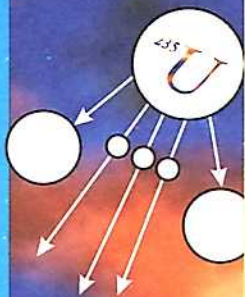
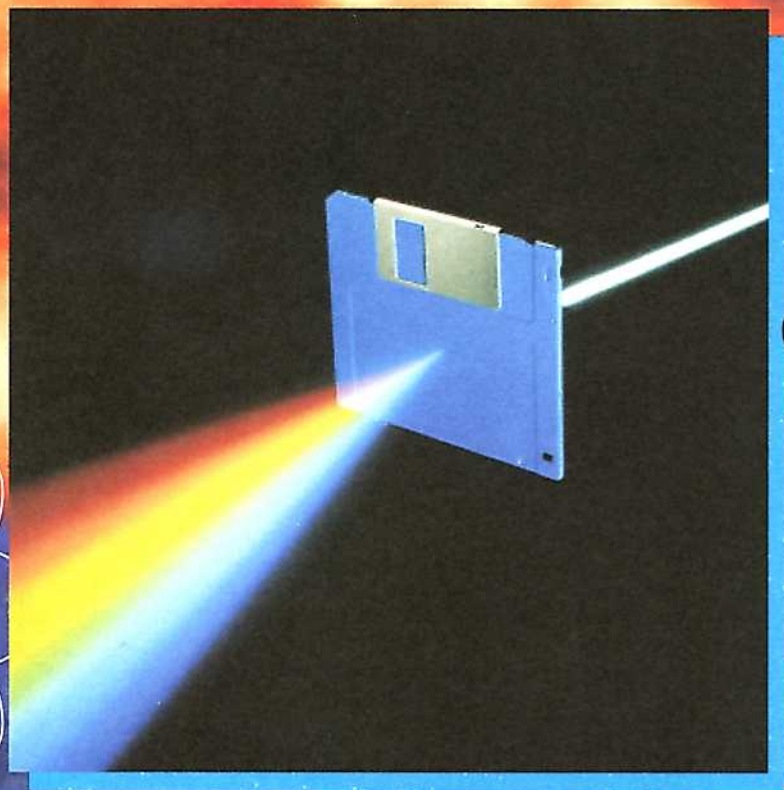


Л.А. Кирик

11

ФИЗИКА

САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ
И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ



ИЛЕКСА

Л.А. КИРИК

ФИЗИКА

РАЗНОУРОВНЕВЫЕ
САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ
И КОНТРОЛЬНЫЕ
РАБОТЫ



Москва
ИЛЕКСА
2009

ББК 22.3я7

К 43

Рецензенты:

И.М. Гельфгат — кандидат физико-математических наук,
Заслуженный учитель Украины. Учитель-методист
физико-математического лицея № 27 г. Харькова

Л.Э. Генденштейн — кандидат физико-математических наук,
зав. лабораторией дистанционного образования
и тестирования Харьковского государственного
университета им. Г.С. Сковороды

Кирик Л.А.

К43 Физика-11. Разноуровневые самостоятельные и
контрольные работы. — М.: ИЛЕКСА, 2009. — 192 с.
ISBN 978-5-89237-083-7

Книга содержит самостоятельные и контрольные работы по
всем важнейшим темам курса физики 11 класса и предназначена для
текущего контроля знаний учащихся.

Работы состоят из нескольких вариантов четырех уровней слож-
ности (начальный уровень, средний уровень, достаточный уровень
и высокий уровень).

ББК 22.3я7

ISBN 978-5-89237-083-7

© Кирик Л.А., 2001

© ИЛЕКСА, 2001

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дидактические материалы предназначены для организации дифференцированной самостоятельной работы учащихся на уроках физики в 11 классе.

Данное учебное пособие составлено в полном соответствии с ныне действующей программой и учебниками.

Все самостоятельные и контрольные работы составлены в четырех вариантах, отличающихся по уровню сложности заданий (начальный уровень, средний уровень, достаточный уровень и высокий уровень). Учитывая неоднородность класса и индивидуальные способности детей, учитель может давать эти задания выборочно. В течение учебного года ученик может переходить с одного уровня сложности на другой, более высокий.

Начальный уровень	Ученик умеет решать задачи и упражнения лишь на 1-2 логических шага репродуктивного характера с помощью учителя, то есть по готовой формуле найти неизвестную величину. Ученик способен выполнять простейшие математические операции (тождественные преобразования, вычисления), владеет учебным материалом на уровне распознавания явлений природы, отвечает на вопросы, которые требуют ответа «да» или «нет».
Средний уровень	Ученик умеет решать простейшие задачи по образцу не меньше, чем на 2-4 логических шага, проявляет способность обосновывать логические шаги с помощью учителя. Ученик проявляет знания и понимание основных положений (законов, понятий, формул, теории).
Достаточный уровень	Ученик решает задачи и упражнения не меньше чем на 4-6 логических шагов с обоснованием и без помощи учителя. Ученик при решении задач свободно владеет изученным материалом, применяет его на практике в стандартных ситуациях.
Высокий уровень	Ученик решает комбинированные типовые задачи стандартным или оригинальным способом, умеет решать нестандартные задачи, в частности те, что предлагаются на олимпиадах. Ученик проявляет творческие способности, самостоятельно умеет решать задачи больше чем на 5-6 логических шагов.

Начальный уровень можно предлагать учащимся, у которых есть проблемы при изучении физики (пропущено много уроков по болезни или другой причине).

Средний уровень предназначен для средне успевающих учащихся и соответствует обязательным программным требованиям.

Достаточный уровень предназначен для хорошо успевающих учащихся, проявляющих свои знания в стандартных ситуациях.

Высокий уровень требует от учащихся более глубоких знаний, умения проявлять творческие способности. Этот уровень можно использовать для подготовки учащихся к олимпиадам.

Учитель может предложить учащемуся самому выбирать уровень сложности. Этот выбор является «обратной связью» учитель-ученик и поможет учителю более объективно оценить степень усвоения изученного материала.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Самостоятельная
работа

1

ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений характеризует понятие электромагнитной индукции? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Явление, характеризующее действие магнитного поля на движущийся заряд.
 - Б. Явление возникновения в замкнутом контуре электрического тока при изменении магнитного поля.
 - В. Явление возникновения ЭДС в проводнике под действием магнитного поля.
2. С помощью какого правила определяют направление индукционного тока? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Правило буравчика.
 - Б. Правило правой руки.
 - В. Правило Ленца.
3. Укажите все правильные утверждения, которые отражают сущность явления электромагнитной индукции: «В замкнутом контуре электрический ток появляется...»
 - А. ...если магнитный поток не равен нулю.
 - Б. ...при увеличении магнитного потока.
 - В. ...при уменьшении магнитного потока.
4. Какое математическое выражение служит для определения магнитного потока, пронизывающего контур? Укажите все правильные утверждения.
 - А. $BS \sin \alpha$.
 - Б. $BS \cos \alpha$.
 - В. $B_n S$.
5. Какое математическое выражение служит для определения ЭДС индукции в замкнутом контуре? Укажите все правильные утверждения.
 - А. $\left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$.

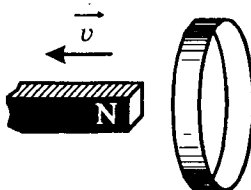
Б. $-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

В. $IB\Delta l \sin \alpha$.

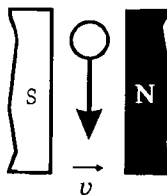
6. Что определяется скоростью изменения магнитного потока через контур? Укажите все правильные утверждения.
- А. Индуктивность контура.
 - Б. Магнитная индукция.
 - В. ЭДС индукции.

Средний уровень

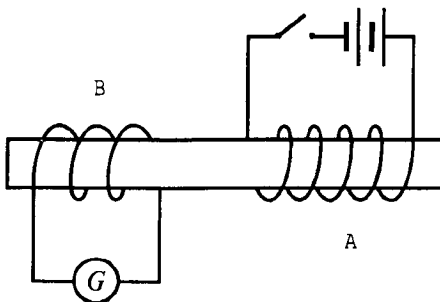
1. Северный полюс магнита удаляется от металлического кольца, как показано на рисунке. Определите направление индукционного тока в кольце.



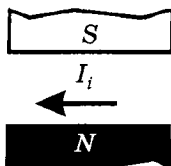
2. На рисунке приведен случай электромагнитной индукции. Сформулировать и решить задачу.



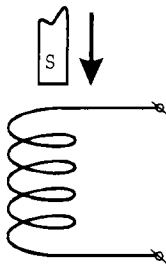
3. Какого направления ток будет индуцироваться в катушке В при замыкании и размыкании ключа?



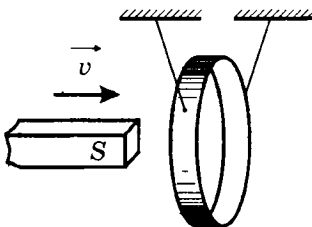
4. На рисунке приведен случай электромагнитной индукции. Сформулировать и решить задачу.



5. На рисунке показан один из случаев электромагнитной индукции. Сформулировать и решить задачу.



6. В вертикальной плоскости подвешено на двух нитях медное кольцо. В него один раз вдвигают стальной стержень, а другой раз — магнит. Влияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?



Достаточный уровень

- а) Сквозь горизонтальное проводящее кольцо падают с одинаковой высоты алюминиевый брусок и магнит. Какой предмет упадет первым?
 - б) С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 1 м, под углом 60° к вектору магнитной индукции, модуль которого равен 0,2 Тл, чтобы в проводнике возбудилась ЭДС индукции 1 В?

2. а) Почему для обнаружения индукционного тока замкнутый проводник лучше брать в виде катушки, а не в виде прямолинейного провода?
- б) Какую длину активной части должен иметь проводник, чтобы при перемещении его со скоростью 15 м/с перпендикулярно вектору магнитной индукции, равной 0,4 Тл, в нем возбуждалась ЭДС индукции 3 В?
3. а) На вертикальном сердечнике электромагнита лежит монета. Что произойдет, если включить ток в катушке электромагнита?
- б) Какова индукция магнитного поля, если в проводнике с длиной активной части 50 см, перемещающемся со скоростью 10 м/с перпендикулярно вектору индукции, возбуждалась ЭДС индукции 1,5 В?
4. а) Между любыми двумя точками некоторого контура разность потенциалов равна нулю, а ток в контуре существует. Когда это возможно?
- б) Найдите ЭДС индукции на концах крыльев самолета (размах крыльев 36,5 м), летящего горизонтально со скоростью 900 км/ч, если вертикальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли $5 \cdot 10^{-3}$ Тл.
5. а) Почему иногда недалеко от места удара молнии могут расплавиться предохранители в осветительной сети и повредиться чувствительные электроизмерительные приборы?
- б) Проводник с активной длиной 15 см движется со скоростью 10 м/с перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля с индукцией 2 Тл. Какая сила тока возникает в проводнике, если его замкнуть накоротко? Сопротивление цепи 0,5 Ом.
6. а) Магнит свободно падает внутри медной трубки вдоль ее оси. Можно ли пользоваться формулой $v = \sqrt{2gH}$ для вычисления скорости его падения с высоты H ?
- б) Прямолинейный проводник с активной длиной 0,7 м пересекает однородное магнитное поле под углом 30° со скоростью 10 м/с. Определить индукцию магнитного поля, если ЭДС, индуцируемая в проводнике, равна 4,9 В.

Высокий уровень

1. а) Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из 2000 витков при возбуждении в нем ЭДС индукции 120 В.
- б) Катушку радиусом 3 см с числом витков 1000 помещают в однородное магнитное поле (ось катушки параллельна линиям поля). Индукция поля изменяется с постоянной скоростью 10 мТл/с. Какой заряд q будет на конденсаторе, подключенном к концам катушки? Емкость конденсатора 20 мкФ.

2. а) В контуре проводника за $0,3$ с магнитный поток изменился на $0,06$ Вб. Какова скорость изменения магнитного потока? Какова ЭДС индукции в контуре? При каком условии ЭДС индукции в данном контуре будет постоянной?
- б) Однослойная катушка диаметром 5 см помещена в однородное магнитное поле, параллельное ее оси. Индукция поля равномерно изменяется со скоростью $0,01$ Тл/с. Катушка содержит 1000 витков медной проволоки, площадь поперечного сечения которой $0,2$ мм². Концы катушки замкнуты накоротко. Определить тепловую мощность, выделяющуюся в катушке.
3. а) Сколько витков должна содержать катушка с площадью поперечного сечения 50 см², чтобы при изменении магнитной индукции от $0,2$ до $0,3$ Тл в течение 4 мс в ней возбуждалась ЭДС 10 В?
- б) Однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно плоскости медного кольца, имеющего диаметр 20 см и толщину 2 мм. С какой скоростью должна изменяться во времени магнитная индукция B , чтобы сила индукционного тока в кольце была равна 10 А?
4. а) Магнитный поток, пронизывающий контур проводника, равномерно изменился на $0,6$ Вб так, что ЭДС индукции оказалось равной $1,2$ В. Найдите время изменения магнитного потока и силу индукционного тока, если сопротивление проводника $0,24$ Ом.
- б) Два металлических стержня расположены вертикально и замкнуты сверху проводником. По этим стержням без трения и нарушения контакта скользит перемычка длиной $0,5$ см и массой 1 г. Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,01$ Тл, перпендикулярной плоскости рамки. Установившаяся скорость 1 м/с. Найти сопротивление перемычки. Сопротивлением стержней и провода пренебречь.
5. а) Какой заряд пройдет через поперечное сечение витка, сопротивление которого $0,03$ Ом, при уменьшении магнитного потока внутри витка на 12 мЗб?
- б) Плоский виток площадью 10 см² помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям индукции. Сопротивление витка 1 Ом. Какой ток протечет по витку, если магнитная индукция поля будет убывать со скоростью $0,01$ Тл/с?
6. а) Магнитный поток через соленоид, содержащий 500 витков провода, равномерно убывает со скоростью 60 мВб/с. Определить ЭДС индукции в соленоиде.
- б) Проволочный виток радиусом 1 см, имеющий сопротивление 1 мОм, пронизывается однородным магнитным полем, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля плавно изменяется со скоростью $0,01$ Тл/с. Какое количество теплоты выделится в витке за время 1 мин?

ИНДУКТИВНОСТЬ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений характеризует понятие индуктивности? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Физическая величина, характеризующая действие магнитного поля на заряд.
 - Б. Физическая величина, характеризующая способность проводника препятствовать прохождению тока.
 - В. Физическая величина, характеризующая способность проводника препятствовать изменению тока.
2. Сила тока в катушке возрасла в два раза. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Индуктивность катушки увеличилась в 2 раза.
 - Б. Индуктивность катушки увеличилась в $\sqrt{2}$ раз.
 - В. Индуктивность катушки не изменилась.
3. При силе тока 3 А в проволочной рамке возникает магнитный поток 6 Вб. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Индуктивность рамки 2 Гн.
 - Б. Индуктивность рамки 0,5 Гн.
 - В. Индуктивность рамки 18 Гн.
4. В проводнике при изменении силы тока на 1 А за 1 с возникает ЭДС самоиндукции 1 В. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Индуктивность проводника 10 Гн.
 - Б. Индуктивность проводника 1 Гн.
 - В. Индуктивность проводника 0,1 Гн.
5. Какое математическое выражение служит для определения ЭДС самоиндукции? Укажите все правильные утверждения.
 - А. $BS \cos \alpha$.
 - Б. $Blv \sin \alpha$.
 - В. $-L \frac{\Delta I}{\Delta t}$.
6. Как уменьшить индуктивность катушки с железным сердечником при условии, что габариты обмотки (ее длина и поперечное сечение) останутся неизменными? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Уменьшить число витков.
 - Б. Вынуть железный сердечник.
 - В. Уменьшить силу тока в катушке.

Средний уровень

1. Какова индуктивность катушки, если при равномерном изменении в ней тока от 5 до 10 А за 0,1 с возникает ЭДС самоиндукции, равная 20 В?
2. Какова скорость изменения силы тока в обмотке реле с индуктивностью 3,5 Гн, если в ней возбуждается ЭДС самоиндукции 105 В?
3. Катушка индуктивностью 1 Гн включается на напряжение 20 В. Определить время, за которое сила тока в ней достигает 30 А.
4. В катушке сопротивлением 5 Ом течет ток 17 А. Индуктивность катушки 50 мГ. Каким будет напряжение на зажимах катушки, если ток в ней равномерно возрастает со скоростью 1000 А/с?
5. Какова индуктивность витка проволоки, если при силе тока 6 А создается магнитный поток $12 \cdot 10^{-3}$ Вб? Зависит ли индуктивность витка от силы тока в нем?
6. Индуктивность контура 0,05 Гн. Чему равен магнитный поток, пронизывающий контур, если сила тока в нем 8 А?

Достаточный уровень

1. Катушку с ничтожно малым сопротивлением и индуктивностью 3 Гн присоединяют к источнику тока с ЭДС 15 В и ничтожно малым внутренним сопротивлением. Через какой промежуток времени сила тока в катушке достигнет 50 А?
2. По катушке длиной 20 см и диаметром 3 см, имеющей 400 витков, течет ток 2 А. Найти индуктивность катушки и магнитный поток, пронизывающий ее сечение.
3. Катушка сопротивлением 50 Ом и индуктивностью 10^{-3} Гн находится в магнитном поле. При равномерном изменении магнитного поля поток через катушку возрос на 10^{-3} Вб и ток в катушке увеличился на 0,1 А. Какой заряд прошел за это время по катушке?
4. Через длинный соленоид, индуктивность которого 0,4 мГн и площадь поперечного сечения 10 см^2 , проходит ток силой 0,5 А. Какова индукция поля внутри соленоида, если он содержит 100 витков?
5. Катушка с железным сердечником сечением 20 см^2 имеет индуктивность 0,02 Гн. Какой должна быть сила тока в катушке, чтобы индукция магнитного поля в сердечнике была 1 мТл, если катушка содержит 1000 витков?
6. Ток в короткозамкнутом сверхпроводящем соленоиде изменяется вследствие несовершенства контакта. Создаваемое этим током магнитное поле уменьшается на 2 % в час. Определите сопротивление контакта R , если индуктивность соленоида 1 Гн.

ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Начальный уровень

1. Сила тока в контуре возрасла в два раза. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Энергия магнитного поля контура возрасла в два раза.
 - Б. Энергия магнитного поля контура возрасла в четыре раза.
 - В. Энергия магнитного поля контура возрасла в $\sqrt{2}$ раз.
2. Индуктивность катушки уменьшилась в два раза. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Энергия магнитного поля катушки возрасла в два раза.
 - Б. Энергия магнитного поля катушки уменьшилась в два раза.
 - В. Энергия магнитного поля катушки возрасла в четыре раза.
3. Энергия магнитного поля контура возрасла в четыре раза. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Сила тока возрасла в четыре раза.
 - Б. Сила тока уменьшилась в четыре раза.
 - В. Сила тока возрасла в два раза.
4. Как нужно изменить индуктивность контура, для того чтобы при неизменном значении силы тока в нем энергия магнитного поля уменьшилась в 4 раза? Укажите все правильные ответы.
 - А. Уменьшить в четыре раза.
 - Б. Увеличить в четыре раза.
 - В. Уменьшить в два раза.
5. Через катушку индуктивностью 3 Гн протекает постоянный электрический ток силой 4 А. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Энергия магнитного поля катушки равна 48 Дж.
 - Б. Энергия магнитного поля катушки равна 12 Дж.
 - В. Энергия магнитного поля катушки равна 24 Дж.
6. Катушка индуктивностью 4 Гн обладает энергией магнитного поля 8 Дж. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Через катушку протекает ток силой 4 А.
 - Б. Через катушку протекает ток силой 2 А.
 - В. Через катушку протекает ток силой 16 А.

Средний уровень

1. В катушке индуктивностью 0,6 Гн сила тока равна 20 А. Какова энергия магнитного поля этой катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока уменьшится вдвое?

