Электрон находится в атоме в состоянии $f$-состоянии. Найдите величину максимальной проекции орбитального механического момента импульса электрона на направление внешнего магнитного поля.
9. Определить удельную энергию связи ядра $^{12}_{6}C$.
10. Найти среднее время жизни радиоактивного кобальта, если его активность уменьшается на 4 % за час.
11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном: $^{27}_{13}Al(\alpha, p)X$.
12. Определить энергию, освобождающуюся при реакции : $^{6}_{3}Li + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He$.

## Вариант 21

1. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определите радиус электронной орбиты возбужденн ого атома водорода.

2. Найдите скорость электронов, вырываемых электромагнитным излучением с длиной волны 18 нм из иона гелия, находящегося в основном состоянии.

3. Найдите длину волны де Бройля электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 510 В.

4. Оцените с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию (в эВ) протона в ядре диаметром $10^{-14}$ м. Неопределенность импульса считайте равной величине импульса.

5. $\Psi$-функция основного состояния гармонического осциллятора имеет вид $\Psi = A\ell^{-a^2x^2/2}$, где $x$ – смещение; $a$ – некоторая постоянная. Определить коэффициент волновой функции А, используя условие нормировки.

6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 2$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы максимальна. Пояснить полученный, результат графически.

7. Считая, что «нарушений» в порядке заполнения электронных оболочек не т, запишите электронные конфигурации атома с атомным номером Z = 36.

8. Электрон находится в атоме в *f*-состоянии. Найдите количество возможных ориентаций орбитального механического момента электрона по отношению к направлению внешнего поля.

9. Определить дефект массы и энергию связи ядра ${}^{7}_{3}Li.$

10. Препарат урана массы 1 г излучает $1{,}24\cdot10^{4}$ альфа-частиц в секунду. Найти период полураспада урана.

11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном : ${}^{14}_{7}N(n,x){}^{14}_{6}C$.

12. Определить энергию, освобождающуюся при реакции : ${}^{2}_{1}H+{}^{3}_{2}He\rightarrow{}^{1}_{1}H+{}^{4}_{2}He.$

Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в таблице 2.

## Вариант 22

1. Определите наименьшую и наибольшую длины волн в ультрафиолетовой серии спектра водорода.
2. Вычислите энергию электрона на второй боровской орбите иона гелия.
3. Найдите длину волны де Бройля протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 1 кВ.
4. Оцените с помощью соотношения неопределенностей линейные размеры ядра, считая, что минимальная кинетическая энергия протона в ядре 10 МэВ. Неопределенности импульса и размеров считайте равными импульсу протона и размеру ядра.
5. $\Psi$-функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{A}{r}\ell^{-r/a}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить значение постоянной А, используя условие нормировки.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 3$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. В атоме K, L оболочки и 3*s*-подоболочка заполнены полностью, а 3*p*-подоболочка заполнена наполовину. Определите порядковый номер элемента в периодической таблице Менделеева.
8. Найдите значение орбитального квантового числа при котором орбитальный момент электрона в атоме в $(6)^{1/2}$ раз больше магнетона Бора.
9. Определить энергию связи ядра ${}_2^4He$.
10. Определить возраст древних деревянных предметов, если удельная активность изотопа углерода у них составляет 0,6 удельной активности этого же изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада углерода равен 5570 лет.
11. Написать недостающие обозначения в ядерной реакции, вызванной фотоном: $X(p,\alpha)_{11}^{22}Na$.
12. Определить энергию, освобождающуюся при реакции : ${}_1^2H + {}_1^2H \rightarrow {}_1^1H + {}_1^3H$.

Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в таблице 2.

**Вариант 23**

1. Определите количество спектральных линий, которые появ тся в спектре атомарного водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его электронами с энергией 12,75 эВ. Вычислите длины волн тех спектральных линий, которые будут соответствовать серии Лаймана.
2. Вычислите энергию электрона в ионе гели я в основном состоянии.
3. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм?
4. Сравнить неопределенности в определении скорости α-частицы, если ее координаты установлены с точностью до 10 мкм, и ш арика массой в 0,1 мг, если координаты его центра тяжести могут быть установлены с такой же точностью.
5. Известно, что собственная волновая функция, описывающая состояние электрона в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками», имеет вид $\Psi_n(x) = \sqrt{2/l} \cdot \sin(\pi n x / l)$, где ℓ - ширина «ямы». Определить среднее значение координаты электрона.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной ℓ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 2$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. Сколько электронов в М-оболочке имеют одинаковое квантовое число $m_S = +1/2$.
8. Валентный электрон атома находится в со стоянии с главным квантовым числом 3, имея максимально возможный механический орбитальный момент. Чему равен при этом орбитальный магнитный момент электрона (выраженный в магнетонах Бора).
9. Определить удельную энергию связи ядра ${}^{7}_{3}Li$.
10. В урановой руде отношение числа ядер изотопа урана к числу ядер свинца составляет 2,8. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада изотопа урана равен $4{,}5 \cdot 10^9$ лет.
11. При бомбардировке изотопа ${}^{14}_{7}N$ нейтронами получается изотоп углерода ${}^{14}_{6}C$, который оказывается β- радиоактивным. Написать уравнения обеих реакций и указать, какой элемент получается в итоге.
12. Определить энергию, освобождающую ся при реакции: ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{3}_{2}He$.

## Вариант 24

1. У какого водородоподобного иона разность длин волн между головными линиями серий Лаймана и Бальмера равна 133,7 нм?
2. Иону какого элемента принадлежит водородоподобный спектр, длины волн которого в 9 раз короче, чем в спектре атома водорода? Запишите его порядковый номер в таблице Менделеева.
3. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его длина волны де Бройля уменьшилась от 100 пм до 50 пм?
4. Диаметр пузырька в жидко-водородной пузырьковой камере составляет 100 нм. Оцените неопределенность в определении скоростей электрона и α-частицы в такой камере, если неопределенность в определении координаты принять равной диаметру пузырька.
5. Используя условие нормировки вероятностей, определить нормировочный коэффициент A волновой функции $\psi(r) = Ae^{-r/a}$ описывающей основное состояние электрона в атоме водорода, где $r$ - расстояние электрона от ядра; $a$ – первый боровский радиус.
6. Частица одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в первом возбужденном состоянии. Определить вероятность обнаружения частицы в пределах $(1/4)\ell \le x \le (3/4)\ell$ «ямы».
7. В атоме K, L, M и N оболочки и 5*s*- и 5*p*-подоболочки заполнены полностью, а 5*d*-подоболочка заполнена наполовину. Определите порядковый номер элемента в периодической таблице Менделеева.
8. Электрон в возбужденном атоме водорода находится в 3*p*- состоянии. Найдите величину изменения орбитального магнитного момента электрона при переходе атома в основное состояние.
9. Определить удельную энергию связи ядра ${}^{14}_{7}N$.
10. Вычислить удельную активность радиоактивного изотопа натрия период полураспада которого равен 15 час.
11. При бомбардировке изотопа алюминия ${}^{27}_{13}Al$ α-частицами получается радиоактивный изотоп фосфора ${}^{30}_{15}P$, который затем распадается с выделением позитрона. Написать уравнения обеих реакций и указать, какой элемент получается в итоге.
12. Определить энергию, поглощающуюся при реакции : ${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{17}_{8}O$.

**Вариант 25**

1. Определите количество спектральных линий, которые появятся в спектре атомарного водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его электронами с энергией 12,75 эВ. Вычислите длины волн тех спектральных линий, которые будут соответствовать серии Пашена.

2. Используя теорию Бора для атома водорода, определить скорость движения электрона на второй боровской орбите.

3. Для заряженной частицы, ускоренной разностью потенциалов 200 В, длина волны де Бройля 2,02 пм. Найдите массу этой частицы, если ее заряд равен заряду электрона.

4. Ширина следа электрона на фотографии, полученной с помощью камеры Вильсона составляет 1 мм. Найти неопределенность в определении скорости.