2. Найти энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток 0,5 Вб.
3. При какой силе тока в катушке индуктивностью 40 мГн энергия магнитного поля равна 0,15 Дж?
4. В катушке индуктивностью 0,2 Гн сила тока 10 А. Какова энергия магнитного поля этой катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока увеличится вдвое?
5. Какой должна быть сила тока в обмотке дросселя индуктивностью 0,5 Гн, чтобы энергия поля оказалась равной 1 Дж?
6. Определить энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 5 А возникает магнитный поток 0,5 Вб.

Достаточный уровень

1. При изменении силы тока в электромагните с 2,9 до 9,2 А энергия магнитного поля изменилась на 12,1 Дж. Найти индуктивность электромагнита.
2. При изменении силы тока в катушке, индуктивность которой 0,11 Гн, в 5,13 раза энергия магнитного поля изменилась на 16,2 Дж. Найти начальные значения энергии и силы тока.
3. Замкнутый соленоид с железным сердечником длиной 150 см и сечением 20 см² содержит 1200 витков. Определить энергию магнитного поля соленоида, если по нему проходит ток 1 А. Магнитная проницаемость железа 1400.
4. Обмотка электромагнита имеет индуктивность 0,5 Гн, сопротивление 15 Ом и находится под постоянным напряжением. Определить время, в течение которого в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике электромагнита.
5. Соленоид длиной 50 см и диаметром 0,8 см имеет 20 000 витков медного провода и находится под постоянным напряжением. Определить время, в течение которого в обмотке соленоида выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в соленоиде.
6. Короткозамкнутая катушка, состоящая из 1000 витков, помещена в магнитное поле, линии индукции которого направлены вдоль оси катушки. Индукция магнитного поля меняется со скоростью 5×10^{-3} Тл/с. Площадь поперечного сечения катушки 40 см², сопротивление катушки 160 Ом. Найдите мощность тепловых потерь.

Высокий уровень

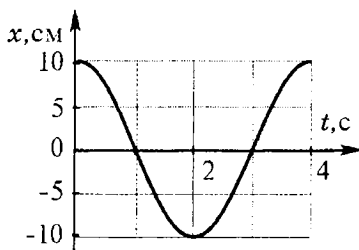
1. Проволочный виток площадью 1 см², имеющий сопротивление 1 мОм, пронизывается однородным магнитным полем, линии индукции которого перпендикулярны к плоскости витка. Магнитная индукция изменяется со скоростью 0,01 Тл/с. Какое количество теплоты выделится в витке за единицу времени?

2. Соленоид с сердечником из никеля на длине 0,5 м имеет 1000 витков с площадью поперечного сечения 50 см^2 . Определить магнитный поток внутри соленоида и энергию магнитного поля, если сила тока в соленоиде 10 А, а магнитная проницаемость никеля 200.
3. Через поперечное сечение катушки индуктивностью 12 мГн проходит заряд $6 \cdot 10^{-2} \text{ Кл}$ за 0,01 с в течение длительного времени. Каковы энергия магнитного поля и магнитный поток внутри катушки? Чему будет равна ЭДС самоиндукции, возникающая в момент размыкания цепи, если магнитный поток уменьшится до нуля за 0,05 с?
4. Две длинные катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность катушек 1,6 Гн и 0,1 Гн. Во сколько раз число витков первой катушки больше, чем второй?
5. В некоторой цепи имеется участок, состоящий из последовательно включенных резистора сопротивлением $R = 0,2 \text{ Ом}$ и катушкой с индуктивностью $L = 0,02 \text{ Гн}$. Сила тока изменяется по закону $I = 3t$. Найти разность потенциалов на концах участка.
6. Обмотка соленоида состоит из медной проволоки с площадью сечения S_1 . Длина соленоида — l , его сопротивление — R . Найти индуктивность соленоида.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Начальный уровень

1. Какие из перечисленных ниже движений являются механическими колебаниями? Укажите все правильные ответы.
 - А. Движение качелей.
 - Б. Движение мяча, падающего на землю.
 - В. Движение звучащей струны гитары.
2. Какие из перечисленных ниже колебаний являются свободными? Укажите все правильные ответы.
 - А. Колебания груза, подвешенного к пружине, после однократного его отклонения от положения равновесия.
 - Б. Колебания диффузора громкоговорителя во время работы приемника.
 - В. Колебания груза на нити, один раз отведенного от положения равновесия и отпущенного.
3. На рисунке приведен график гармонических колебаний. Укажите все правильные утверждения.



- А. Амплитуда колебаний равна 10 см.
 - Б. Период колебаний 2 с.
 - В. Частота колебаний 0,5 Гц.
4. Какие из перечисленных ниже колебаний являются вынужденными? Укажите все правильные ответы.
 - А. Колебания качелей, раскачиваемых человеком, стоящим на земле.
 - Б. Колебание струны гитары.
 - В. Колебания чашек рычажных весов.

5. За 2 с маятник совершил 8 колебаний. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Период колебаний 4 с.
 - Б. Период колебаний 16 с.
 - В. Период колебаний 0,25 с
6. За 5 с маятник совершил 10 колебаний. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Частота колебаний 0,5 Гц.
 - Б. Частота колебаний 2 Гц.
 - В. Частота колебаний 50 Гц.

Средний уровень

1. Частота колебаний тела 2000 Гц. Чему равен период колебаний?
2. Период колебаний тела 10^{-2} с. Чему равна частота колебаний?
3. Сколько колебаний совершит материальная точка за 5 с при частоте колебаний 440 Гц?
4. Определить период колебаний материальной точки, совершившей 50 полных колебаний за 20 с.
5. Материальная точка за 1 мин совершила 300 колебаний. Определить период и частоту колебаний.
6. Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.
7. Материальная точка колеблется с частотой 10 кГц. Определить период колебаний и число колебаний в минуту.
8. Период колебаний крыльев шмеля 5 мс. Частота колебаний крыльев комара 600 Гц. Какое из насекомых сделает больше взмахов крыльями за 1 мин и на сколько?

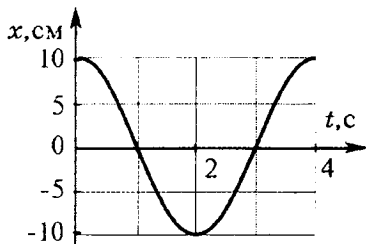
Достаточный уровень

1. Напишите уравнение гармонических колебаний, если частота равна 0,5 Гц, а амплитуда 80 см.
2. Напишите уравнение гармонических колебаний, если за 1 мин совершается 60 колебаний. Амплитуда равна 8 см.
3. Дано уравнение колебательного движения $x = 0,4\cos 5\pi t$. Определить амплитуду, период колебания и смещение при $t = 0,1$ с.
4. Амплитуда колебаний равна 12 см, частота 50 Гц. Вычислите смещение колеблющейся точки через 0,4 с.
5. Тело совершает гармоническое колебание по закону $x = 20\sin \pi t$. Определить амплитуду, период колебания и частоту.
6. Амплитуда колебаний 2 см. Сколько времени прошло от начала колебаний, если смещение равно 1 см, а точка совершала колебания по закону $x = X_m \cos \omega t$.
7. Напишите закон гармонических колебаний для точки, если амплитуда ее колебаний 5 см, а период колебаний 1 с.

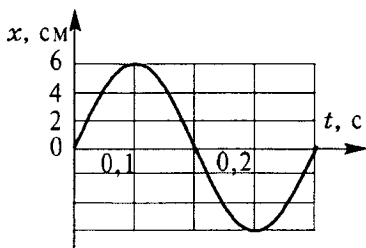
8. Напишите закон гармонических колебаний, если амплитуда колебаний 1,2 м, а частота колебаний 0,2 Гц.

Высокий уровень

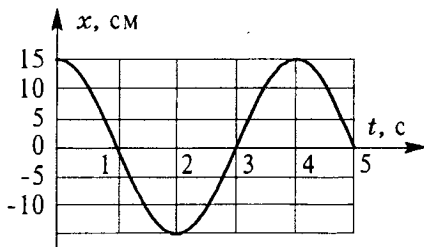
1. По графику, приведенному на рисунке, найти амплитуду, период и частоту колебаний. Написать уравнение гармонических колебаний.



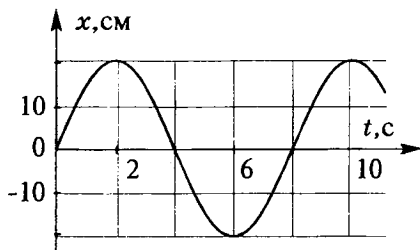
2. По графику, приведенному на рисунке, найти амплитуду, период и частоту колебаний. Написать уравнение гармонических колебаний.



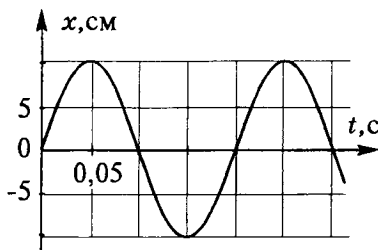
3. По графику, приведенному на рисунке, найти амплитуду, период и частоту колебаний. Написать уравнение гармонических колебаний.



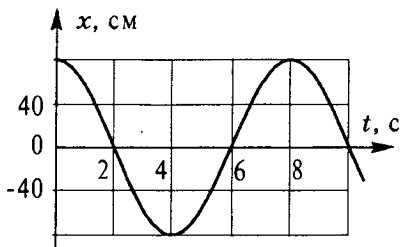
4. По графику, приведенному на рисунке, найти амплитуду, период и частоту колебаний. Написать уравнение гармонических колебаний.



5. По графику, приведенному на рисунке, найти амплитуду, период и частоту колебаний. Написать уравнение гармонических колебаний.



6. По графику, приведенному на рисунке, найти амплитуду, период и частоту колебаний. Написать уравнение гармонических колебаний.



**КОЛЕБАНИЯ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА
И ГРУЗА НА ПРУЖИНЕ**

Начальный уровень

1. Подвешенный на нити груз совершает малые колебания. Считая колебания незатухающими, укажите все правильные утверждения.
 - А. Чем длиннее нить, тем больше частота колебаний.
 - Б. При прохождении грузом положения равновесия скорость груза максимальна.
 - В. Груз совершает периодическое движение.
2. Подвешенный на пружине груз совершает малые колебания в вертикальном направлении. Считая колебания незатухающими, укажите все правильные утверждения.
 - А. Чем больше жесткость пружины, тем больше период колебаний.
 - Б. Период колебаний зависит от амплитуды.
 - В. Скорость груза изменяется со временем периодически.
3. Подвешенный на нити груз совершает малые колебания. Считая колебания незатухающими, укажите все правильные утверждения.
 - А. Чем длиннее нить, тем меньше период колебаний.
 - Б. Частота колебаний зависит от массы груза.
 - В. Груз проходит положение равновесия через равные интервалы времени.
4. Подвешенный на пружине груз совершает малые колебания в вертикальном направлении. Считая колебания незатухающими, укажите все правильные утверждения.
 - А. Период колебаний зависит от массы груза.
 - Б. При прохождении грузом положения равновесия скорость груза максимальна.
 - В. Частота колебаний зависит от амплитуды.
5. Какое из приведенных ниже выражений определяет частоту колебаний математического маятника? Укажите все правильные ответы.

А. $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Б. $2\pi\sqrt{\frac{g}{l}}$.

В. $\frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}$.

6. Какое из приведенных ниже выражений определяет период колебаний груза массой m , подвешенного на пружине жесткостью k ? Укажите все правильные ответы.

А. $2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$.

Б. $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

В. $2\pi\sqrt{mk}$.

Средний уровень

1. Какова длина математического маятника, если период его колебания равен 2 с?
2. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.
3. Пружина под действием прикрепленного к ней груза массой 5 кг совершает 45 колебаний в минуту. Найти коэффициент жесткости пружины.
4. Ускорение свободного падения на поверхности Луны равно $1,6 \text{ м/с}^2$. Какой длины должен быть математический маятник, чтобы его период колебания на Луне был равен 4,9 с?
5. Математический маятник длиной 99,5 см за одну минуту совершал 30 полных колебаний. Определить период колебания маятника и ускорение свободного падения в том месте, где находится маятник.
6. Груз массой 9,86 кг колеблется на пружине, имея период колебаний 2 с. Чему равна жесткость пружины? Какова частота колебаний груза?
7. Груз висит на пружине и колеблется с периодом 0,5 с. На сколько укоротится пружина, если снять с нее груз?
8. Пружина под действием груза удлинилась на 1 см. Определите, с каким периодом начнет совершать колебания этот груз на пружине, если его вывести из положения равновесия.

Достаточный уровень

1. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один из них совершает 10, а другой 30 колебаний?
2. Определите ускорение свободного падения на Луне, если маятниковые часы идут на ее поверхности в 2,46 раза медленнее, чем на Земле.
3. В неподвижном лифте висит маятник, период колебаний которого $T_1 = 1$ с. С каким ускорением движется лифт, если период колебаний этого маятника стал равным $T_2 = 1,1$ с? В каком направлении движется лифт?
4. Во сколько раз изменится период колебаний груза, подвешенного на резиновом жгуте, если отрезать $3/4$ длины жгута и подвесить на его оставшуюся часть тот же груз?
5. При увеличении длины математического маятника на 10 см его период колебаний увеличился на 0,1 с. Каким был начальный период колебаний?
6. Два маятника, длины которых отличаются на 22 см, совершают в одном и том же месте Земли за некоторое время один — 30 колебаний, другой — 36 колебаний. Найдите длины маятников.
7. Медный шарик, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания. Как изменится период колебаний, если к пружине подвесить алюминиевый шарик того же радиуса? (плотность меди равна 8900 кг/м^3 , алюминия — 2700 кг/м^3)
8. Груз массой 4 кг совершает горизонтальные колебания под действием пружины жесткостью 75 Н/м . При каком смещении груза от положения равновесия модуль его скорости равен 5 м/с , если в положении равновесия модуль его скорости равен 10 м/с ?

Высокий уровень

1. К пружине весов подвешена чашка с гирями. Период вертикальных колебаний чашки 1 с. После того, как на чашку положили добавочный груз, период стал 1,2 с. На сколько удлинилась пружина от прибавления добавочного груза, если первоначальное удлинение было 4 см.
2. К пружине подвешено тело массой 2 кг. Если к нему присоединить тело массой 300 г, то пружина растянется еще на 2 см. Каков будет период колебаний, если трехсотграммовый довесок снять и предоставить телу массой 2 кг колебаться?
3. Как изменится период колебаний маятника при перенесении его с Земли на Марс, если масса Марса в 9,3 раза меньше массы Земли, а радиус Марса в 1,9 раза меньше радиуса Земли?
4. Груз массой 400 г совершает колебания на пружине жесткостью 250 Н/м . Амплитуда колебаний 15 см. Найдите полную механи-

ческую энергию колебаний и наибольшую скорость. В каком положении она достигается?

5. С какой частотой будет колебаться палка массой 2 кг и площадью поперечного сечения 5 см^2 , плавающая на поверхности воды в вертикальном положении?
6. В воде плавает брусок из дуба размерами $10 \times 20 \times 20 \text{ см}$. Брусок слегка погрузили в воду и отпустили. Найти частоту колебаний бруска.
7. С каким ускорением a и в каком направлении должна двигаться кабина лифта, чтобы находящийся в ней секундный маятник за 2 мин 30 с совершил 100 колебаний?
8. При какой скорости поезда маятник длиной 11 см, подвешенный в вагоне, особенно сильно раскачивается, если расстояние между стыками рельсов 12,5 м?

*Самостоятельная
работа*

6

**ДЛИНА ВОЛНЫ.
СКОРОСТЬ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН**

Начальный уровень

1. Каковы свойства механических волн? Укажите все правильные ответы.
 - А. Волны переносят энергию.
 - Б. Волны переносят вещество.
 - В. Источником волн являются колеблющиеся тела.
2. Каковы свойства продольных волн? Укажите все правильные ответы.
 - А. Эти волны могут распространяться только в газах.
 - Б. Продольные волны представляют собой чередующиеся разрежения и сжатия.
 - В. Частицы среды при колебаниях смещаются вдоль направления распространения волны.
3. Каковы свойства поперечных волн? Укажите все правильные ответы.
 - А. Поперечные волны представляют собой чередующиеся разрежения и сжатия.
 - Б. Эти волны могут распространяться только в твердых телах.
 - В. Скорость волны равна произведению длины волны на частоту волны.

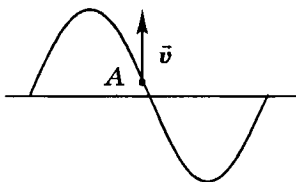
4. В каких направлениях совершаются колебания в продольной волне? Укажите все правильные ответы.
 - А. Во всех направлениях.
 - Б. Только по направлению распространения волны.
 - В. Только перпендикулярно распространению волны.
5. В каких направлениях совершаются колебания в поперечной волне? Укажите все правильные ответы.
 - А. Во всех направлениях.
 - Б. Только по направлению распространения волны.
 - В. Только перпендикулярно распространению волны.
6. Какие из перечисленных ниже волн являются поперечными? Укажите все правильные ответы.
 - А. Волны на поверхности воды.
 - Б. Звуковые волны в газах.
 - В. Радиоволны.

Средний уровень

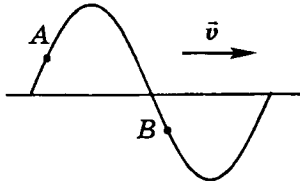
1. Определить длину звуковой волны при частоте 200 Гц, если скорость распространения волн равна 340 м/с.
2. Определить расстояние между вторым и пятым гребнями волны, если длина волны равна 0,6 м.
3. Определить скорость звука в воде, если источник звука, колеблющийся с периодом 0,002 с, возбуждает в воде волны длиной 2,9 м.
4. Расстояние между ближайшими гребнями волн в море 10 м. Какова частота ударов волн о корпус лодки, если скорость волн 3 м/с?
5. Мимо неподвижного наблюдателя прошло 6 гребней волн за 20 с, начиная с первого. Каковы длина волны и период колебаний, если скорость волн 2 м/с?
6. Период колебания частиц воды равен 2 с, а расстояние между смежными гребнями волн 6 м. Определить скорость распространения этих волн.

Достаточный уровень

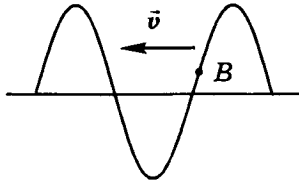
1. а) Почему в жидкой или газообразной средах не возникают поперечные волны?
 б) В бегущей поперечной волне скорость частицы A направлена вверх. В каком направлении движется волна?



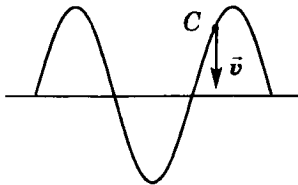
2. а) Почему в твердых телах могут распространяться поперечные и продольные волны?
 б) Поперечная волна движется вправо. В каком направлении движутся частицы A и B ?



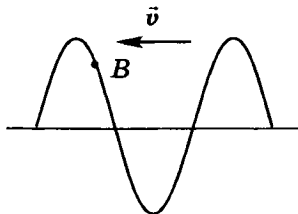
3. а) В каких упругих средах могут возникать поперечные волны?
 б) В каком направлении смещается частица B , указанная на рисунке, в поперечной волне, движущейся влево?



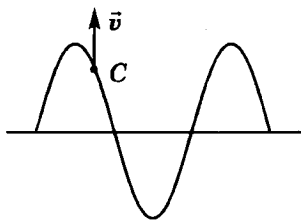
4. а) В чем отличие графика волнового движения от графика колебательного движения?
 б) Определите направление движения поперечной волны, если частица C имеет направление скорости, указанное на рисунке.



5. а) Какой зависимостью связаны длина волны, скорость распространения волны, частота колебаний?
 б) Определите, в каком направлении смещается частица B , если поперечная волна, изображенная на рисунке, движется влево.