5. Волновая функция $\psi = A\sin(2\pi x/\ell)$ определена только в области $0 \le x \le \ell$. Используя условие нормировки, определить нормировочный множитель А.

6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном со стоянии с $n$ = 3. Определить вероятность обнаружения частицы в области $(2/3)\ell \le x \le \ell$.

7. Сколько электронов в М-оболочке имеют одинаковое квантовое число $m_\ell$ = -2.

8. Электрон в атоме характеризуется орбитальным квантовым числом $\ell$ = 1. Вычислите максимальную величину проекции магнитного орбитального момента электрона на направление внешнего магнитного поля.

9. Определить удельную энергию связи ядра ${}^{27}_{13}Al$.

10. Вычислить удельную активность радиоактивного изотопа урана-235 период полураспада которого равен $7{,}1\cdot10^8$ лет.

11. При бомбардировке изотопа алюминия ${}^{27}_{13}Al$ нейтронами получается радиоактивный изотоп, который затем распадается с выделением α-частицы. Написать уравнения обеих реакций и указать, какой элемент пол учается в итоге.

12. Определить энергию, освобождающуюся при реакции : ${}^{7}_{3}Li + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{8}_{4}Be$.

## Вариант 26

1. Определить длину волны излучения атомов водорода при переходе электронов с четвертой орбиты на вторую. Какому цвету соответствует это излучение?
2. Используя теорию Бора для атома водорода, определить во сколько раз радиус третьей орбиты электрона в атоме водорода больше радиуса второй орбиты .
3. Найдите длину волны де Бройля для нейтрона, имеющего энергию 0,025 эВ.
4. Среднее время существования К-мезона 10 нс. Какому ограничению должна удовлетворять энергетическая разрешающая способность прибора, регистрирующего частицу.
5. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид $\psi(r) = Ae^{-r^2/2a^2}$, где $r$ -расстояние частицы до силового центра; $a$ - некоторая постоянная. Определить нормировочный коэффициент волновой функции А, используя условие нормировки.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n$ =3. Определить вероятность обнаружения частицы в области $(1/3)\ell \le x \le 0{,}5\ell$.
7. Сколько электронов в L-оболочке имеют одинаковое квантовое число $m_S$ = +1/2.
8. Электрон атома водорода находится в состоянии с главным квантовым числом 3 и имеет максимально возможное значение орбитального магнитного момента. На какую величину (в системе СИ) уменьшится орбитальный магнитный момент электрона при переходе в состояние $2p$?
9. Определить удельную энергию связи ядра $^{40}_{20}Ca$.
10. Найти активность 1 мкг полония $^{210}_{84}Po$. Период полураспада равен 138 сут.
11. При бомбардировке изотопа $^{23}_{11}Na$ дейтонами получается изотоп $^{24}_{11}Na$, который оказывается β-радиоактивным. Написать уравнения обеих реакций и указать, какой элемент получается в итоге.
12. Определить энергию, освобождающуюся при реакции : $^{9}_{4}Be + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n$.

Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в таблице 2.

**Вариант 27**

1. Найти квантовое число, соответствующее возбужденному состоянию иона гелия, если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 121,4 нм и 30,35 нм.
2. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном с энергией 17,7 эВ. Определить скорость электрона за пределами атома.
3. Найдите длину волны де Бройля для свободного электрона, имеющего энергию 1 эВ.
4. Среднее время существование $\pi^o$-мезона $10^{-16}$ с. Какому ограничению должна удовлетворять энергетическая разрешающая способность прибора, регистрирующего частицу.
5. Частица находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками». Вывести выражение для собственных значений энергии $E_n$.
6. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в первом возбужденном состоянии. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в пределах $0 \le x \le (1/2)\ell$ и $(3/4)\ell \le x \le \ell$ «ямы».
7. Сколько электронов в полностью заполненных K, L, M-оболочках имеют одинаковое квантовое число $m_S$ = -1/2.
8. Электрон находится в атоме в состоянии 3*p*. Найдите количество возможных ориентаций орбитального механического момента электрона по отношению к направлению внешнего поля.
9. Определить удельную энергию связи ядра $^{63}_{29}Cu$.
10. Найти удельную активность искусственно полученного радиоактивного изотопа стронция $^{90}_{38}Sr$. Период полураспада 28 лет.
11. Дополнить недостающие обозначения *x* в ядерной реакции, которая представлена в условии задачи: $^{x}_{x}Pu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{80}_{x}Se + ^{157}_{x}Nd + 3^{1}_{0}n.$ В ответ занести массовое число изотопа плутония.
12. Определить освобождается или поглощается энергия при ядерной реакции : $^{2}_{1}H + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{4}_{2}He.$ Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в таблице 2.