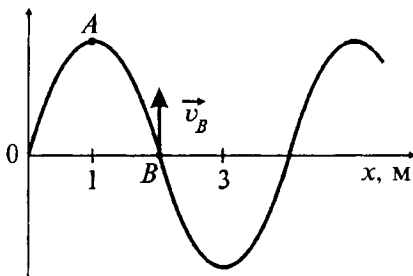


6. а) На лодку набегают волны, поднятые теплоходом. Предложите способ определения длины волны.
- б) В каком направлении движется поперечная волна, если частица C имеет направление скорости, указанное на рисунке?



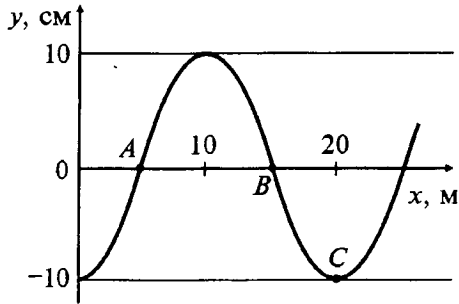
Высокий уровень

1. Сирена пожарной машины включается каждые две секунды. С какой скоростью мчится эта машина, если наблюдатель, к которому она приближается, слышит звуки сирены с интервалом 1,8 с?
2. На рисунке изображена поперечная волна в некоторый момент времени. Частота волны равна 0,5 Гц. Чему равна скорость точки A в начальный момент времени? Куда будет направлена скорость точки B через 1 с? В каком направлении вдоль оси x движется волна?



3. Самолет летит горизонтально с постоянной скоростью. Когда наблюдатель слышит, что самолет находится над ним, он видит самолет под углом 60° к горизонту. Какова скорость самолета?
4. На рисунке изображена поперечная волна в некоторый момент времени. Скорость волны равна 20 м/с. Чему равна в начальный момент скорость точки C ? Чему равен модуль координаты y

точки A через $0,25$ с? В одинаковом или противоположном направлениях в начальный момент движутся точки A и B ?



5. Артиллерист услышал звук разрыва снаряда, выпущенного под углом 45° к горизонту, через 2 мин 30 с после выстрела. Какова была начальная скорость снаряда?
6. В океане на небольшой глубине произведен взрыв. Гидроакустики корабля, находящегося на расстоянии 2,25 км от места взрыва, зафиксировали два звуковых сигнала, второй через 1 с после первого. Какова глубина океана в этом районе?

СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В КОНТУРЕ

Начальный уровень

1. Каким выражением определяется период электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора емкости C и катушки индуктивностью L ? Укажите все правильные ответы.
 - А. \sqrt{LC} .
 - Б. $2\pi\sqrt{LC}$.
 - В. $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
2. Как изменится период электромагнитных колебаний в контуре $L - C$, если электроемкость конденсатора увеличить в два раза? Укажите все правильные ответы.
 - А. Увеличится в два раза.
 - Б. Уменьшится в два раза.
 - В. Увеличится в $\sqrt{2}$ раз.
3. Как изменится период электромагнитных колебаний в контуре $L - C$, если индуктивность катушки уменьшить в четыре раза? Укажите все правильные ответы.
 - А. Уменьшится в четыре раза.
 - Б. Уменьшится в два раза.
 - В. Увеличится в $\sqrt{2}$ раз.
4. Каким выражением определяется частота электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора емкости C и катушки индуктивностью L ? Укажите все правильные ответы.
 - А. $\frac{1}{\sqrt{LC}}$.
 - Б. $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
 - В. $2\pi\sqrt{LC}$.

5. Как изменится частота электромагнитных колебаний в контуре $L - C$, если емкость конденсатора увеличить в четыре раза? Укажите все правильные ответы.
- А. Увеличится в два раза.
 - Б. Увеличится в четыре раза.
 - В. Уменьшится в два раза.
6. Как изменится частота электромагнитных колебаний в контуре $L - C$, если индуктивность катушки уменьшить в три раза? Укажите все правильные ответы.
- А. Уменьшится в три раза.
 - Б. Уменьшится в $\sqrt{3}$ раз.
 - В. Увеличится в $\sqrt{3}$ раз.

Средний уровень

1. Найти период и частоту колебаний в контуре, емкость конденсатора в котором $7,47 \cdot 10^{-10}$ Ф, индуктивность катушки $9,41 \times 10^{-4}$ Гн.
2. Определите индуктивность катушки колебательного контура, если емкость конденсатора равна 5 мкФ, а период колебаний 0,001 с.
3. Индуктивность катушки колебательного контура $5 \cdot 10^{-4}$ Гн. Требуется настроить этот контур на частоту 1 МГц. Какова должна быть емкость конденсатора в этом контуре?
4. Определите циклическую частоту колебаний в контуре, если емкость конденсатора контура 10 мкФ, а индуктивность его катушки 100 мГн.
5. Индуктивность и емкость колебательного контура соответственно равны 70 Гн и 70 мкФ. Определите период и частоту колебаний в контуре. Можно ли эти колебания назвать высокочастотными?
6. При измерении индуктивности катушки частота электрических колебаний в контуре оказалась 1 МГц. Емкость эталонного конденсатора 200 пФ. Какова индуктивность катушки?

Достаточный уровень

1. а) Могут ли в контуре, состоящем из конденсатора и активного сопротивления, возникать свободные колебания?
 б) Колебательный контур радиоприемника содержит катушку индуктивности 0,25 мГн и принимает радиоволны длиной 150 м. Определить емкость колебательного контура.
2. а) Как изменится частота колебаний в контуре, если в n раз уменьшить расстояние между пластинами конденсатора?

- б) При изменении емкости конденсатора колебательного контура на $0,72 \text{ мкФ}$ период колебаний изменился в $14,1$ раз. Найти первоначальную емкость C_1 . Индуктивность катушки осталась неизменной.
3. а) Как изменится частота колебаний в контуре, если в катушку его ввести железный сердечник?
 б) Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и двух одинаковых конденсаторов, включенных параллельно. Период собственных колебаний контура $T_1 = 20 \text{ мкс}$. Чему будет равен период, если конденсаторы включить последовательно?
4. а) В одинаковых контурах в n раз отличаются начальные заряды на конденсаторах. Чем будут отличаться колебания в них?
 б) В колебательном контуре, настроенном на частоту 20 МГц , имеется катушка индуктивности 10^{-6} Гн и плоский слюдяной конденсатор с площадью пластины 20 см^2 . Определить толщину слюды, если ее диэлектрическая проницаемость равна 6 .
5. а) Как изменится период колебаний в контуре, если в n раз увеличить площадь пластины конденсатора?
 б) На какую длину волны настроен колебательный контур, состоящий из катушки с индуктивностью 2 мГн и плоского конденсатора? Пространство между пластинами конденсатора заполнено веществом с диэлектрической проницаемостью 11 . Площадь пластин конденсатора 800 см^2 , расстояние между ними 1 см .
6. а) Как изменится период колебаний в контуре, если в n раз увеличить диэлектрическую проницаемость среды между пластинами конденсатора?
 б) Катушка длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с воздушным конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью 75 см^2 каждая. Расстояние между пластинами 5 мм . Определить период колебаний полученного контура.

Высокий уровень

1. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 3 мГн и плоского конденсатора в виде двух дисков радиусом $1,2 \text{ см}$, расположенных на расстоянии $0,3 \text{ мм}$ друг от друга. Найти период T электромагнитных колебаний контура. Каков будет период T_1 колебаний, если конденсатор заполнить веществом с диэлектрической проницаемостью 4 ?
2. Батарею из двух одинаковых конденсаторов емкостью $0,01 \text{ мкФ}$ каждый заряжают от источника постоянного напряжения и подключают к катушке индуктивностью 8 мГн . Найдите пери-

од и частоту возникающих в контуре электромагнитных колебаний, если конденсаторы в батарее соединены: а) последовательно; б) параллельно.

3. При изменении тока в катушке индуктивности на величину 2 А за время 1 с в ней индуцируется ЭДС 0,5 мВ. Какую длину будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, колебательный контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкости 20 нФ?
4. Колебательный контур приемника состоит из слюдяного конденсатора, площадь пластин которого 800 см^2 , а расстояние между ними 1 мм, и катушки. На какую длину волны резонирует этот контур, если максимальное значение напряжения на пластинах в 100 раз больше максимального значения силы тока в катушке?
5. Какова длина волны электромагнитного излучения колебательного контура, если конденсатор имеет емкость 2 пФ, скорость изменения силы тока в катушке индуктивности равна 4 А/с, а возникающая ЭДС индукции составляет 0,04 В?
6. Емкость конденсатора колебательного контура радиоприемника можно изменять от 56 пФ до 670 пФ. Сколько сменных катушек надо взять, чтобы радиоприемник можно было настраивать на любые радиостанции, работающие в диапазоне длин волн от 40 м до 2600 м?

Самостоятельная
работа

8

ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

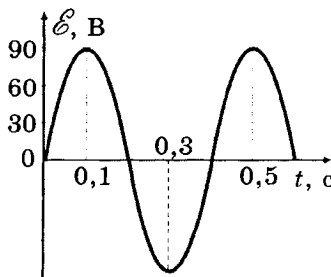
Начальный уровень

1. Значение силы переменного тока, измеренное в амперах, задано уравнением $x = 0,1 \sin 100\pi t$. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Амплитуда силы тока 0,1 А.
 - Б. Период равен 100 с.
 - В. Частота равна 50 Гц.
2. Значение напряжения, измеренное в вольтах, задано уравнением $u = 100 \cos 50\pi t$. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Амплитуда напряжения 100 В.

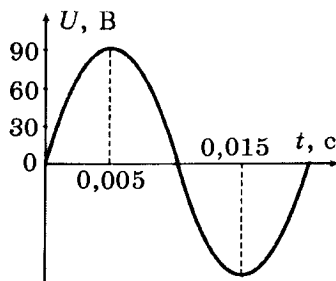
- Б. Частота равна 50 Гц.
 В. Период равен 0,04 с.
3. Значение ЭДС, измеренное в вольтах, задано уравнением $e = 10 \sin 40\pi t$. Укажите все правильные утверждения.
 А. Амплитуда ЭДС 5 В.
 Б. Период равен 40 с.
 В. Частота равна 20 Гц.
4. Значение силы переменного тока, измеренное в амперах, задано уравнением $x = 0,5 \sin 50\pi t$. Укажите все правильные утверждения.
 А. Амплитуда силы тока 1 А.
 Б. Период равен 0,04 с.
 В. Частота равна 25 Гц.
5. Значение напряжения, измеренное в вольтах, задано уравнением $u = 20 \cos 100\pi t$. Укажите все правильные утверждения.
 А. Амплитуда напряжения 10 В.
 Б. Частота равна 50 Гц.
 В. Период равен 0,04 с.
6. Значение ЭДС, измеренное в вольтах, задано уравнением $e = 50 \sin 80\pi t$. Укажите все правильные утверждения.
 А. Амплитуда ЭДС 100 В.
 Б. Период равен 0,025 с.
 В. Частота равна 40 Гц.

Средний уровень

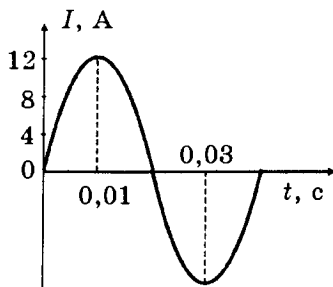
1. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду ЭДС, период тока и частоту. Напишите уравнение ЭДС.



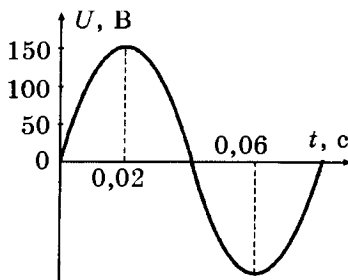
2. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду напряжения и период колебания. Запишите уравнение мгновенного значения напряжения.



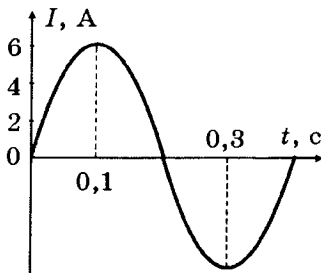
3. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду силы тока, период и частоту. Напишите уравнение мгновенного значения силы переменного тока.



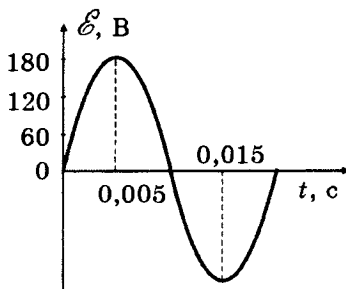
4. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду напряжения, период и значение напряжения для фазы $\pi/3$ рад.



5. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду силы тока, частоту и значение силы тока для фазы $3/2\pi$ рад.



6. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду ЭДС, период и частоту ЭДС. Напишите уравнение ЭДС.



Достаточный уровень

1. Значение силы тока, измеренное в амперах, задано уравнением $i = 0,28 \sin 50\pi t$, где t выражено в секундах. Определите амплитуду силы тока, частоту и период.
2. Значение напряжения, измеренное в вольтах, задано уравнением $u = 120 \cos 40\pi t$, где t выражено в секундах. Чему равна амплитуда напряжения, период и частота?
3. Значение ЭДС, измеренное в вольтах, задано уравнением $e = 50 \sin 5\pi t$, где t выражено в секундах. Определите амплитуду ЭДС, период и частоту.
4. Амплитуда ЭДС переменного тока с частотой 50 Гц равна 100 В. Каковы значения ЭДС через 0,0025 с и 0,005 с, считая от начала периода?
5. Мгновенное значение ЭДС переменного тока для фазы 60° равно 120 В. Какова амплитуда ЭДС? Чему равно мгновенное значение ЭДС через 0,25 с, считая от начала периода?
6. Мгновенное значение силы переменного тока частотой 50 Гц равно 2 А для фазы $\pi/4$. Какова амплитуда силы тока? Найдите мгновенное значение силы тока через 0,015 с, считая от начала периода.

Высокий уровень

1. Ток в колебательном контуре изменяется со временем по закону $i = 0,01 \cos 1000t$. Найти индуктивность контура, зная, что емкость его конденсатора $2 \cdot 10^{-5}$ Ф.
2. Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $u = 50 \cos 10^4 \pi t$. Емкость конденсатора 0,9 мкФ. Найти индуктивность контура, закон изменения со

временем силы тока в цепи, а также длину волны, соответствующую этому контуру.

3. В колебательном контуре зависимость силы тока от времени описывается уравнением $i = 0,06\sin 10^6\pi t$. Определить частоту электромагнитных колебаний и индуктивность катушки, если максимальная энергия магнитного поля $1,8 \cdot 10^{-4}$ Дж.
4. Зависимость силы тока от времени в колебательном контуре определяется уравнением $i = 0,02\sin 500\pi t$. Индуктивность контура 0,1 Гн. Определить период электромагнитных колебаний, емкость контура, максимальную энергию магнитного и электрического полей.
5. Заряд на обкладках конденсатора колебательного контура изменяется по закону $q = 3 \cdot 10^{-7}\cos 800\pi t$. Индуктивность контура 2 Гн. Пренебрегая активным сопротивлением, найти емкость конденсатора и максимальные значения энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки индуктивности.
6. Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре меняется по закону $u = 100 \cos 10^4\pi t$. Емкость конденсатора 0,9 мкФ. Найти индуктивность контура и максимальное значение энергии магнитного поля катушки.

Самостоятельная
работа

9

ТРАНСФОРМАТОР

Начальный уровень

1. Каким образом осуществляется передача электрической энергии из первичной обмотки трансформатора во вторичную обмотку? Укажите все правильные ответы.
 - А. Через провода, соединяющие обмотки трансформатора.
 - Б. С помощью электромагнитных волн.
 - В. С помощью переменного магнитного поля, пронизывающего обе катушки.
2. В первичной обмотке трансформатора 100 витков, во вторичной обмотке — 20. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Трансформатор является понижающим.
 - Б. Коэффициент трансформации равен 0,2.
 - В. Коэффициент трансформации равен 5.

3. Первичная обмотка трансформатора включена в сеть с напряжением 20 В. Напряжение на зажимах вторичной обмотки равно 200 В. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Трансформатор является повышающим.
 - Б. Коэффициент трансформации равен 10.
 - В. Коэффициент трансформации равен 0,1.
4. Трансформатор включен в сеть с напряжением 200 В. В первичной обмотке 1000 витков, а во вторичной 200 витков. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Коэффициент трансформации равен 0,2.
 - Б. Трансформатор является понижающим.
 - В. Напряжение на вторичной обмотке равно 40 В.
5. Трансформатор изменяет напряжение от 200 В до 1000 В. В первичной обмотке 20 витков. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Трансформатор является повышающим.
 - Б. Коэффициент трансформации равен 5.
 - В. Во вторичной обмотке 100 витков.
6. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 2А, напряжение на ней 120 В. Напряжение во вторичной обмотке 30 В. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Сила тока во вторичной обмотке 8 А.
 - Б. Коэффициент трансформации равен 0,25.
 - В. Трансформатор является понижающим.

Средний уровень

1. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная — 3200. Определить коэффициент трансформации.
2. Первичная обмотка понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации 5 включена в сеть с напряжением 220 В. Определите напряжение на зажимах вторичной обмотки.
3. Первичная обмотка силового трансформатора для питания цепей радиоприемника имеет 1200 витков. Какое количество витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора для питания кенотрона (необходимое напряжение 3,5 В)? Напряжение в сети 120 В.
4. Напряжение на зажимах вторичной обмотки понижающего трансформатора 60 В, сила тока во вторичной цепи 40 А. Первичная обмотка включена в сеть с напряжением 240 В. Найдите силу тока в первичной обмотке трансформатора.
5. Сколько витков должна иметь вторичная обмотка трансформатора для повышения напряжения от 220 В до 11000 В, если в первичной обмотке 20 витков?

6. Под каким напряжением находится первичная обмотка трансформатора, имеющая 1000 витков, если во вторичной обмотке 3500 витков и напряжение 105 В? Каков коэффициент трансформации?

Достаточный уровень

1. а) Изменится ли соотношение между напряжениями на зажимах первичной и вторичной обмоток трансформатора, если железный сердечник заменить медным?
б) Трансформатор повышает напряжение с 220 В до 1,1 кВ и содержит 700 витков в первичной обмотке. Каков коэффициент трансформации? Сколько витков во вторичной обмотке? В какой обмотке провод имеет большую площадь поперечного сечения?
2. а) Ток во вторичной обмотке трансформатора зависит от сопротивления подключенных приборов. Меняется ли в связи с этим ток в первичной обмотке, и если да, то как это происходит?
б) Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на ее концах 220 В. Сила тока во вторичной обмотке 9 А, а напряжение на ее концах 10 В. Определите КПД трансформатора.
3. а) Почему трансформатор выходит из строя, когда в нем замыкаются накоротко хотя бы два соседних витка?
б) Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 840 витков, повышает напряжение с 220 В до 660 В. Каков коэффициент трансформации? Сколько витков во вторичной обмотке? В какой обмотке провод имеет большую площадь поперечного сечения?
4. а) Почему нагруженный трансформатор гудит? Какова частота звука трансформатора, включенного в сеть тока промышленной частоты?
б) Через замкнутый кольцевой сердечник трансформатора, понижающего напряжение с 220 В до 42 В, пропущен провод, концы которого присоединены к вольтметру. Вольтметр показывает 0,5 В. Сколько витков имеют обмотки трансформатора?
5. а) Допустимо ли, сняв катушку школьного трансформатора с сердечника, подавать на нее переменное напряжение, указанное на катушке?
б) Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,5 А, напряжение на ее концах 220 В. Сила тока во вторичной обмотке трансформатора 11 А, а напряжение на ее концах 9,5 В. Определите КПД трансформатора.
6. а) Изменяется ли мощность тока при преобразовании его в трансформаторе?

б) Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 10 включен в сеть напряжением 127 В. Сопротивление вторичной обмотки 2 Ом, сила тока 3 А. Определите напряжение на зажимах вторичной обмотки. Потерями энергии в первичной обмотке пренебечь.

Высокий уровень

1. а) Почему ненагруженный трансформатор потребляет очень мало энергии?
б) Двухпроводная линия длиной 800 м от понижающего трансформатора выполнена медным проводом сечением 20 мм². Приемники энергии потребляют 2,58 кВт при напряжении 215 В. Определите напряжение на зажимах трансформатора и потерю мощности в проводах линии.
2. а) Обмотки трансформатора сделаны из провода разной толщины. Какая из обмоток содержит большее число витков? Почему?
б) Первичная обмотка трансформатора имеет 2400 витков. Сколько витков должна иметь вторичная обмотка, чтобы при напряжении на зажимах 11 В передавать во внешнюю цепь мощность 22 Вт? Сопротивление вторичной обмотки 0,2 Ом. Напряжение в сети 380 В.
3. а) Придумайте способ определения числа витков обмотки трансформатора, не разматывая катушки.
б) Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации, равным 10, включен в сеть напряжением 220 В. Каково напряжение на выходе трансформатора, если сопротивление вторичной обмотки 0,2 Ом, а сопротивление полезной нагрузки 2 Ом?
4. а) Что может произойти, если случайно подключить трансформатор к источнику постоянного тока?
б) Первичная обмотка трансформатора с коэффициентом трансформации, равным 8, включена в сеть с напряжением 220 В. Сопротивление вторичной обмотки 2 Ом, сила тока во вторичной обмотке трансформатора 3 А. Определите напряжение на зажимах вторичной обмотки. Потерями в первичной обмотке пренебечь.
5. а) Что произойдет с катушкой трансформатора, если ее распрямить, не отключая от сети?
б) Первичная обмотка трансформатора для питания накала радиоприемника имеет 12000 витков и включена в сеть переменного тока с напряжением 120 В. Какое число витков должна иметь вторичная обмотка, если ее сопротивление 0,5 Ом? Напряжение накала радиоприемника 3,5 В при силе тока 1 А.

6. а) Первичная катушка трансформатора присоединена к источнику тока, вторичная же разомкнута. Потребляется ли трансформатором электроэнергия?
- б) Первичная обмотка понижающего трансформатора включена в сеть переменного тока с напряжением 220 В. Напряжение на зажимах вторичной обмотки 20 В, ее сопротивление 1 Ом, ток в ней 2 А. Найдите коэффициент трансформации и КПД трансформатора.

Самостоятельная
работа

10

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие **электромагнитное поле**? Укажите все правильные ответы.
 - А. Процесс распространения колебаний заряженных частиц.
 - Б. Особая форма материи, осуществляющая взаимодействие между любыми частицами.
 - В. Особая форма материи, осуществляющая взаимодействие между заряженными частицами.
2. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие **электромагнитная волна**? Укажите все правильные ответы.
 - А. Процесс распространения колебаний электрической напряженности и магнитной индукции.
 - Б. Кратчайшее расстояние между двумя точками, колеблющимися в одинаковых фазах.
 - В. Процесс распространения колебаний заряженных частиц.
3. Как распространяется электромагнитная волна в вакууме? Укажите все правильные ответы.
 - А. Мгновенно.
 - Б. Со скоростью $3 \cdot 10^8$ м/с.
 - В. Со скоростью 300 м/с.
4. Почему невозможна радиосвязь между подводными лодками? Укажите все правильные ответы.
 - А. Электромагнитные волны отражаются от встречающихся препятствий.
 - Б. Электромагнитные волны в морской воде не возникают.
 - В. Электромагнитные волны сильно поглощаются в морской воде.

5. Как изменится скорость распространения электромагнитной волны при переходе из вакуума в среду? Укажите все правильные ответы.
- А. Увеличится.
 - Б. Уменьшится.
 - В. Не изменится.
6. Почему в метро радиоприемник замолкает? Укажите все правильные ответы.
- А. Увеличивается дальность от передающей радиостанции.
 - Б. Проводящая поверхность Земли отражает электромагнитные волны.
 - В. Электромагнитные волны поглощаются в толще Земли.

Средний уровень

1. Сигнал радиолокатора возвратился от объекта через $3 \cdot 10^{-4}$ с. Какое расстояние до объекта?
2. Чему равна длина волны, излучаемой передатчиком, если период колебаний равен $0,2 \cdot 10^{-6}$ с?
3. На какой частоте работает радиопередатчик, излучающий волну длиной 30 м?
4. Какова длина волны телевизионного сигнала, если несущая частота равна 50 МГц?
5. Определить период и частоту радиопередатчика, работающего на волне длиной 30 м.
6. Определите частоту и длину волны радиопередатчика, если период его электрических колебаний равен 10^{-6} с.

Достаточный уровень

1. а) Волны из вакуума попадают в диэлектрик с диэлектрической постоянной ϵ на частоте волны. Какие характеристики волны изменяются при этом и каким образом?
 б) Сила тока в открытом колебательном контуре изменяется в зависимости от времени по закону: $i = 0,5 \cos 8 \cdot 10^5 \pi t$. Найти длину излучаемой волны.
2. а) Зависит ли скорость электромагнитных волн в вакууме от: 1) частоты колебаний; 2) амплитуды полей; 3) направления распространения волн?
 б) Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 300 м за время, равное периоду колебаний с частотой 2000 Гц?
3. а) При каком движении — ускоренном или равномерном — электрический заряд может излучать электромагнитные волны?

- б) Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в этой среде, если их частота в вакууме 1 МГц?
4. а) Во время каких природных явлений образуются и излучаются электромагнитные волны?
 б) Сила тока в открытом колебательном контуре изменяется в зависимости от времени по закону: $i = 0,8 \sin 4 \cdot 10^5 \pi t$. Найти длину излучаемой волны.
5. а) Почему для излучения и приема электромагнитных волн применяется открытый колебательный контур?
 б) Каким может быть максимальное число импульсов, посылаемых радиолокатором за 1 с, при разведывании цели, находящейся на расстоянии 30 км от него?
6. а) Как изменится скорость распространения электромагнитной волны при переходе из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью ϵ ?
 б) Радиолокационная станция посылает в некоторую среду электромагнитные волны длиной 10 см при частоте 2,25 ГГц. Чему равна скорость волн в этой среде и какую будут иметь длину электромагнитные волны в вакууме?

Высокий уровень

1. а) Почему зимой и ночью радиоприем лучше, чем летом и днем?
 б) Антенна корабельного радиолокатора находится на высоте 25 м над уровнем моря. На каком максимальном расстоянии s_{\max} радиолокатор может обнаружить спасательный плот? С какой частотой могут при этом испускаться импульсы?
2. а) Какова причина помех радиоприему от проходящего вблизи трамвая?
 б) Радиолокатор работает на волне 5 см и испускает импульсы длительностью 1,5 мкс. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе? Какова минимальная дальность s_{\min} обнаружения цели?
3. а) Почему на экране телевизора при появлении летящего вблизи самолета возникает двойное изображение?
 б) Высота излучающей антенны телецентра над уровнем Земли 300 м, а высота приемной антенны 10 м. На каком предельном расстоянии от передатчика можно вести прием?
4. а) Почему нельзя осуществлять радиосвязь между подводными лодками, находящимися на некоторой глубине в океане?

- б) Сколько электромагнитных колебаний с длиной волны 375 м происходит в течение одного периода звука с частотой 500 Гц, произносимого перед микрофоном передающей станции?
5. а) Почему радиоприемник в автомашине плохо работает, когда она проезжает под эстакадой или под мостом?
- б) Радиолокатор работает на волне 15 см и испускает импульсы с частотой 4 кГц. Длительность каждого импульса 2 мкс. Какова наибольшая дальность обнаружения цели? Сколько колебаний содержится в одном импульсе?
6. а) Если включать или выключать свет в комнате, то слышны щелчки в работающем радиоприемнике. Чем они вызваны?
- б) На каком предельном расстоянии может быть обнаружена на поверхности моря цель корабельным радиолокатором, расположенным на высоте 8 м над уровнем моря? Каким должен быть минимальный промежуток времени между соседними импульсами такого локатора?

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ.
МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ
И ВОЛНЫ.
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ
И ВОЛНЫ**

Начальный уровень

ВАРИАНТ 1

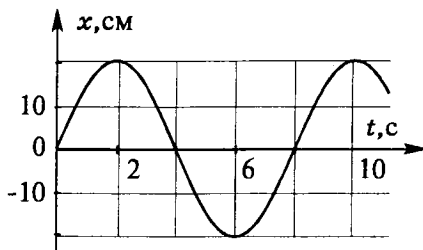
- 1 Используя одну из приведенных ниже формул, определите какова индуктивность контура, если при силе тока 4 А в нем возникает магнитный поток 0,04 Вб.

А. $\Phi = BS$.

Б. $L = \Phi/I$.

В. $W = LI^2/2$.

- 2 На рисунке приведен график гармонических колебаний. Укажите все правильные утверждения.



- А. Амплитуда колебаний равна 10 см.
 Б. Период колебаний 8 с.
 В. Частота колебаний 0,5 Гц.
- 3 Заряженный конденсатор подключили к катушке индуктивности. Укажите все правильные утверждения.
- А. Колебания в контуре прекратятся, как только заряд конденсатора станет равным нулю.

- Б. Через некоторое время знаки зарядов обкладок конденсатора изменятся на противоположные.
- В. Колебания заряда конденсатора и силы тока в контуре происходят в одной фазе.

ВАРИАНТ 2

- 1 Используя одну из приведенных ниже формул, определите какой магнитный поток возникает в контуре индуктивностью 0,5 мГн при силе тока 6 А.
- А. $\Phi = LI$.
- Б. $L = \Phi/I$.
- В. $\Phi = BS$.
- 2 Подвешенный на нити груз совершает малые колебания. Считая колебания незатухающими, укажите все правильные утверждения.
- А. Период колебаний зависит от массы груза.
- Б. Чем длиннее нить, тем больший период колебаний.
- В. Период колебаний не зависит от амплитуды.
- 3 Трансформатор повышает напряжение от 4 В до 36 В. Укажите все правильные утверждения.
- А. Трансформатор может повышать постоянное напряжение.
- Б. Количество витков во вторичной обмотке меньше, чем в первичной.
- В. Индукционный ток во вторичной обмотке возникает вследствие явления электромагнитной индукции.

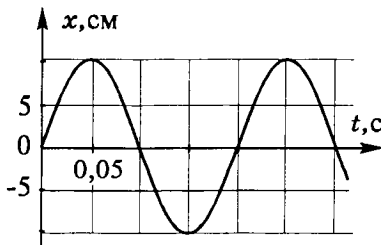
ВАРИАНТ 3

- 1 Используя одну из приведенных ниже формул, определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью 0,4 Гн при силе тока в ней 5 А.
- А. $\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$.
- Б. $W = CU^2/2$.
- В. $W = LI^2/2$.
- 2 В воздухе распространяется звуковая волна. Укажите правильные утверждения.
- А. Волна является поперечной.

- Б. Волна представляет собой чередующиеся сжатия и разрежения воздуха.
- В. При распространении волны происходит перенос вещества.
- 3 К колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Не учитывая потерь энергии при колебаниях, укажите все правильные утверждения.
- А. В этом контуре может существовать постоянный ток.
- Б. Направление тока в контуре не изменяется.
- В. При электрических колебаниях в контуре сила тока максимальна в тот момент, когда заряд конденсатора равен нулю.

ВАРИАНТ 4

- 1 Используя одну из приведенных ниже формул, определите ЭДС самоиндукции в обмотке электромагнита индуктивностью 0,2 Гн при равномерном изменении силы тока в ней на 4 А за 0,1 с.
- А. $\Phi = BS$.
- Б. $\mathcal{E} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$.
- В. $\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$.
- 2 На рисунке приведен график гармонических колебаний. Укажите все правильные утверждения.



- А. Амплитуда колебаний равна 5 см.
- Б. Период колебаний 0,2 с.
- В. Частота колебаний 5 Гц.

- 3 Монохроматическая электромагнитная волна (ЭМВ) распространяется в вакууме. Укажите все правильные утверждения.
- А. Электрическое поле волны направлено в сторону ее распространения.
 - Б. Магнитное поле ЭМВ перпендикулярно ее электрическому полю.
 - В. Период волны изменяется.

ВАРИАНТ 5

- 1 Используя одну из приведенных ниже формул, определите ЭДС индукции в контуре, в котором магнитный поток за 0,5 с изменился на 8 Вб.

А. $\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$.

Б. $L = \Phi/I$.

В. $W = LI^2/2$.

- 2 Подвешенный на пружине груз совершает малые колебания в вертикальном направлении. Считая колебания незатухающими, укажите все правильные утверждения.
- А. Чем больше жесткость пружины, тем меньше период колебаний.
 - Б. Период колебаний зависит от массы подвешенного груза.
 - В. Частота колебаний груза зависит от амплитуды.
- 3 Отметьте все правильные утверждения, касающиеся передачи информации с помощью радиоволн.
- А. Для радиотелефонной связи применяется азбука Морзе.
 - Б. Модуляция — превращение звуковых колебаний в электрические.
 - В. Основным элементом детектора служит полупроводниковый диод.

ВАРИАНТ 6

- 1 Используя одну из приведенных ниже формул, определите ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0,2 м, перемещающемся в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл со скоростью 5 м/с перпендикулярно вектору магнитной индукции.

$$A. \mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|.$$

$$B. \mathcal{E} = Blv.$$

$$B. \mathcal{E} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

- 2 По шнуру бежит поперечная волна. Укажите все правильные утверждения.
- A. Все точки шнура колеблются с одинаковой частотой.
 - B. Скорость колеблющихся точек направлена в сторону распространения волны.
 - B. Чем меньше частота волны, тем меньше длина волны.
- 3 При организации радиовещания в пределах нескольких сотен километров используют радиоволны определенного диапазона. Укажите все правильные утверждения.
- A. Это волны сверхвысоких частот.
 - B. Это средние и длинные волны.
 - B. Это ультракороткие волны.

Средний уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Магнитный поток, пронизывающий замкнутый виток, равномерно убывает с $7 \cdot 10^{-3}$ Вб до $3 \cdot 10^{-3}$ Вб за время $5 \cdot 10^{-3}$ с. Определите ЭДС индукции.
- 2 Длина нити математического маятника равна 4 м. Определить период колебаний.
- 3 Как изменится период свободных колебаний, если конденсатор контура заменить другим конденсатором с вдвое меньшей емкостью? Почему?

ВАРИАНТ 2

- 1 Определить индуктивность катушки, в которой при изменении силы тока от 5 до 10 А за 0,1 с возникает ЭДС самоиндукции 10 В.
- 2 Каков период колебаний груза массой 500 г, подвешенного к пружине с коэффициентом жесткости 50 Н/м?
- 3 Как изменится период свободных колебаний в контуре, если вывести стальной сердечник из катушки индуктивности?

ВАРИАНТ 3

- 1 В однородном магнитном поле перпендикулярно направлению вектора индукции, модуль которого $0,1$ Тл, движется проводник длиной 2 м со скоростью 5 м/с. Какая ЭДС индукции наводится в проводнике?
- 2 Маятник длиной 150 см совершает за 300 с 125 колебаний. Чему равно ускорение свободного падения?
- 3 Что можно сказать о значении энергии электрического поля конденсатора в контуре, когда энергия магнитного поля достигнет максимума?

ВАРИАНТ 4

- 1 Какой должна быть сила тока в обмотке дросселя индуктивностью 2 Гн, чтобы энергия поля оказалась равной 9 Дж?
- 2 В море длина волны достигает 300 м, а период $13,5$ с. Определить скорость распространения такой волны.
- 3 Почему для излучения и приема электромагнитных волн применяется открытый колебательный контур?

ВАРИАНТ 5

- 1 Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из 1000 витков при возбуждении в нем ЭДС индукции 150 В.
- 2 Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью $2,5$ м/с. Расстояние между двумя ближайшими гребнями волн 8 м. Определите период колебания лодки.
- 3 Как изменится частота свободных колебаний в контуре, если индуктивность уменьшится в 2 раза, а емкость увеличится в 8 раз?

ВАРИАНТ 6

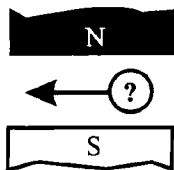
- 1 С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 2 м, под углом 30° к линиям индукции магнитного поля, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции 10 В? Индукция магнитного поля равна 2 Тл.
- 2 Пружина под действием прикрепленного к ней груза массой 5 кг совершает 45 колебаний в минуту. Найти коэффициент жесткости пружины.

- 3 Как должна двигаться частица, чтобы она излучала электромагнитные волны?

Достаточный уровень

ВАРИАНТ 1

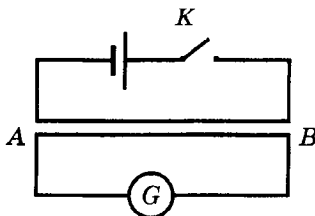
- 1 Проводник расположен между полюсами магнита. Стрелка показывает направление движения проводника. Определите направление индукционного тока.



- 2 Где будет сосредоточена энергия через $1/8, 1/4, 1/2, 3/4$ периода колебаний в колебательном контуре после начала разрядки конденсатора?
- 3 В колебательном контуре зависимость силы тока от времени описывается уравнением $i = 0,5 \sin 10^5 \pi t$. (Все величины заданы в СИ). Определить частоту электромагнитных колебаний и индуктивность катушки, если максимальная энергия магнитного поля 5×10^{-4} Дж.
- 4 Пружинный маятник совершил за некоторое время 16 колебаний. Когда массу груза увеличили на 200 г, маятник совершил за такое время 15 колебаний. Какова была начальная масса груза?

ВАРИАНТ 2

- 1 Каково направление индукционного тока в проводнике AB при замыкании и размыкании ключа K ?



- 2) Напишите уравнение гармонических колебаний напряжения на клеммах электрической цепи, если амплитуда колебаний 150 В, период колебаний 0,01 с, а начальная фаза равна нулю.
- 3) Трансформатор с коэффициентом трансформации 10 понижает напряжение с 10 кВ до 800 В. При этом во вторичной обмотке идет ток 2 А. Найти сопротивление вторичной обмотки. Потери энергии в первичной обмотке пренебречь.
- 4) Маятник состоит из тяжелого шарика массой 100 г, подвешенного на нити длиной 50 см. Определить период колебаний маятника и энергию, которой он обладал, если наибольший угол его отклонения от положения равновесия 15° .

ВАРИАНТ 3

- 1) На рисунке показано направление индукционного тока в короткозамкнутой проволочной катушке, когда относительно нее перемещают магнит. Определить направление движения магнита.



- 2) Изменение силы тока в зависимости от времени задано уравнением $i = 20\cos 100\pi t$. (Все величины заданы в СИ). Определите частоту и период колебаний, амплитуду силы тока, а также значение силы тока для фазы $\pi/4$.
- 3) Конденсатор емкостью 50 пФ сначала подключили к источнику тока с ЭДС 3 В, а затем к катушке индуктивностью 5,1 мкГн. Найти максимальное значение силы тока в этом контуре.
- 4) Груз массой 400 г совершает колебания на пружине жесткостью 160 Н/м. Амплитуда колебаний равна 5 см. Найдите наибольшую скорость груза.

ВАРИАНТ 4

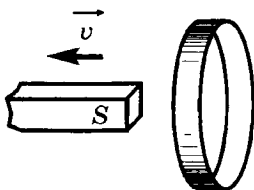
- 1) При выдвигании магнита из короткозамкнутой проволочной катушки в катушке возникает индукционный ток. Определите направление индукционного тока в катушке.



- 2 Изменение силы тока в зависимости от времени задано уравнением $i = 5\sin 200\pi t$. (Все величины заданы в СИ). Найти частоту и период колебаний, амплитуду силы тока, а также значение силы тока при фазе $\pi/6$.
- 3 При подаче на катушку постоянного напряжения 15 В сила тока в ней была 0,5 А. При подаче такого же переменного напряжения с частотой 50 Гц сила тока уменьшается на 40%. Какова индуктивность катушки?
- 4 В вагоне поезда подвешен маятник длиной 1 м. При движении поезда маятник раскачивается от толчков на стыках рельсов. При какой скорости поезда маятник раскачивается особенно сильно, если длина рельсов 25 м?