**Вариант 28**

1. Атомарный водород в основном состоянии возбуждается ультрафиолетовым излучением с длиной волны 100 нм. Определить длины волн, которые появятся в спектре излучения атома, и каким сериям они принадлежат.

2. Определить изменение кинетической энергии электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны 486 нм.

3. Найдите длину волны де Бройля для электрона, имеющего скорость 1 Мм/с.

4. Среднее время существование резонансов $10^{-23}$ с. Какому ограничению должна удовлетворять энергетическая разрешающая способность прибора, регистрирующего частицу.

5. $\Psi$-функция основного состояния гармонического осциллятора имеет вид $\Psi = \sqrt{\frac{a}{\sqrt{\pi}}}\ell^{-a^2x^2/2}$, где $x$ – смещение; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее значение расстояния $\langle x \rangle$.

6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n$ =3. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в областях $0 \le x \le (1/6)\ell$ и $(1/2)\ell \le x (5/6)\ell$.

7. Сколько электронов в полностью заполненных K, L, M-оболочках имеют одинаковое квантовое число $m_\ell$ = -1.

8. Найдите значение орбитального квантового числа при котором орбитальный момент электрона в атоме в $(1\,2)^{1/2}$ раз больше магнетона Бора.

9. Определить удельную энергию связи ядра ${}^{113}_{48}Cd$.

10. Свинец, содержащийся в урановой руде, является конечным продуктом распада уранового ряда, поэтому из отношения количества урана в руде к количеству свинца в ней можно определить возраст руды. Известно, что на 1 кг урана -238 в этой руде приходится 320 г свинца. Определите возраст руды. Период полураспада $4{,}5 \cdot 10^9$ лет.

11. Дополнить недостающие обозначения $x$ в ядерной реакции, которая представлена в условии задачи: ${}^{235}_{x}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{99}_{x}Zr + {}^{135}_{x}Te + x\,{}^{1}_{0}n$. Определить количество нейтронов-продуктов реакции.

12. Определить освобождается или поглощается энергия при реакции: ${}^{6}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{3}_{2}He$. Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в табл. 2.

## Вариант 29

1. Определить длины волн, соответствующие границам серии Лаймана, Бальмера и Пашена.
2. Определить частоту света, излучаемого атомом водорода при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом 2, если радиус орбиты электрона изменился в 9 раз.
3. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией 15 мТл по окружности радиусом 1,4 м. Определить длину волны де Бройля для протона.
4. Чему равна минимальная неопределенность координаты фотона, соответствующего видимому излучению с длиной волны 0,55 мкм.
5. $\Psi$-функция основного состояния гармонического осциллятора имеет вид $\Psi = A\ell^{-a^2x^2/2}$, где $x$ – смещение; $a$ – некоторая постоянная. Определить коэффициент волновой функции А, используя условие нормировки.
6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 4$. Определить, в каких точках «ямы» плотность вероятности обнаружения частицы минимальна. Пояснить полученный результат графически.
7. Сколько электронов в полностью заполненных K, L, M-оболочках имеют одинаковое квантовое число $m_\ell = +1$, $m_S = +1/2$.
8. Электрон находится в атоме в состоянии $d$-состоянии. Найдите величину максимальной проекции орбитального механического момента импульса электрона на направление внешнего магнитного поля.
9. Определить удельную энергию связи ядра $^{200}_{80}Hg$.
10. Чему равна активность радона, образовавшегося из 1 г радия за 1 час. Периоды полураспада радона 3,82 сут и радия 1590 лет
11. Ядра радиоактивного изотопа $^{232}_{90}Th$ претерпевают последовательно один α-распад и два β-распада. Определить конечный продукт реакции.
12. Определить освобождается или поглощается энергия при ядерной реакции : $^6_3Li + ^2_1H \rightarrow ^4_2He + ^4_2He$. Массы ядер, участвующих в реакции, найдите в табл. 2.