ВАРИАНТ 5

- 1 Южный полюс магнита удаляется от металлического кольца, как показано на рисунке. Определите направление индукционного тока в кольце.

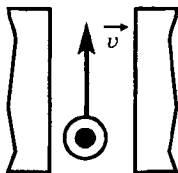


- 2 Мгновенное значение силы тока с частотой 50 Гц составляет 2 А для фазы $\pi/4$.
Какое амплитудное значение силы тока? Найти мгновенное значение силы тока через 0,015 с от начала периода.
- 3 При изменении силы тока в катушке, индуктивность которой 0,68 Гн, в 0,81 раз энергия магнитного поля изменилась на -2,2 Дж. Найти начальные значения энергии и силы тока.

- 4 Когда к пружине подвесили груз, она растянулась на 10 см. Груз отвели вниз и отпустили. Каков период возникших колебаний?

ВАРИАНТ 6

- 1 Определить направление вектора магнитной индукции и полярность магнита при заданных направлениях движения проводника замкнутого контура и направлении тока.



- 2 Мгновенное значение силы тока через $1/3$ периода равно 2,6 А. Какой будет сила тока при фазе $1,5\pi$.
- 3 Вторичная обмотка трансформатора, имеющая 100 витков, пронизывается переменным магнитным потоком, изменяющимся со временем по закону $\Phi = 0,01\cos 314t$. (Все величины заданы в СИ). Написать уравнение, выражающее зависимость ЭДС от времени в этой обмотке, и найти действующее значение ЭДС в ней.
- 4 На сколько изменится частота колебаний секундного маятника, если его поместить в кабину стартующего по горизонтальной взлетной полосе с ускорением 3 м/с^2 самолета?

Высокий уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 По разному ли нагревается катушка с железным сердечником, если ее питать переменным или постоянным током при одинаковом значении напряжения?
- 2 Какой заряд пройдет через поперечное сечение витка, сопротивление которого $0,05 \text{ Ом}$, при уменьшении магнитного потока внутри витка на 15 мВб ?
- 3 Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $2,5 \times 10^{-2} \text{ мкФ}$ и катушки с индуктивностью $101,5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$. Пластинам конденсатора сообщают заряд $2,5 \text{ мкКл}$. Найти значение силы тока в контуре в тот момент, когда напряжение на пла-

стинах конденсатора равно 70,7 В. Активным сопротивлением цепи пренебречь.

- ④ Грузу массой 900 г, висящему на пружине жесткостью 360 Н/м, сообщили толчком вертикальную скорость 10 см/с. Какова амплитуда возникших колебаний?

ВАРИАНТ 2

- ① Лампа и конденсатор включены последовательно в осветительную сеть переменного тока. Как изменится накал лампы, если частоту переменного тока увеличить вдвое?
- ② Магнитный поток, пронизывающий контур проводника, равномерно изменился на 2 Вб так, что ЭДС индукции оказалась равной 5 В. Найдите время изменения магнитного потока и силу индукционного тока, если сопротивление проводника 0,25 Ом.
- ③ При каком значении напряжения на конденсаторе колебательного контура (в долях амплитудного значения u/U_{\max}) и через какое время (в долях периода t/T) энергия электрического поля будет в 3 раза отличаться от энергии магнитного поля?
- ④ Грузу, висящему на нити длиной 1,5 м, сообщили толчком горизонтальную скорость 10 см/с. Какова амплитуда возникших колебаний?

ВАРИАНТ 3

- ① На каком основании можно утверждать, что в явлении самоиндукции проявляется инертность магнитного поля?
- ② Алюминиевое кольцо расположено в однородном магнитном поле так, что его плоскость перпендикулярна вектору магнитной индукции. Диаметр кольца 25 см, толщина провода кольца 2 мм. Определить скорость изменения магнитной индукции со временем, если при этом в кольце возникает индукционный ток 12 А.
- ③ Колебательный контур с конденсатором емкостью 1 мкФ настроен на частоту 400 Гц. Если параллельно этому конденсатору подключить второй конденсатор, то частота колебаний в контуре становится равной 200 Гц. Определите емкость второго конденсатора.
- ④ К пружине поочередно подвешивают два груза. В первом случае период колебаний пружинного маятника 0,5 с, а во втором слу-

чае 1,2 с. Каким будет период колебаний, если к той же пружине подвесить оба груза?

ВАРИАНТ 4

- 1 Все размеры проводника увеличились втрое. Как изменилась при этом индуктивность проводника?
- 2 Короткозамкнутая катушка, состоящая из 1000 витков, помещена в магнитное поле, линии индукции которого направлены вдоль оси катушки. Индукция магнитного поля меняется со скоростью $5 \cdot 10^{-3}$ Тл/с. Площадь поперечного сечения катушки 40 см^2 , сопротивление катушки 160 Ом. Найдите мощность тепловых потерь.
- 3 Какова длина волны электромагнитного излучения колебательного контура, если конденсатор имеет емкость 2 пФ, скорость изменения силы тока в катушке индуктивности равна 4 А/с, а возникающая ЭДС индукции составляет 0,04 В?
- 4 На нити висит шарик массой 300 г, к которому с помощью пружины жесткостью 10 Н/м подвешен шарик массой 600 г. Нить пережигают. Каков период колебаний, происходящих при падении?

ВАРИАНТ 5

- 1 Почему переменный ток в осветительной сети практически не излучает электромагнитные волны?
- 2 В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл находится виток площадью 10 см^2 , расположенный перпендикулярно линиям индукции. Сопротивление витка 2 Ом. Какой заряд протечет по витку при выключении поля?
- 3 При изменении тока в катушке индуктивности на величину 1 А за время 0,6 с в ней индуцируется ЭДС 0,2 мВ. Какую длину будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, колебательный контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкостью 14,1 нФ?
- 4 Два одинаковых шарика с массами 800 г каждый, находящиеся на гладкой горизонтальной поверхности, соединены легкой пружиной. Пружину растянули и отпустили. Каков период возникших колебаний, если жесткость пружины 25 Н/м?

ВАРИАНТ 6

- 1 Первичная обмотка трансформатора включена в сеть переменного тока, а вторичная — разомкнута. Потребляет ли при этом трансформатор электроэнергию из сети?
- 2 В однородном магнитном поле с индукцией $0,1$ Тл расположен плоский проволочный виток так, что его плоскость перпендикулярна линиям индукции. Виток замкнут на гальванометр. При повороте витка через гальванометр протек заряд $9,5 \cdot 10^{-3}$ Кл. На какой угол повернули виток? Площадь витка 10^3 см², сопротивление витка 2 Ом.
- 3 Зависимость силы тока от времени в колебательном контуре определяется уравнением $i = 0,02 \sin 500\pi t$. Индуктивность контура $0,1$ Гн. Определить период электромагнитных колебаний, емкость контура, максимальную энергию магнитного и электрического полей.
- 4 Горизонтальная подставка совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой 5 мм. При какой частоте колебаний лежащий на подставке предмет не отрывается от нее?

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Самостоятельная
работа

11

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА

Начальный уровень

1. В чем состоит суть закона прямолинейного распространения света?
2. При каких условиях от предмета получается лишь полутень?
3. Как доказать, что свет в однородной среде распространяется прямолинейно?
4. Объясните происхождение солнечных и лунных затмений.
5. Как получить от одной и той же палки тень разной длины?
6. Почему предметы не отбрасывают тени в пасмурный день?
7. Что больше — размеры самолета или его полной тени, когда он летит горизонтально в полдень над экватором?
8. Какую форму будет иметь солнечный зайчик от треугольного зеркала: а) на потолке комнаты; б) на стене отдаленного дома?

Средний уровень

1. Что длится дольше — полное затмение Солнца или полное затмение Луны? Почему?
2. Как нужно держать карандаш над столом, чтобы получить резко очерченную тень, если источником света служит закрепленная у потолка лампа дневного света, имеющая форму длинной трубки? Почему?
3. Почему тень ног на земле резко очерчена, а тень головы более расплывчата? При каких условиях тень всюду будет одинаково отчетлива?
4. Можно ли сказать, что увеличение высоты башни в степи в несколько раз приведет к такому же увеличению ее тени?
5. Измерения показали, что длина тени от предмета равна его высоте. Какова высота Солнца над горизонтом?
6. В солнечный день высота тени от отвесно поставленной метровой линейки равна 50 см, а от дерева — 6 м. Какова высота дерева?

Достаточный уровень

1. Человек проходит в стороне от висящего на некоторой высоте фонаря. Будет ли тень от его головы двигаться с постоянной скоростью, если человек идет прямолинейно и равномерно?

2. Матовая электрическая лампочка в виде шара диаметром 6 см освещает глобус диаметром 26 см. Определить диаметр полной тени от глобуса на стене. Расстояние от центра лампочки до центра глобуса 1 м и от центра глобуса до стены — 2 м.
3. Электrolампа помещена в матовый шар радиусом 20 см и подвешена на высоте 5 м над полом. Под лампой на высоте 1 м от пола висит непрозрачный шар радиуса 10 см. Найти размеры тени и полутени на полу.
4. Электрическая лампа, помещенная в матовый шар диаметром 50 см, подвешена на высоте 4 м над полом. На какой высоте подвешен под лампой непрозрачный шар диаметром 25 см, если на полу образовалась только полутень? Найти размеры этой полутени.
5. Солнце заходит за холм, на вершине которого стоит одинокое дерево высотой 30 м. На каком расстоянии от дерева находится человек, если ему кажется, что высота дерева равна диаметру солнечного диска?
6. Два столбика, имеющие одинаковую высоту 1,2 м поставлены вблизи уличного фонаря так, что расстояние от основания уличного фонаря до оснований столбиков отличаются на 0,8 м. При этом тени, отбрасываемые столбиками, отличаются на 0,4 м. Найти высоту, на которую подвешен фонарь.

Высокий уровень

1. Вертикальный шест высотой 1 м, поставленный недалеко от уличного фонаря, отбрасывает тень длиной 80 см. Если расстояние между фонарным столбом и шестом увеличить на 1,5 м, то длина тени возрастает до 1,3 м. На какой высоте H находится фонарь?
2. Теплоход проходит мимо стоящей на якоре шхуны. В момент наибольшего сближения боцман шхуны вытягивает руку вперед и, глядя только правым глазом, заслоняет большим пальцем вытянутой руки нос теплохода. Открыв левый глаз и закрыв правый, он видит, что теперь его палец закрывает корму теплохода. Боцман мгновенно и довольно точно называет расстояние до теплохода. Попробуйте и вы это сделать, если известно, что длина теплохода 100 м, длина вытянутой руки боцмана 60 см, расстояние между зрачками 65 мм.
3. Оцените размер области поверхности Земли, где одновременно наблюдается солнечное затмение (полное или частичное). Радиус Солнца $7 \cdot 10^5$ км, радиус Луны 1700 км. Расстояние от Земли до Солнца $1,5 \cdot 10^8$ км, от Земли до Луны $3,8 \cdot 10^5$ км.
4. В ясный безоблачный вечер лучи заходящего солнца попадают в затемнённую комнату через узкую горизонтальную щель в став-

не. Длина щели 6 см, расстояние от окна до противоположной стены 3 м. Какова форма светового пятна на стене, если солнечные лучи падают на неё под прямым углом? Оцените размеры светового пятна. Что произойдёт с пятном, если уменьшать ширину щели? Длину?

5. Солнечные лучи, проходя сквозь маленькие отверстия в листе дерева, дают на земле светлые пятна в форме эллипсов одинаковой формы, но разных размеров. Большая ось самых крупных эллипсов 16 см, а малая ось 12 см. Какова высота H дерева? Под каким углом к горизонту падают солнечные лучи? Угловой размер солнечного диска $9,3 \cdot 10^{-3}$ рад.
6. Горизонтальный линейный светильник длиной 2 м, закреплённый на столбе высотой 5 м, освещает вертикальный квадратный щит со стороной 3 м, расположенный на поверхности земли на расстоянии 4 м от столба. Найти размеры тени и полутени, если светильник параллелен плоскости щита.

*Самостоятельная
работа*

12

ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА

Начальный уровень

1. Покажите на чертеже углы падения и отражения света. Сформулируйте закон отражения света.
2. Угол падения светового луча на отражающую поверхность 80° . Покажите этот угол на чертеже; изобразите на нем отраженный луч.
3. Чему равен угол падения луча на плоское зеркало, если угол между падающим лучом и отраженным равен 60° ?
4. Луч света падает на плоское зеркало под углом 40° к его поверхности. Чему равен угол отражения?
5. Луч света падает на плоское зеркало под углом 30° к его поверхности. Чему равен угол между падающим лучом и отраженным?
6. При каком угле падения угол между падающим лучом и отраженным равен 60° ?

Средний уровень

1. Луч света падает на плоское зеркало. Во сколько раз угол между падающим лучом и отраженным больше угла падения?

2. Угол между падающим лучом и плоским зеркалом равен углу между падающим лучом и отраженным. Чему равен угол падения?
3. Как изменится угол между падающим на плоское зеркало и отраженным лучами при уменьшении угла падения на 5° ?
4. Угол между падающим и отраженным лучами составляет 50° . Под каким углом к зеркалу падает свет?
5. $2/3$ угла между падающим и отраженным лучами составляют 80° . Чему равен угол падения луча?
6. Угол падения луча на плоское зеркало увеличили от 30° до 45° . Как изменится угол между падающим и отраженным лучом?

Достаточный уровень

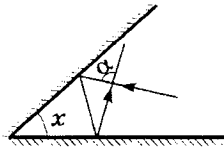
1. а) Почему в темной комнате видны только те предметы, на которые в данный момент направлен свет фонарика?
б) Пучок параллельных лучей идет из проекционного аппарата в горизонтальном направлении. Как надо расположить плоское зеркало, чтобы после отражения пучок шел вертикально? Сделайте чертеж и объясните ответ.
2. а) Почему окна домов днем всегда кажутся более темными, чем стены дома, даже если стены окрашены в темный цвет?
б) Требуется осветить дно колодца, направив на него солнечные лучи. Как надо расположить плоское зеркало, если лучи Солнца падают к земной поверхности под углом 60° ?
3. а) Отраженный от гладкой поверхности предмета пучок света всегда менее ярк, чем падающий. Почему?
б) Лучи, идущие от Солнца, образуют с горизонтом угол 24° . Как, используя плоское зеркало, направить их параллельно линии горизонта?
4. а) Справедлив ли закон отражения света в случае падения света на лист белой бумаги?
б) Как надо расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление солнечного луча на горизонтальное, если луч, проходя сквозь малое отверстие в ставне, образует с горизонтальной поверхностью стола угол 50° ?
5. а) Почему в свете фар автомобиля лужа на асфальте кажется водителю темным пятном?
б) На стене вертикально висит зеркало так, что его верхний край находится на уровне верхней части головы человека. Длина зеркала 80 см. Выше какого роста человек не сможет увидеть себя во весь рост?
6. а) Чем отличается зеркальное отражение от диффузного?

б) Солнечные лучи составляют с поверхностью Земли угол 40° . Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление луча внутрь узкой трубы, врытой вертикально в песок?

Высокий уровень

1. а) Можно ли увидеть поверхность зеркала?

б) Два плоских зеркала образуют двугранный угол. На одно из зеркал под некоторым углом падает световой луч, лежащий в плоскости, перпендикулярной к ребру двугранного угла. После однократного отражения от каждого из зеркал, этот луч пересекает падающий луч под углом α . Определите величину двугранного угла x .



2. а) Почему, находясь в комнате, трудно увидеть днем свое отражение в оконном стекле?

б) Два зеркала образуют двугранный прямой угол. На эту систему зеркал падает луч, перпендикулярный ребру угла. Как изменится направление распространения света после отражения от двух плоских зеркал?

3. а) В утренние и предвечерние часы отражение Солнца в спокойной воде ослепительно яркое, а в полдень его можно рассмотреть, не жмурясь. Объясните это явление.

б) Два зеркала образуют двугранный угол φ . На одно из них падает под углом α луч, перпендикулярный ребру угла. На какой угол отклонится этот луч после двух отражений?

4. а) Является ли отражение света от киноэкрана зеркальным или рассеянным?

б) Небольшой предмет расположен между двумя плоскими зеркалами, поставленными под углом $\alpha = 30^\circ$, на расстоянии $l = 10$ см от линии пересечения зеркал ближе к одному из зеркал. На каком расстоянии x друг от друга находятся первые мнимые изображения предмета в зеркалах?

5. а) Юный рыбак, сидя на берегу озера, видит на гладкой поверхности воды изображение утреннего Солнца. Куда переместится это изображение, если он будет наблюдать его стоя?

- б) Перед плоским зеркалом, составляющим с вертикалью угол 30° , расположен карандаш так, что его изображение лежит в зеркале в горизонтальной плоскости. Под каким углом расположены друг к другу карандаш и его изображение в зеркале? Решить задачу для случая, когда один из концов карандаша касается плоскости зеркала.
6. а) На поверхности озера или моря против Луны видна сверкающая лунная дорожка. Объясните, как она образуется? Можно ли наблюдать лунную дорожку на идеально гладкой, спокойной поверхности воды? Почему дорожка всегда направлена на наблюдателя?
- б) Два плоских зеркала расположены под углом друг к другу, и между ними помещён точечный источник света. Изображение источника в первом зеркале находится на расстоянии $a_1 = 6$ см, а во втором зеркале — на расстоянии $a_2 = 8$ см от источника. Расстояние между изображениями источника $l = 10$ см. Найти угол φ между зеркалами.

Самостоятельная
работа

13

ИЗОБРАЖЕНИЕ В ПЛОСКОМ ЗЕРКАЛЕ

Начальный уровень

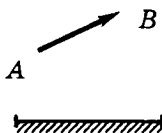
1. Человек идет по направлению к плоскому зеркалу со скоростью 2 м/с. С какой скоростью он приближается к своему изображению?
2. Девочка стоит в полутора метрах от плоского зеркала. На каком расстоянии от себя она видит в нем свое изображение?
3. Человек стоит перед вертикальным плоским зеркалом на расстоянии 1 м от него. Каково расстояние от человека до его изображения?
4. На столе лежит зеркало. Как изменится изображение люстры в этом зеркале, если закрыть половину зеркала?
5. Какие (печатные) буквы алфавита не изменяются при отражении в плоском зеркале?
6. Человек приближается к плоскому зеркалу со скоростью 1 м/с. С какой скоростью нужно удалять зеркало от человека, чтобы расстояние между человеком и его изображением не менялось?

Средний уровень

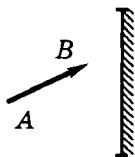
1. Предмет находится от плоского зеркала на расстоянии 20 см. На каком расстоянии от предмета окажется его изображение, если предмет отодвинуть на 10 см от зеркала?
2. С какой скоростью движется изображение придорожных столбов в плоском зеркале водителя автомобиля, если его скорость равна v ?
3. В каком случае поверхность рассеивает падающий на нее свет? Почему?
4. Каковы особенности изображения, получаемого с помощью плоского зеркала?
5. Как изменится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в то место, где было изображение?
6. Почему изображение предмета в плоском зеркале называют мнимым?

Достаточный уровень

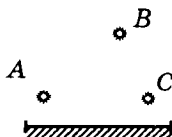
1. Постройте изображение предмета AB в плоском зеркале. Определите графически область видения этого предмета в зеркале.



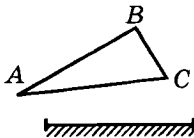
2. Постройте изображение предмета AB в плоском зеркале. Определите графически область видения этого предмета в зеркале.



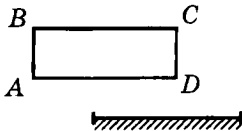
3. Постройте изображение трех светящихся точек A , B и C в плоском зеркале. Определите графически область видения изображения всех точек в зеркале.



4. Постройте изображение треугольника ABC в плоском зеркале. Определите графически область видения изображения.



5. Постройте изображение прямоугольника $ABCD$ в плоском зеркале. Определите графически область видения изображения.

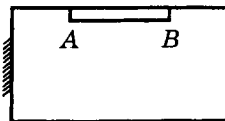


6. Постройте изображение многоугольника в плоском зеркале. Определите графически область видения изображения.

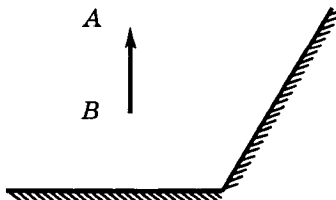


Высокий уровень

1. В каких точках комнаты должен находиться человек, чтобы видеть в зеркале экран телевизора AB целиком?

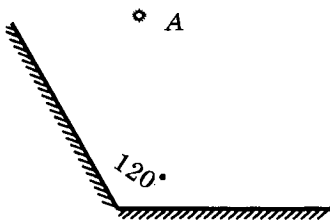


2. Два плоских зеркала расположены под углом друг к другу и перед ними помещен предмет AB . Где следует расположить глаз наблюдателя, чтобы одновременно видеть все изображения, даваемые зеркалами?

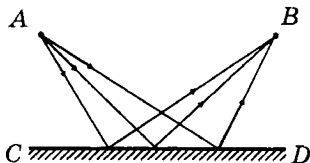


3. Два зеркала расположены под углом 120° друг к другу и перед ними помещен точечный источник света A . Где следует распо-

ложить глаз наблюдателя, чтобы одновременно видеть все изображения, даваемые зеркалами?



4. Как следует расположить два плоских зеркала, чтобы светящаяся точка и два ее изображения лежали в вершинах равностороннего треугольника? Задачу решить графически.
5. Луч света, идущий из точки A , приходит в точку B , отразившись от плоского зеркала CD . Докажите, что «подчиняясь» закону отражения, луч «выбирает» кратчайший путь.



6. В комнате длиной L и высотой H висит на стене плоское зеркало. Человек смотрит в зеркало, находясь на расстоянии l от стены, на которой оно висит. Какова должна быть минимальная высота h зеркала, чтобы он мог увидеть в нём изображение стены, которая находится у него за спиной, во всю её высоту?

Самостоятельная
работа

14

ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА

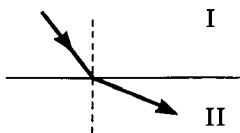
Начальный уровень

1. Покажите на рисунке углы падения и преломления для луча, падающего на границу раздела двух сред.
2. Какой угол — падения или преломления — будет больше в случае перехода луча света из воздуха в стекло? Сделайте чертёж.

3. Какой угол — падения или преломления — будет больше в случае перехода луча света из стекла в воздух? Сделайте чертёж.
4. В каком случае угол преломления луча равен углу падения?
5. Что такое относительный показатель преломления? Каковы его значения?
6. Что такое абсолютный показатель преломления? Каковы его значения?

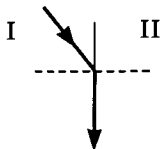
Средний уровень

1. а) На рисунке изображено преломление луча света на границе двух сред. Какая среда оптически более плотная?



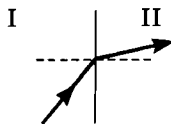
б) Почему изображение предмета в воде всегда менее ярко, чем сам предмет?

2. а) На рисунке изображено преломление луча света на границе двух сред. Какая среда оптически более плотная?



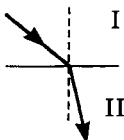
б) При каких условиях угол преломления равен углу падения?

3. а) На рисунке изображено преломление луча света на границе двух сред. Какая среда оптически более плотная?

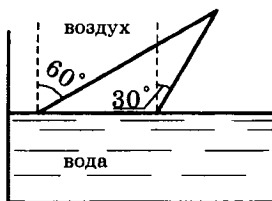


б) Луч света падает на поверхность воды под углом 50° . Каков угол преломления луча в воде?

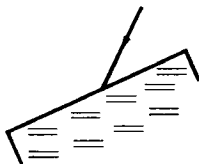
4. а) На рисунке изображено преломление луча света на границе двух сред. Какая среда оптически более плотная?



- б) Луч переходит из воды в стекло. Найти угол падения, если угол преломления равен $28,5^\circ$.
5. а) Начертить ход лучей, изображенных на рисунке.



- б) Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения?
6. а) Луч света падает из воздуха в стекло. Изобразите дальнейший ход луча.



- б) Луч света падает на границу раздела сред воздух – жидкость под углом 45° и преломляется под углом 30° . Каков показатель преломления жидкости? При каком угле падения угол между отражённым и преломлённым лучами составит 90° ?

Достаточный уровень

- а) Почему ложка, поставленная в стакан с водой, кажется изогнутой?

б) Кажущаяся глубина водоёма 3 м. Определите истинную глубину водоёма. Показатель преломления воды 1,33.
- а) Почему, находясь в лодке, трудно попасть копьём в рыбу, плавающую невдалеке?

б) Луч, отражённый от поверхности стекла с показателем преломления 1,7, образует с преломлённым лучом прямой угол. Определить угол падения и угол преломления.
- а) Любой водоем, дно которого хорошо видно, всегда кажется мельче, чем в действительности. Почему?

б) В дно пруда вбили вертикально шест высотой 1 м. Определите длину тени от шеста на дне пруда, если угол падения солнечных лучей 60° , а шест целиком находится под водой. Показатель преломления воды 1,33.

4. а) Почему изображение предмета в воде всегда менее ярко, чем сам предмет?
 б) На дне ручья лежит камешек. Мальчик хочет толкнуть его палкой. Прицеливаясь, мальчик держит палку под углом 45° . На каком расстоянии от камешка воткнётся палка в дно ручья, если его глубина 50 см?
5. а) Камушки, лежащие на дне водоема, кажутся колеблющимися, если поверхность воды в водоеме не совсем спокойная. Почему?
 б) Свая вбита в дно реки и возвышается над водой на 1 м. Глубина реки 2 м. Определите длину тени сваи на поверхности воды и на дне реки, когда высота солнца над горизонтом $\alpha = 30^\circ$.
6. а) Если посмотреть на окружающие тела через теплый воздух, поднимающийся от костра, то они кажутся «дрожащими». Почему?
 б) На горизонтальном дне водоёма, имеющего глубину 1,2 м, лежит плоское зеркало. Луч света падает на поверхность воды под углом 30° . На каком расстоянии от места падения этот луч снова выйдет на поверхность воды после отражения от зеркала? Показатель преломления воды 1,33.

Высокий уровень

1. В ясный солнечный день стоящий на дне озера водолаз видит в водном «зеркале» у себя над головой отражение всех участков дна, находящихся от него на расстоянии 10 м и более. Какова глубина озера? Рост водолаза 1,7 м.
2. Если смотреть сверху на неглубокий водоём с чистой водой, то дно хорошо видно, однако глубина водоёма кажется меньшей, чем она есть в действительности. Во сколько раз?
3. Тонкая стеклянная сфера радиусом 25 см с показателем преломления стекла 1,5 заполнена водой с показателем преломления 1,33. На сферу падает пучок параллельных лучей. Определить площадь поверхности, в пределах которой лучи проникают в воду.
4. Рыба, находящаяся на глубине 1 м, смотрит вертикально вверх в глаза рыболову. Голова рыболова находится на высоте 1,5 м над водой. Каким покажется рыбе расстояние до головы рыболова?
5. В сосуд налиты две несмешивающиеся жидкости с показателями преломления $n_1 = 1,3$ и $n_2 = 1,5$. Сверху находится жидкость с показателем преломления n_1 . Толщина её слоя 3 см. Толщина слоя второй жидкости 5 см. На каком расстоянии от поверхности жидкости будет казаться расположенным дно сосуда, если смотреть на него сверху через обе жидкости?
6. На дне бассейна, заполненного водой, лежит плоское зеркало. Человек смотрит вертикально вниз с бортика бассейна и видит отражение своего лица. На каком расстоянии от поверхности во-

ды оно находится? Глубина бассейна 2 м, расстояние от лица человека до поверхности 2 м.

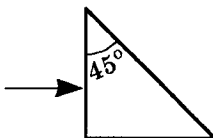
Самостоятельная
работа

15

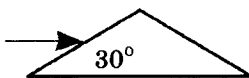
ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА В ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПЛАСТИНКЕ И ПРИЗМЕ

Начальный уровень

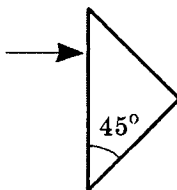
1. Начертить ход луча света через призму, изображённую на рисунке.



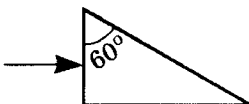
2. Начертить ход луча света через призму, изображённую на рисунке.



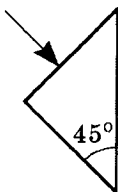
3. Начертить ход луча света через призму, изображённую на рисунке.



4. Начертить ход луча света через призму, изображённую на рисунке.



5. Начертить ход луча света через призму, изображённую на рисунке.



6. Начертить ход луча света через призму, изображённую на рисунке.

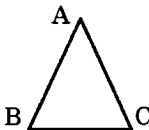


Средний уровень

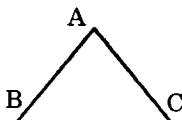
1. На плоскопараллельную пластинку из стекла падает луч света под углом 60° . Толщина пластинки 2 см. Вычислите смещение луча, если показатель преломления стекла 1,5.
2. Смещение луча света, вызываемое его прохождением через стеклянную плоскопараллельную пластинку, равно 3 см. Какова толщина пластинки, если угол падения луча на пластинку равен 60° , а показатель преломления стекла 1,5.
3. Луч света падает из воздуха на плоскопараллельный слой глицерина. Определите толщину слоя глицерина, если угол падения луча 45° , боковое смещение луча 0,03 см, а показатель преломления глицерина 1,47.
4. Луч света падает из воздуха на плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления 1,73 под углом 60° . Какова толщина пластинки, если при выходе из неё луч света сместится на 2 см?
5. На плоскопараллельную пластинку толщиной 10 см падает луч света под углом 40° . Проходя через пластинку, он смещается на 3 см. Найти показатель преломления вещества пластинки.
6. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом α , синус которого равен 0,8. Вышедший из пластинки луч оказался смещённым относительно продолжения падающего пучка на расстояние 2 см. Какова толщина пластинки, если показатель преломления стекла 1,7?

Достаточный уровень

1. Показать ход луча света через призму, преломляющий угол которой $A = 50^\circ$, а показатель преломления 1,74. Угол падения луча на левую грань равен 60° .



2. Преломляющий угол призмы 45° . Луч света выходит из призмы под тем же углом, под которым он в неё входит. При этом луч отклоняется от первоначального направления на угол 25° . Определите показатель преломления материала призмы.
3. Нижняя поверхность плоскопараллельной стеклянной пластинки посеребрена. На пластинку сверху падает луч света. В результате от неё отражаются два параллельных луча, идущих на расстоянии 20 мм друг от друга. Определите толщину пластинки, если угол падения луча равен 60° .
4. Преломляющий угол призмы $A = 80^\circ$. На её левую грань падает световой луч под углом 60° . Покажите ход луча через призму, если показатель преломления вещества, из которого изготовлена призма, равен 1,73.



5. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом 60° к нормали. Определить, под каким углом он выйдет из пластинки и на сколько сместится выходящий луч, если толщина пластинки равна 10 см.
6. Плоскопараллельная стеклянная пластинка толщиной 4,2 см находится в воде. Луч света падает на пластинку под углом 60° . Под каким углом луч, пройдя сквозь пластинку, выйдет из неё? Каково смещение луча при выходе его из пластинки? Абсолютные показатели преломления воды и стекла равны соответственно 1,33 и 1,5.

Высокий уровень

1. Одна из граней стеклянной призмы с преломляющим углом 60° примыкает к воде. На другую грань падает под углом 40° луч света, который после двукратного преломления входит в воду.

Под каким углом луч света выходит из призмы? Каков угол отклонения луча от первоначального направления? Под каким углом следует направить луч света на грань призмы, чтобы он не вышел в воду? Абсолютные показатели преломления стекла и воды равны соответственно 1,6 и 1,3.

2. Луч света падает под углом 45° на плоскопараллельную стеклянную пластинку. Начертить ход лучей: отражённых, преломлённых и выходящих из пластинки. Найти направление выходящих лучей и смещение лучей внутри пластинки. Толщина пластинки 10 см.
3. Сечение стеклянной призмы имеет форму равнобедренного треугольника. Одна из граней посеребрена. Луч света падает нормально на другую непосеребренную грань и после двух отражений выходит через основание призмы перпендикулярно ему. Найдите углы призмы.
4. Найти положение изображения объекта, расположенного на расстоянии 4 см от передней поверхности плоскопараллельной стеклянной пластинки толщиной 1 см, посеребренной с задней стороны, считая, что показатель преломления пластинки равен 1,5. Изображение рассматривается перпендикулярно к поверхности пластинки.
5. Монохроматический луч света падает перпендикулярно на боковую грань призмы с преломляющим углом 30° и выходит из призмы под углом $64^\circ 10'$. Определить показатель преломления материала, из которого изготовлена призма.
6. На боковую грань равнобедренной призмы падает луч, идущий параллельно основанию призмы. При каких условиях луч, пройдя призму, не изменит своего направления? Сделать построения.

*Самостоятельная
работа*

16

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЛИНЗАХ

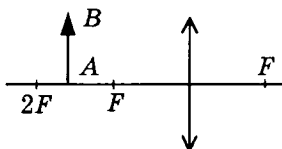
Начальный уровень

1. Что такое линза? Каковы ее свойства? Какие типы линз вы знаете?
2. Что мы называем главной оптической осью линзы? Изобразите ее на рисунке. Начертите побочную оптическую ось.

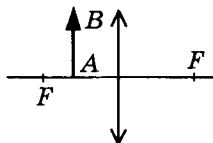
3. Что такое фокус линзы? Сколько фокусов имеет линза? Покажите их на рисунке.
4. Изобразите схематично выпуклую и вогнутую линзы. Проведите их оптические оси, обозначьте оптические центры этих линз. Укажите фокусы линз.
5. Как преломляет лучи выпуклая линза? Почему ее называют собирающей? Покажите ход произвольного луча через собирающую линзу.
6. Как преломляет лучи вогнутая линза? Почему ее называют рассеивающей? Покажите ход произвольного луча через рассеивающую линзу.

Средний уровень

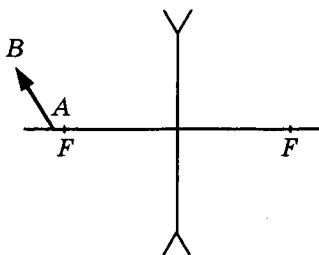
1. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



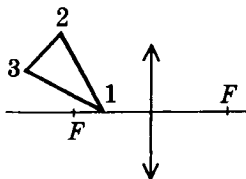
2. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



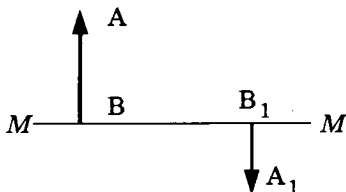
3. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



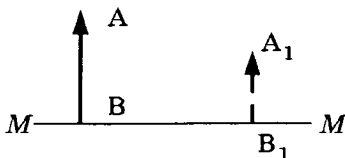
4. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



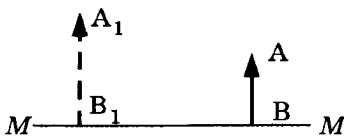
5. На рисунке показаны главная оптическая ось MM линзы, предмет AB и его изображение A_1B_1 . Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.



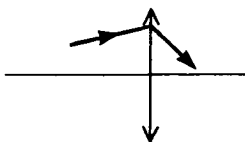
6. На рисунке показаны главная оптическая ось MM линзы, предмет AB и его изображение A_1B_1 . Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.



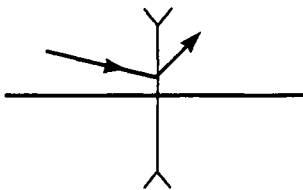
7. На рисунке показаны главная оптическая ось MM линзы, предмет AB и его изображение A_1B_1 . Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.



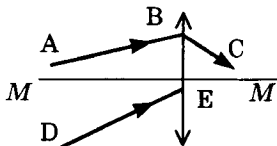
8. Определите построением положение фокусов линзы, если задана главная оптическая ось и ход произвольного луча.



9. Определите построением положение фокусов линзы, если задана главная оптическая ось и ход произвольного луча.



10. На рисунке показано положение оптической оси MM тонкой линзы и ход луча ABC . Найдите построением ход произвольного луча DE .



Достаточный уровень

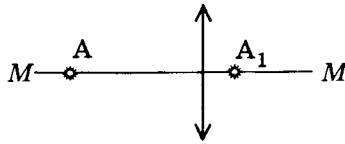
1. Определите построением, где находится оптический центр тонкой линзы и ее фокусы, если MM — главная оптическая ось линзы, A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. Определите также тип линзы и тип изображения.



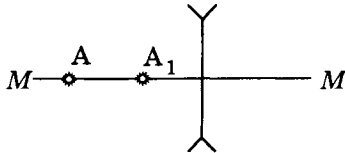
2. Определите построением, где находится оптический центр тонкой линзы и ее фокусы, если MM — главная оптическая ось линзы, A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. Определите также тип линзы и тип изображения.



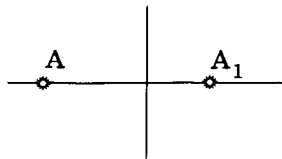
3. Определите построением положение фокусов линзы, если A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. MM — главная оптическая ось линзы.



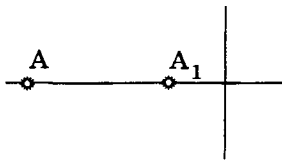
4. Определите построением положение фокусов линзы, если A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. MM — главная оптическая ось линзы.



5. Даны точки A и A_1 на оси линзы неизвестной формы. Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая). Постройте фокусы линзы.



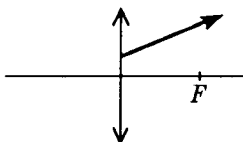
6. Даны точки A и A_1 на оси линзы неизвестной формы. Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая). Постройте фокусы линзы.



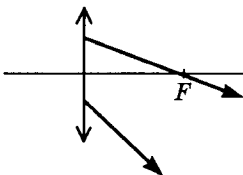
7. На рисунке показан ход луча относительно главной оптической оси тонкой линзы MM . Определить положение линзы и ее фокусов.



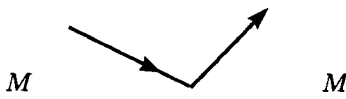
8. На рисунке показан ход луча после преломления в собирающей линзе. Найти построением ход этого луча до линзы.



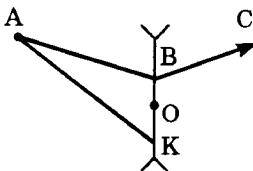
9. Найти построением положение светящейся точки, если известен ход двух лучей после их преломления в линзе. Один из этих лучей пересекается с главной оптической осью линзы в ее фокусе.



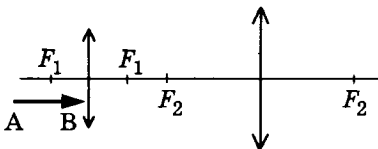
10. На рисунке показан ход луча относительно главной оптической оси тонкой линзы MM . Определить положение линзы и ее фокусов.



11. Светящаяся точка расположена перед рассеивающей линзой. Построить ход произвольного луча AK , падающего на рассеивающую линзу. Положение оптического центра O линзы и ход луча ABC заданы.

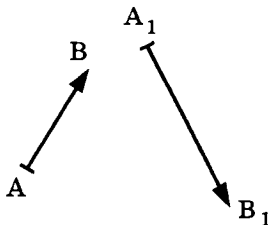


12. На рисунке показано положение двух собирающих линз и их главные фокусы. Построить дальнейший ход луча AB .

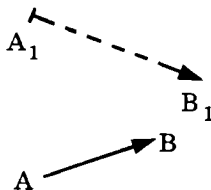


Высокий уровень

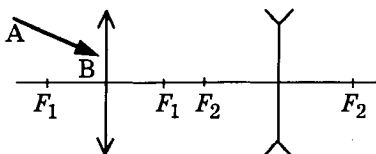
1. На рисунке показано положение предмета AB и его изображения A_1B_1 . Найти построением положение линзы и расположение ее фокусов.