**Вариант 30**

1. Определить в электрон-вольтах энергию и длину волны фотона, соответствующую самой коротковолновой линии серии Бальмера.
2. Используя теорию Бора для атома водорода, определить во сколько раз радиус пятой орбиты электрона в атоме водорода меньше радиуса восьмой орбиты .
3. Найдите длину волны де Бройля для электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 510 В.
4. Среднее время существование нейтронов 12 мин. Какому ограничению должна удовлетворять энергетическая разрешающая способность прибора, регистрирующего частицу.
5. $\Psi$ -функция некоторой частицы имеет вид $\Psi = \frac{1}{\sqrt{\pi a \sqrt{2\pi}}} \frac{1}{r} \ell^{-r^2/a^2}$, где $r$ – расстояние этой частицы до силового центра; $a$ – некоторая постоянная. Определить среднее расстояние $\langle r \rangle$ частицы до силового центра.
6. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной «потенциальной яме» шириной $\ell$ с бесконечно высокими «стенками» находится в возбужденном состоянии с $n = 4$. Определить отношение вероятностей обнаружения частицы в пределах $0{,}6\ell \le x \le \ell$ и $0{,}3\ell \le x \le 0{,}5\ell$ «ямы».
7. Пользуясь Периодической системой элементов Д.И. Менделеева, записать символически электронную конфигурацию атома неона в основном состоянии $_{10}Ne$.
8. Электрон атома водорода находится в состоянии с главным квантовым числом 3 и имеет максимально возможное значение орбитального магнитного момента. Во сколько раз уменьшится орбитальный магнитный момент электрона при переходе в состояние 2р?
9. Определить удельную энергию связи ядра $^{238}_{92}U$.
10. Вычислить число атомов радона, распавшихся в течении первых суток, если первоначальная масса радона равна 20 г. Вычислить постоянную распада радона. Период полураспада 3,82 сут.
11. При бомбардировке изотопа азота $^{14}_{7}N$ нейтронами получается изотоп углерода $^{14}_{6}C$. Написать уравнение реакции и указать, какая еще частица участвует в ней.
12. Определить энергию ядерной реакции: $^{12}_{6}C \rightarrow 3^{4}_{2}He$.

## Приложения

1. Физические постоянные

| Название | Значение |
|---|---|
| Ускорение свободного падения | 9,81 м/с$^2$ |
| Постоянная Авогадро | $6{,}02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$ |
| Молярная газовая постоянная | 8,31 Дж/(моль·К) |
| Постоянная Больцмана | $1{,}38\cdot10^{-23}$ моль$^{-1}$ |
| Постоянная Планка h | $6{,}63\cdot10^{-34}$ Дж·с |
| Постоянная Планка h/2π | $1{,}05\cdot10^{-34}$ Дж·с |
| Постоянная Ридберга R$^1$ | $1{,}097\cdot10^{15}$ м$^{-1}$ |
| Постоянная Ридберга R | $3{,}29\cdot10^{7}$ м$^{-1}$ |
| Радиус Бора | $52{,}9\cdot10^{-12}$ м |
| Комптоновская длина волны электрона | $2{,}43\cdot10^{-12}$ м |
| Магнетон Бора | $0{,}927\cdot10^{-23}$ А·м$^2$ |
| Энергия ионизации атома водорода | $2{,}18\cdot10^{-18}$ Дж (13,6 эВ) |
| Атомная единица массы | $1{,}66\cdot10^{-27}$ кг |
| Электрическая постоянная | $8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м |
| Магнитная постоянная | $4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м |