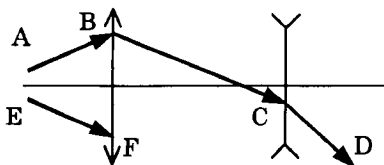
2. На рисунке показано положение предмета AB и его изображения A_1B_1 . Найти построением положение линзы и расположение ее фокусов.



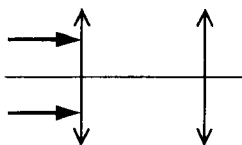
3. На рисунке показано расположение двух линз. F_1 — главный фокус собирающей линзы, F_2 — главный фокус рассеивающей линзы. Построить дальнейший ход луча AB .



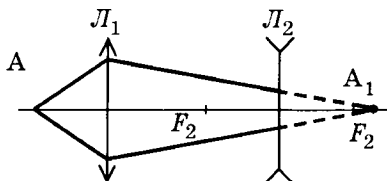
4. На рисунке показано расположение двух линз и ход луча AB после преломления в линзах. Построить дальнейший ход луча EF .



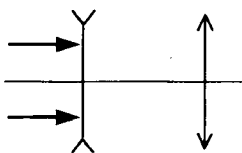
5. Где должны находиться фокусы двух линз, чтобы параллельные лучи, пройдя через линзы, оставались параллельными?



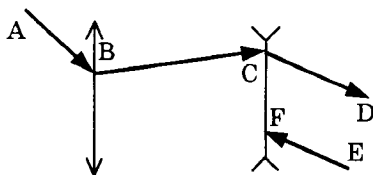
6. Собирающая линза L_1 дает в точке A_1 действительное изображение точечного источника A , расположенного на оптической оси линзы. Между линзой L_1 и источником A_1 поставлена рассеивающая линза L_2 , положения фокусов которой заданы. Найти построением новое положение изображения источника. Рассмотреть случай, когда расстояние между A_1 и L_2 больше фокусного расстояния линзы L_2 .



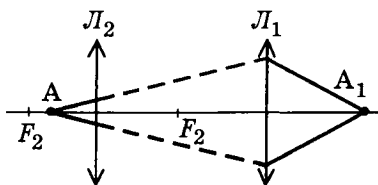
7. Где должны находиться фокусы двух линз, чтобы параллельные лучи, пройдя через линзы, оставались параллельными?



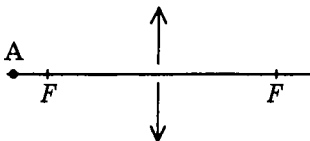
8. На рисунке показано расположение двух линз и ход луча AB после преломления в линзах. Построить дальнейший ход луча EF .



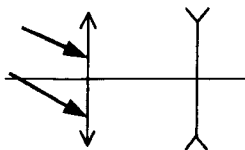
9. Собирающая линза L_1 дает в точке A_1 действительное изображение точечного источника A , расположенного на оптической оси линзы. Между источником A и линзой L_1 поставлена еще одна собирающая линза L_2 , положение фокусов которой заданы. Найти построением новое положение изображения источника. Рассмотреть случай, когда расстояние между A и L_2 меньше фокусного расстояния линзы L_2 .



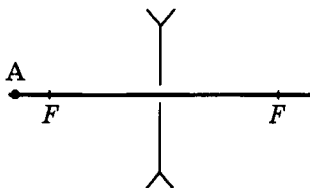
10. Линза разрезается плоскостью вдоль оптической оси на две равные части, которые раздвигаются на 1 см симметрично относительно оптической оси. Построить изображение светящейся точки A .



11. Как надо расположить две линзы, чтобы параллельные лучи, пройдя через линзы, остались параллельными?



12. Линза разрезается плоскостью вдоль оптической оси на две равные части, которые раздвигаются на 1 см симметрично относительно оптической оси. Построить изображение светящейся точки A .



ФОРМУЛА ТОНКОЙ ЛИНЗЫ

Начальный уровень

1. У одной линзы фокусное расстояние равно 0,25 м, у другой — 0,4 м. Какая из них обладает большей оптической силой?
2. Оптические силы трех линз таковы: $-0,5$ дптр, 2 дптр, $-1,5$ дптр. Есть ли среди них рассеивающие линзы? собирающие?
3. Линзы имеют следующие значения оптической силы: 1,5 дптр, 3 дптр. У какой из линз фокусное расстояние больше?
4. Оптическая сила линзы 10 дптр. Чему равно ее фокусное расстояние?
5. Одна из линз имеет оптическую силу, равную 50 дптр, другая — 2 дптр. Какую из них можно назвать длиннофокусной? Почему?
6. У одной линзы фокусное расстояние равно 40 см, у другой — 60 см. Какая из них обладает большей оптической силой? Во сколько раз?

Средний уровень

1. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 6 см получают мнимое изображение рассматриваемой монеты на расстоянии 18 см от линзы. На каком расстоянии от линзы помещена монета?
2. Определите фокусное расстояние рассеивающей линзы, если предмет находится от линзы на расстоянии 15 см, а его изображение получается на расстоянии 6 см от линзы.
3. Найдите фокусное расстояние и оптическую силу собирающей линзы, если известно, что изображение предмета, помещенного на расстоянии 30 см от линзы, получается по другую сторону линзы на таком же расстоянии от неё.
4. На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 см получится изображение предмета, если сам предмет находится от линзы на расстоянии 15 см?
5. Свеча находится на расстоянии 12,5 см от собирающей линзы, оптическая сила которой равна 10 дптр. На каком расстоянии от линзы получается изображение свечи?
6. Каково фокусное расстояние собирающей линзы, дающей мнимое изображение предмета, помещенного перед ней на расстоянии 0,4 м? Расстояние от линзы до изображения 1,2 м.
7. Расстояние от мнимого изображения предмета до собирающей линзы, оптическая сила которой 2 дптр, равно 0,4 м. Определить расстояние от линзы до предмета.

8. Предмет расположен на расстоянии 0,15 м от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 0,3 м. На каком расстоянии от линзы получается изображение данного предмета?

Достаточный уровень

1. Расстояние между предметом и его изображением 72 см. Увеличение линзы равно 3. Найти фокусное расстояние линзы.
2. Тонкая линза с некоторым фокусным расстоянием F_1 создаёт прямое изображение предмета с увеличением $\Gamma_1 = \frac{2}{3}$. Каково будет увеличение Γ_2 , если, не изменяя расстояния между предметом и линзой, заменить линзу на рассеивающую с оптической силой $D_2 = -D_1$?
3. Предмет и экран находятся на расстоянии 1 м друг от друга. Перемещая между ними собирающую линзу, получают два положения, разделённых расстоянием 60 см, при которых она даёт чёткое изображение предмета на экране. Найти фокусное расстояние линзы.
4. С помощью тонкой линзы получается увеличенное в два раза действительное изображение плоского предмета. Если предмет сместить на 1 см в сторону линзы, то изображение будет увеличенным в три раза. Чему равно фокусное расстояние линзы?
5. Если расстояние предмета от линзы 36 см, то высота изображения 10 см. Если же расстояние предмета от линзы 24 см, то высота изображения 20 см. Определить фокусное расстояние линзы.
6. Точечный предмет движется по окружности со скоростью 3 м/с вокруг главной оптической оси собирающей линзы в плоскости, перпендикулярной к оси и отстоящей от линзы на расстоянии $d = 1,5 F$, где F — фокусное расстояние линзы. В каком направлении и с какой скоростью движется изображение предмета?
7. Собирающая линза с фокусным расстоянием 4 см даёт изображение точки, расположенной на расстоянии 12 см от линзы, несколько выше её оптической оси. На какое расстояние сместится изображение точки на экране при перемещении линзы на расстояние 3 см вниз от её первоначального положения?
8. Определите оптическую силу рассеивающей линзы, если она даёт изображение предмета на расстоянии 6 см от самого предмета. Высота предмета 8 см, высота изображения 4 см.

Высокий уровень

1. Расстояние между двумя точечными источниками света 32 см. Где следует поместить между ними собирающую линзу с фокусным расстоянием 12 см, чтобы изображения обоих источников оказались в одной точке?

2. Высота изображения предмета на плёнке в фотоаппарате при съёмке с расстояния 2 м равна 30 мм, а при съёмке с расстояния 3,9 м высота равна 15 мм. Определить фокусное расстояние объектива фотоаппарата.
3. Свеча находится на расстоянии 3,75 м от экрана. Между ними помещают собирающую линзу, которая даёт на экране чёткое изображение свечи при двух положениях линзы. Найти фокусное расстояние линзы, если расстояние между положениями линзы равно 0,75 м.
4. Точечный источник света, расположенный на расстоянии 1,2 м от рассеивающей линзы, приближают к ней вдоль главной оптической оси до расстояния 0,6 м. При этом мнимое изображение источника проходит расстояние вдоль оси 10 см. Найти фокусное расстояние линзы.
5. Автомобиль движется со скоростью 72 км/ч на расстоянии 500 м от фотоаппарата. Фокусное расстояние телеобъектива фотоаппарата 50 см. Какова должна быть экспозиция Δt , чтобы размытость изображения не превышала $\Delta x = 10^{-4}$ м?
6. Собирающая линза даёт изображение некоторого объекта на экране. Высота изображения равна h_1 . Оставляя неподвижным экран и объект, начинают двигать линзу к экрану и находят, что при втором четком изображении объекта высота изображения равна h_2 . Найти действительную высоту предмета h . Какому условию должно удовлетворять расстояние L между объектом и экраном?
7. Предмет находится на расстоянии 45 см от экрана. С помощью линзы получают на экране уменьшенное изображение предмета. Перемещая линзу, получают на экране другое изображение, в $n = 4$ раза больше первого. Каково фокусное расстояние F линзы?
8. С помощью линзы с фокусным расстоянием F на экране получают уменьшенное и увеличенное изображение предмета, находящегося на расстоянии L от экрана. Найдите отношение размеров изображений.

*Самостоятельная
работа*

18

ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Начальный уровень

1. Какое изображение получается на сетчатке глаза?
2. Что служит главной частью фотоаппарата? Каково ее назначение?

3. В каком случае возникает близорукость и в каком — дальнозоркость?
4. Каким образом устраняются такие недостатки глаза, как близорукость и дальнозоркость?
5. Какие линзы применяют в очках, предназначенных для близоруких людей? дальнозорких?
6. Оптическая сила линз в очках -2 дптр. Для близорукого или дальнозоркого глаза эти очки?

Средний уровень

1. Определить оптическую силу объектива проекционного фонаря, если диапозитив высотой 5 см получается на экране высотой 2 м, когда экран удалён от объектива на 6 м.
2. Диапозитив имеет размеры 8×8 см. Определите фокусное расстояние объектива проекционного аппарата, если на экране, отстоящем на расстоянии 4 м от него, получается изображение 2×2 м.
3. С высоты 1 км сфотографирована река. Определить ширину реки, если на снимке она равна 4 см. Оптическая сила объектива фотоаппарата равна 8 дптр.
4. Определить увеличение телескопа, у которого объектив имеет главное фокусное расстояние 20 м, а окуляр даёт 8-кратное увеличение.
5. С какого расстояния нужно фотографировать здание длиной 50 м, чтобы весь фасад здания поместился на кадре плёнки размером 24×36 мм? Фокусное расстояние объектива равно 50 мм.
6. Высота здания на фотографическом снимке 7 см. Определите действительную высоту здания, если известно, что главное фокусное расстояние объектива равно 20 см, а аппарат при съёмке был поставлен на расстоянии 80 м от здания.

Достаточный уровень

1. Линзы с оптическими силами 5 дптр и 2,5 дптр находятся на расстоянии 0,9 м друг от друга. Какое изображение даст эта система, если предмет расположить на расстоянии 30 см перед первой линзой?
2. Собирающая линза с оптической силой 2 дптр и рассеивающая линза с оптической силой $-1,5$ дптр расположены на расстоянии 40 см друг от друга и имеют общую оптическую ось. Со стороны собирающей линзы на расстоянии 4 м от неё находится предмет АВ высотой 20 см. Определите, где и какое изображение предмета дадут эти линзы.
3. Две одинаковые тонкие собирающие линзы сложили вплотную так, что их оптические оси совпали, и поместили на расстояние

- 12,5 см от предмета. Какова оптическая сила системы и одной линзы, если действительное изображение, даваемое системой линз, было в четыре раза больше предмета?
4. Две линзы, выпуклую и вогнутую, сложили вплотную так, что их оптические оси совпали. Фокусное расстояние выпуклой линзы 10 см. Когда такую систему поместили на расстоянии 40 см от предмета, то по другую от неё сторону на экране получилось чёткое изображение предмета. Определить оптическую силу вогнутой линзы, если расстояние от предмета до экрана 1,6 м.
 5. Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием 30 см и плоского зеркала, находящегося на расстоянии 15 см от линзы. Определите положение изображения, даваемого этой системой, если предмет находится на расстоянии 15 см перед линзой.
 6. Ученик привик читать книгу, держа её на расстоянии 20 см от глаз. Какова должна быть оптическая сила очков, которые должен носить ученик, чтобы читать книгу, держа её на расстоянии наилучшего зрения 25 см?
 7. Близорукий человек читает без очков, держа книгу на расстоянии 10 см от глаз. Какова оптическая сила необходимых ему очков для чтения?
 8. Объектив фотоаппарата состоит из двух линз. Рассеивающая линза с фокусным расстоянием 50 мм расположена на расстоянии 45 см от плёнки. Где должна находиться собирающая линза с фокусным расстоянием 80 мм, чтобы на плёнке получились резкие изображения удалённых предметов?

Высокий уровень

1. Из трёх линз, расположенных вплотную друг к другу, составлена плоскопараллельная пластинка. Причём оптическая сила системы первой и второй линз равна 5 дптр, система второй и третьей — 4 дптр. Найти фокусное расстояние каждой из трёх линз.
2. Система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием 30 см и рассеивающей линзы с фокусным расстоянием -15 см. Линзы расположены на расстоянии 30 см друг от друга, их главные оптические оси совпадают. Где следует разместить точечный источник света, чтобы система давала пучок параллельных лучей?
3. Ближний и дальний пределы аккомодации глаза близорукого человека 10 см и 30 см. Человек носит очки, в которых хорошо видит удалённые предметы. На каком наименьшем расстоянии он может держать книгу, читая в этих очках?
4. На систему из трёх линз падает параллельный пучок лучей. Собирающая и рассеивающая линзы с фокусными расстояниями

- 10 см и 20 см находятся на расстоянии 15 см друг от друга. На каком расстоянии от рассеивающей линзы нужно расположить вторую собирающую линзу с фокусным расстоянием 10 см, чтобы выходящий из системы пучок лучей оставался параллельным?
5. Близорукий человек может чётко видеть предмет, если он находится на расстоянии не дальше 20 см от глаза. Какова должна быть оптическая сила очков, которые должен носить этот человек, чтобы чётко видеть удалённые предметы?
 6. Найти фокусное расстояние $F_{\text{общ}}$ системы двух собирающих линз, отстоящих на расстоянии l друг от друга, если фокусное расстояние одной из них равно F_1 , а второй — F_2 . Расстояние между линзами больше суммы их фокусных расстояний $F_1 + F_2$, оптические оси обеих линз совпадают.
 7. Рассеивающая и собирающая линзы с фокусными расстояниями 10 см и 15 см расположены на расстоянии 30 см друг от друга. На расстоянии 12 см от рассеивающей линзы на главной оптической оси находится точечный источник света. Найти расстояние между источником и его действительным изображением.
 8. Фокусное расстояние объектива микроскопа 3,5 мм, а увеличение микроскопа $\Gamma = 100$. Определите фокусное расстояние окуляра, если он расположен на расстоянии 12,4 см от объектива.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

*Начальный уровень***ВАРИАНТ 1**

- 1 При каком угле падения падающий и отраженный лучи составляют между собой прямой угол?
- 2 Фокусные расстояния трех линз соответственно равны 1,25 м; 0,5 м и 0,04 м. У какой линзы оптическая сила больше?
- 3 Зачем объективы у проекционных аппаратов и фотоаппаратов должны быть подвижными?

ВАРИАНТ 2

- 1 Угол между зеркалом и падающим на него лучом составляет 30° . Чему равен угол отражения луча?
- 2 Оптическая сила линзы 5 дптр. Вычислите ее фокусное расстояние. Какая это линза — рассеивающая или собирающая?
- 3 Как устроен фотоаппарат? Где и какое получают в нем изображение предметов?

ВАРИАНТ 3

- 1 Угол падения луча равен 25° . Чему равен угол между падающим и отраженным лучами?
- 2 Оптическая сила линзы $-2,5$ дптр. Вычислите ее фокусное расстояние. Какая это линза — рассеивающая или собирающая?
- 3 Как на ощупь (в темноте) можно отличить собирающую линзу от рассеивающей?

ВАРИАНТ 4

- 1 Угол падения луча равен 50° . Чему равен угол между падающим и отраженным лучами?
- 2 Оптическая сила линз у очков соответственно равна 1,25 дптр, 2 дптр и 5 дптр. У какой линзы фокусное расстояние меньше?

- 3 Какой дефект зрения (близорукость или дальнозоркость) у человека, пользующегося очками с собирающими линзами? Обоснуйте свой ответ.

ВАРИАНТ 5

- 1 При каком угле падения падающий и отраженный лучи составляют между собой угол 120° ?
- 2 Фокусное расстояние линзы равно 40 см. Какова ее оптическая сила?
- 3 Какие линзы (собирающие или рассеивающие) в очках, предназначенных для близоруких людей? Обоснуйте свой ответ.

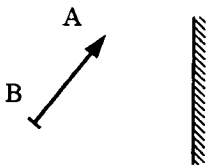
ВАРИАНТ 6

- 1 При каком угле падения луча на зеркало падающий и отраженный лучи совпадают?
- 2 Какой угол — падения или преломления — будет больше в случае перехода луча света из воздуха в алмаз? Сделайте соответствующий чертеж.
- 3 Какие очки предназначены для близорукого человека, а какие — для дальнозоркого, если оптические силы их линз таковы: +1 дптр; +2 дптр; -1,5 дптр; -2,5 дптр?

Средний уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Расстояние от предмета до его изображения в плоском зеркале равно 80 см. Чему равно расстояние от предмета до зеркала?
- 2 Какой оптический прибор по своему устройству наиболее похож на глаз человека?
- 3 Постройте изображение предмета AB в плоском зеркале. Какое это будет изображение? Почему? Определите графически область видения этого предмета.



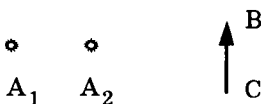
ВАРИАНТ 2

- 1 Чем отличается действительное изображение от мнимого?
- 2 Собирающую стеклянную линзу мальчик погрузил в воду. Изменилась ли при этом оптическая сила линзы?
- 3 Сделайте чертеж (см. рис.) и изобразите на нем тени и полутени от мяча, освещенного двумя источниками света A_1 и A_2 .



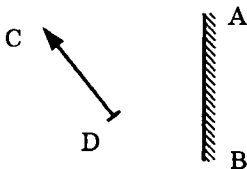
ВАРИАНТ 3

- 1 Почему, находясь в лодке, трудно попасть копьём (острогой) в рыбу, плавающую недалеко?
- 2 Почему в солнечный летний день нельзя днем поливать цветы в саду?
- 3 Перечертив рисунок в тетрадь, покажите на нем области тени и полутени, образуемые за непрозрачным предметом BC , который освещается двумя источниками света A_1 и A_2 .



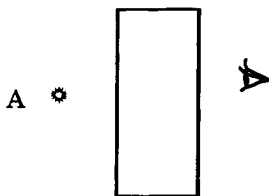
ВАРИАНТ 4

- 1 При каком условии собирающая линза может дать изображение предмета, равное по размеру самому предмету?
- 2 Когда оптическая сила глаза больше: при рассмотрении удаленных или близких предметов?
- 3 Постройте изображение предмета CD в плоском зеркале AB . Найдите область, в которой глаз будет видеть изображение всего предмета.