2. Массы покоя атомов легких изотопов и элементарных частиц

| изотоп | символ | Масса (а.е.м.) | изотоп | символ | Масса (а.е.м.) |
|---|---|---|---|---|---|
| электрон | ${}^{0}_{-1}e$ | 0,00055 | нейтрон | ${}^{1}_{0}n$ | 1,00867 |
| протон | ${}^{1}_{1}p$ | 1,00728 | α-частица | ${}^{4}_{2}He$ | 4,00149 |
| водород | ${}^{1}_{1}H$ | 1,00783 | кислород | ${}^{16}_{8}O$ | 15,99491 |
| | ${}^{2}_{1}H$ | 2,01410 | | ${}^{17}_{8}O$ | 16,99913 |
| | ${}^{3}_{1}H$ | 3,01605 | | ${}^{18}_{8}O$ | 17,99840 |
| гелий | ${}^{3}_{2}He$ | 3,01603 | натрий | ${}^{22}_{11}Na$ | 21,99444 |
| | ${}^{4}_{2}He$ | 4,00260 | | ${}^{23}_{11}Na$ | 22,98977 |
| литий | ${}^{6}_{3}Li$ | 6,01513 | фтор | ${}^{19}_{9}F$ | 18,99840 |
| | ${}^{7}_{3}Li$ | 7,01601 | Магний | ${}^{23}_{12}Mg$ | 22,99414 |
| | | | Алюминий | ${}^{30}_{13}Al$ | 29,99817 |
| берилий | ${}^{7}_{4}Be$ | 7,01693 | Кремний | ${}^{31}_{14}Si$ | 30,97535 |
| | ${}^{9}_{4}Be$ | 9,01219 | Фосфор | ${}^{31}_{15}Si$ | 30,97376 |
| | ${}^{10}_{4}Be$ | 10,01354 | Калий | ${}^{41}_{19}K$ | 40,96184 |
| бор | ${}^{9}_{5}B$ | 9,01333 | Кальций | ${}^{44}_{20}Ca$ | 43,95549 |
| | ${}^{10}_{5}B$ | 10,01294 | Медь | ${}^{63}_{29}Cu$ | 62,92960 |
| | ${}^{11}_{5}B$ | 11,00931 | кадмий | ${}^{113}_{48}Cd$ | 111,90276 |
| углерод | ${}^{12}_{6}C$ | 12,00000 | ртуть | ${}^{200}_{80}Hg$ | 199,96832 |
| | ${}^{13}_{6}C$ | 13,00335 | Свинец | ${}^{206}_{82}Pb$ | 205,97446 |
| | ${}^{14}_{6}C$ | 14,00324 | полоний | ${}^{210}_{84}Po$ | 209,98297 |
| Азот | ${}^{13}_{7}N$ | 13,00574 | уран | ${}^{235}_{92}U$ | 235,04393 |
| | ${}^{14}_{7}N$ | 14,00307 | | ${}^{238}_{92}U$ | 238,05353 |
| | ${}^{15}_{7}N$ | 15,00011 | | | |

## Рекомендуемый список литературы


1. Иродов И.Е. Задачи по общей физике: Учебное пособие. 6 -е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 416 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2000. - 542с.: ил.
3. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики: Учебное пособие для студентов втузов. - М.: Высшая школа, 1991. -302с.
4. Трофимова Т.И. Физика. 400 основных законов и формул, М., Высшая школа, 1993. - 46с.
5. Чертов А.Г.. Воробьев А.А. Задачник по физике: учеб ное пособие для втузов., -М., Высшая школа, 2001. - 640с.
6. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики: Учебное пособие. - М.: Наука. 1985. - 351с.
7. Шамбулина В.Н. Физика. Квантово -оптические явления. Физика атома. Элементы физики атомного ядра [Текст]: учебное пособие/В.Н. Шамбулина: – Ухта: УГТУ, 2007. – 140 с.
8. Жевнеренко В.Н., Шамбулина В.Н. Физика. Квантово -оптические явления. Физика атома. Элементы физики атомного ядра [Текст]: сборник задач с решениями/ В.А. Жевнеренко, В.Н. Шамбулина: – Ухта: УГТУ, 2006. – 220 с.