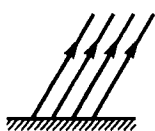
ВАРИАНТ 5

- 1 Луч света падает на плоскую границу раздела двух сред. Угол падения равен 40° , угол между отраженным лучем и преломленным 110° . Чему равен угол преломления?
- 2 Если читать книгу, держа ее очень близко или очень далеко от глаз, глаза быстро утомляются. Почему?
- 3 Между светящейся точкой A и глазом поместили плоскопараллельную пластинку. Построить изображение точки A .

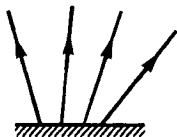


ВАРИАНТ 6

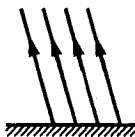
- 1 С какой скоростью удаляется предмет от зеркала, если изображение предмета удаляется от предмета со скоростью 80 см/с ?
- 2 На линзу объектива фотоаппарата села муха. Как это отразится на качестве снимка?
- 3 На рисунке показан ход отраженных от поверхности параллельных лучей. Какие из этих поверхностей зеркальные, какие имеют шероховатости? Почему? Объясните.



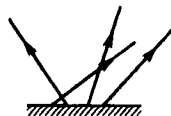
а)



б)



в)



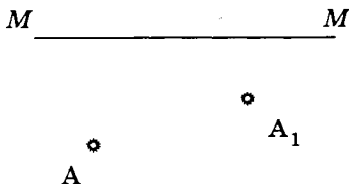
г)

Достаточный уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Почему в комнате, освещаемой одной лампой, получают довольно резкие тени от предметов, а в комнате, где источником освещения служит люстра, такие тени не наблюдаются?

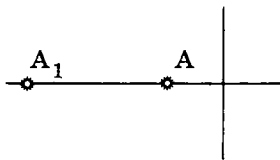
- 2 На рисунке показаны положение оптической оси MM тонкой линзы, светящейся точки A и ее изображения A_1 . Найдите построением положения центра линзы и ее фокусов. Какая это линза?



- 3 Предмет находится на расстоянии 40 см от собирающей линзы. Каким будет изображение предмета (действительным или мнимым, прямым или перевернутым, увеличенным или уменьшенным), если оптическая сила линзы 4 дптр?
- 4 Объектив проекционного аппарата имеет фокусное расстояние 15 см. На каком расстоянии нужно поместить диапозитив размером 9×12 см от объектива, чтобы получить на экране изображение размером 45×60 см?

ВАРИАНТ 2

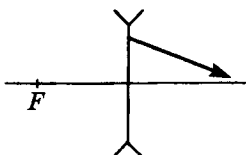
- 1 Тень от штанги футбольных ворот утром и вечером длиннее, чем днем. Меняется ли в течение дня длина тени от перекладины ворот?
- 2 Даны точки A и A_1 на оси линзы неизвестной формы. Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая). Постройте фокусы линзы.



- 3 В солнечный день длина тени на земле от человека ростом 1,8 м равна 90 см, а от дерева — 10 м. Какова высота дерева?
- 4 Чему равно главное фокусное расстояние собирающей линзы, если изображение предмета, расположенного от линзы на расстоянии 20 см, получилось увеличенным в 4 раза?

ВАРИАНТ 3

- 1 На крытых стадионах часто можно наблюдать, что у спортсменов, находящихся на поле, четыре тени. Чем это можно объяснить?
- 2 На рисунке показан ход луча после преломления в рассеивающей линзе. Найти построением ход этого луча до линзы.



- 3 Линза дает мнимое изображение предмета, расположенного на расстоянии 35 см от линзы. Может ли оптическая сила линзы быть равной 2,5 дптр? Рассмотрите случаи собирающей и рассеивающей линз.
- 4 Линза дает трехкратное увеличение предмета, находящегося на расстоянии 10 см от нее. Найти фокусное расстояние линзы.

ВАРИАНТ 4

- 1 Как влияют размеры источника света на ширину области полутени?
- 2 Из стекла двух сортов с различными показателями преломления изготовлена слоистая линза. Какое изображение точечного источника света даст эта линза? Считайте, что на границах между слоями свет полностью поглощается.

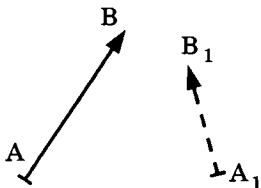


- 3 В солнечный день длина тени на земле от дома равна 40 м, а от дерева высотой 3 м длина тени равна 4 м. Какова высота дома?

- 4 С какого расстояния был сделан фотоснимок электрички, если высота вагона на снимке 9 мм, а действительная высота вагона 3 м? Фокусное расстояние объектива фотоаппарата 15 см.

ВАРИАНТ 5

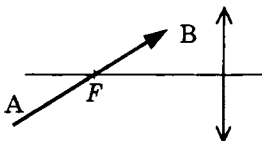
- 1 По какому признаку можно обнаружить, что вы оказались в получении некоторого предмета?
- 2 На рисунке показано положение предмета AB и его изображения A_1B_1 . Найти построением положение линзы и расположение ее фокусов.



- 3 Где может быть расположен предмет, если собирающая линза с фокусным расстоянием 20 см дает его действительное изображение? Каким будет это изображение — прямым или перевернутым?
- 4 Объектив фотоаппарата имеет фокусное расстояние 10,5 см. На каком расстоянии от объектива должен быть помещен предмет, чтобы снимок получился в 5 раз меньше размера предмета?

ВАРИАНТ 6

- 1 Как и почему меняются очертания тени и полутени человека, когда он удаляется вечером от фонаря уличного освещения?
- 2 Постройте изображение наклонной стрелки AB , проходящей через фокус собирающей линзы.

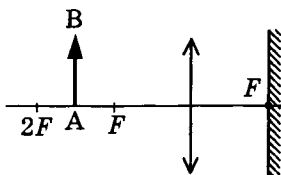


- 3 Уличный фонарь висит на высоте 3 м. Палка длиной 1,2 м, установленная вертикально в некотором месте, отбрасывает тень, длина которой равна длине палки. На каком расстоянии от основания столба расположена палка?
- 4 Расстояние между предметом и экраном 120 см. Где нужно поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием 25 см, чтобы на экране получилось отчетливое изображение предмета?

Высокий уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Пузырьки воздуха, расположенные на стеблях и листьях подводных растений кажутся серебристо-зеркальными. Почему?
- 2 Собирающая линза с фокусным расстоянием 20 см находится на расстоянии 10 см от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 60 см. Найти, на каком расстоянии от второй линзы получится изображение точки A , если сама светящаяся точка находится на расстоянии 30 см от первой линзы.
- 3 Постройте ход лучей и определите положение изображения предмета AB в оптической системе, состоящей из собирающей линзы и плоского зеркала.

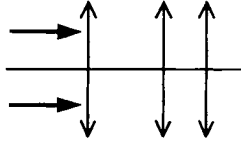


- 4 Человек, стоящий на берегу водоёма, видит в гладкой поверхности воды изображение солнца, высота которого над горизонтом составляет 25° . Присев на скамейку, он обратил внимание на то, что изображение солнца в воде приблизилось к нему на 240 см. Найти высоту скамейки, если рост человека равен 160 см.

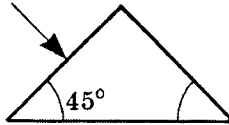
ВАРИАНТ 2

- 1 Как располагается радуга относительно Солнца? Почему она имеет форму дуги?

- ② Собирающая линза даёт в три раза увеличенное действительное изображение предмета. Чтобы получить в три раза увеличенное, но мнимое изображение, линзу передвинули в сторону предмета на 10 см. Каково фокусное расстояние и оптическая сила линзы?
- ③ Как надо расположить три собирающие линзы, чтобы параллельные лучи, пройдя через линзы, остались параллельными?

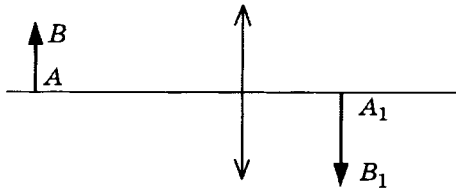


- ④ Построить дальнейший ход луча в призме. $n_{2,1} = 3$.



ВАРИАНТ 3

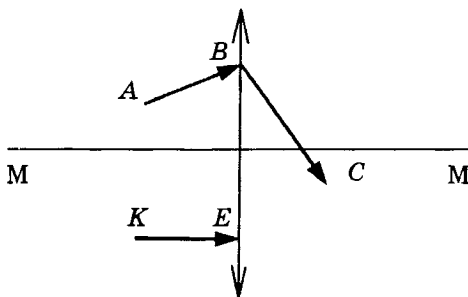
- ① Можно ли сказать, что изображение предмета в зеркале абсолютно ему идентично (одинаково с ним)?
- ② Две собирающие линзы с фокусными расстояниями 2 см и 20 см расположены на расстоянии 24 см друг от друга. Построить изображение предмета, находящегося на расстоянии 3 см от первой линзы. Найти увеличение Γ .
- ③ AB — предмет, A_1B_1 — изображение предмета, $\frac{A_1B_1}{AB} = 5$ Оптическая сила линзы 40 дптр. Найти расстояние от предмета до линзы и от изображения до линзы. Расчёт проверить построением.



- 4 Два плоских зеркала расположены под углом друг к другу. Точечный источник света расположили между ними, и в результате получили $n = 11$ изображений этого источника в зеркалах. Чему равен угол α между зеркалами?

ВАРИАНТ 4

- 1 Какой дефект зрения «появится» у рыбы, которую вынули из воды, — близорукость или дальнозоркость?
- 2 Две собирающие линзы с фокусными расстояниями 10 см и 15 см дают изображение предмета высотой 2 см, расположенного на расстоянии 10 см от первой линзы. Найти высоту изображения предмета, даваемого системой линз. Построить изображение предмета.
- 3 На рисунке показано положение оптической оси MM тонкой линзы и ход луча ABC . Найдите построением ход произвольного луча KE .

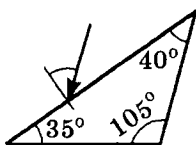


- 4 Найти число изображений n точечного источника света, полученных в двух плоских зеркалах, образующих друг с другом угол 60° . Источник находится на биссектрисе угла.

ВАРИАНТ 5

- 1 Края линзы обрезали. Изменилось ли при этом ее фокусное расстояние?
- 2 С какой выдержкой надо фотографировать бегуна, скорость которого 3 м/с, чтобы размытость изображения не превышала 0,1 мм? Фокусное расстояние объектива 15 см, расстояние от фотоаппарата до бегуна 10 м.

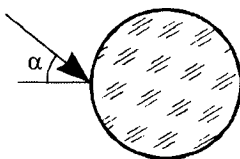
- 3 Построить дальнейший ход луча в призме, если угол падения 70° , а показатель преломления 1,6.



- 4 Два плоских прямоугольных зеркала образуют двугранный угол 178° . На расстоянии 8 см от линии соприкосновения зеркал и на одинаковом расстоянии от каждого из них находится точечный источник света. Определить расстояние между мнимыми изображениями источника в зеркалах.

ВАРИАНТ 6

- 1 Неровности дороги днем видны хуже, чем ночью при освещении дороги фарами автомобиля. Почему?
- 2 Пучок параллельных лучей проходит через две тонкие линзы, оставаясь параллельным. Расстояние между линзами равно 15 см. Определите фокусное расстояние первой линзы, если для второй линзы оно равно 9 см.
- 3 Построить дальнейший ход луча, если угол падения равен 40° , а показатель преломления равен 2.



- 4 Световой луч падает на одно из двух плоских зеркал, которые образуют острый двугранный угол 30° в плоскости, перпендикулярной зеркалам. Отразившись от зеркал 5 раз, луч выходит назад по тому же самому направлению. Определить угол падения луча.

ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие **дисперсия**? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Наложение когерентных волн.
 - Б. Разложение света в спектр при преломлении.
 - В. Огибание волной препятствия.
2. Какое из наблюдаемых явлений объясняется **дисперсией** света? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Излучение света лампой накаливания.
 - Б. Радужная окраска мыльных пузырей.
 - В. Радуга.
3. Сравните скорость распространения красного и фиолетового излучений в вакууме. Укажите все правильные утверждения.
 - А. $v_k > v_\phi$.
 - Б. $v_k = v_\phi$.
 - В. $v_k < v_\phi$.
4. Как изменится частота зеленого излучения при переходе света из воздуха в воду? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Уменьшается.
 - Б. Увеличивается.
 - В. Не изменяется.
5. Как изменится длина волны красного излучения при переходе света из воздуха в воду? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Уменьшается.
 - Б. Увеличивается.
 - В. Не изменяется.
6. Чем объясняется **дисперсия** белого света? Укажите все правильные утверждения.
 - А. Цвет света определяется длиной волны. В процессе преломления длина световой волны изменяется, поэтому происходит превращение белого света в разноцветный спектр.
 - Б. Белый свет есть смесь света разных частот, цвет определяется частотой, коэффициент преломления света зависит от

частоты. Поэтому свет разного цвета идет по разным направлениям.

В. Призма поглощает белый свет одной длины волны, а излучает свет с разными длинами волн.

Средний уровень

1. Длина волны красного света в воздухе равна 700 нм. Какова длина волны данного света в воде?
2. Длина волны желтого света натрия в вакууме 590 нм, а в воде 442 нм. Каков показатель преломления воды для этого света?
3. Какова длина волны желтого света паров натрия в стекле с показателем преломления 1,56? Длина волны этого света в воздухе равна 589 нм.
4. Длина световой волны в воде 435 нм. Какова длина волны данного света в воздухе?
5. Длина волны, соответствующая красной линии спектра водорода, в вакууме равна 656,3 нм, а в стекле — 410 нм. Каков показатель преломления стекла для этого света?
6. На поверхность воды падает пучок красного света, длина волны которого 760 нм. Какова длина волны этого света в воде? Показатель преломления воды для красного света 1,33.

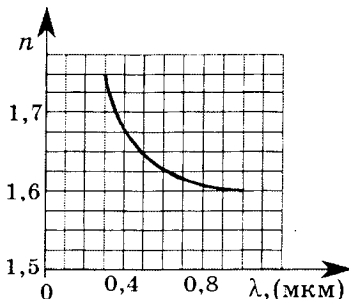
Достаточный уровень

1. а) Как будет выглядеть белая надпись на красном фоне, если осветить её зелёным светом?
б) Вода освещена зелёным светом, для которого длина волны в воздухе 0,5 мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?
2. а) Какого цвета должно быть стёклышко, сквозь которое можно увидеть зелёную надпись на белой бумаге?
б) Над бухтой взлетела красная ракета (длина волны 0,7 мкм). Какова длина волны этого света в воде? Какой цвет увидит аквалангист, плывущий под водой?
3. а) Наблюдатель рассматривает сквозь стеклянную призму черную черту на белой бумаге. Что видит наблюдатель?
б) Показатель преломления воды для красного света равен $n_1 = 1,329$, а для фиолетового света он равен $n_2 = 1,344$. Для лучей какого цвета скорость света в воде больше и во сколько раз?
4. а) На листе написано слово «свет» зеленым карандашом. Глядя через какую прозрачную среду нельзя будет прочесть написанное?
б) Вычислить скорость и длину волны жёлтого света в стекле с показателем преломления 1,56. Длина волны этого цвета в воздухе 589 нм.

5. а) Белый луч света падает на боковую грань призмы под углом падения 0° . Получим ли на экране спектр?
 б) Наименьшая частота электромагнитных колебаний, воспринимаемых глазом, у многих людей составляет $4 \cdot 10^{14}$ Гц. Чему равна длина волны этих колебаний в воздухе и каков цвет лучей света в этом случае?
6. а) Луч света, преломляясь, переходит из стекла в воздух. Как расположатся преломленные лучи различных цветов относительно перпендикуляра к границе сред в точке преломления луча?
 б) При переходе лучей из воды в вакуум длина волны их увеличилась на $0,12$ мкм. Определить длины волн этих лучей в вакууме и в воде.

Высокий уровень

1. а) При получении на экране спектра излучения электрической лампы ее накачивали постепенно с помощью реостата. Какие изменения при этом наблюдали на экране?
 б) Пользуясь графиком зависимости показателя преломления стекла от длины световой волны, вычислить и сравнить скорости распространения световых волн разной длины в стекле.



2. а) Имеются призмы из различных материалов, но с одинаковыми преломляющими углами. Чем будут отличаться спектры, получаемые с помощью этих призм?
 б) Показатель преломления для красного света в стекле равен $1,644$, а для фиолетового — $1,685$. Найти разницу углов преломления в стекле, если угол падения равен 80° ?
3. а) Зеленые лучи переходят из воздуха в воду, при этом длина волны их становится меньше. Какого цвета эти лучи будет воспринимать человек, погрузившись в воду?
 б) В эталоне метра укладывается $1650763,73$ длин волн оранжевых лучей, испускаемых атомами криптона-86 в вакууме. Какова частота колебаний этого излучения?

4. а) Изменяются ли скорость, длина волны, частота колебаний при переходе света из воздуха в стекло? Как?
б) Вода освещена зеленым светом, для которого длина волны в воздухе равна $0,555 \text{ мкм}$. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет увидит человек, открывший глаза под водой?
5. а) С одинаковой ли скоростью проходят к границам атмосферы Земли и Солнца волны красной и фиолетовой части спектра? Одинакова ли их скорость в атмосфере и в любой иной среде?
б) На сколько изменится длина волны желтых лучей с частотой $5,3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ при переходе из стекла в вакуум, если скорость распространения их в стекле $1,98 \cdot 10^8 \text{ м/с}$?
6. а) Длина волны красного света в воде равна длине волны зеленого света в воздухе. Какой цвет увидит человек под водой, если вода освещена красным светом?
б) Луч белого света падает под углом 30° на призму с преломляющим углом 45° . Показатель преломления стекла призмы для красного света $1,62$, а для фиолетового $1,67$. На каком расстоянии L от призмы следует разместить экран шириной 10 см , чтобы получить на нем изображение всего видимого спектра?

Самостоятельная
работа

20

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

Начальный уровень

1. Какое из наблюдаемых явлений объясняется **интерференцией** света? Укажите все правильные ответы.
А. Излучение света лампой накаливания.
Б. Радужная окраска компакт-дисков.
В. Радужная окраска мыльных пузырей.
2. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие **интерференции**? Укажите все правильные ответы.
А. Наложение когерентных волн.
Б. Разложение света в спектр при преломлении.
В. Огибание волной препятствия.
3. Какие условия необходимы для наблюдения максимума интерференционной картины? Укажите все правильные ответы.
А. Источники волн когерентны, разность хода может быть любой.

Б. Источники волн когерентны, разность хода $\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2}$.

В. Источники волн когерентны, разность хода $\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$.

4. Укажите все правильные ответы. Две световые волны являются когерентными, если:
- А. Волны имеют одинаковую частоту ($\nu_1 = \nu_2$).
 - Б. Волны имеют постоянную разность фаз колебаний ($\Delta\varphi = \text{const}$).
 - В. Волны имеют одинаковую частоту ($\nu_1 = \nu_2$) и постоянную разность фаз колебаний ($\Delta\varphi = \text{const}$).
5. Какие условия необходимы для наблюдения минимума интерференционной картины? Укажите все правильные ответы.
- А. Источники волн когерентны, разность хода $\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$.
 - Б. Источники волн когерентны, разность хода может быть любой.
 - В. Источники волн когерентны, разность хода $\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2}$.
6. Какое условие является необходимым для наблюдения устойчивой интерференционной картины? Укажите все правильные ответы.
- А. Одинаковые амплитуды и частота колебаний
 - Б. Одинаковая частота и постоянная разность фаз колебаний.
 - В. Одинаковые амплитуда и период колебаний.

Средний уровень

1. В некоторую точку пространства приходит излучение с оптической разностью хода волн 1,8 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке, если длина волны 600 нм.
2. Два когерентных луча с длинами волн 404 нм пересекаются в одной точке на экране. Что будет наблюдаться в этой точке — усиление или ослабление света, если оптическая разность хода лучей равна 17,17 мкм?
3. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 6 мкм. Определить, произойдет усиление или ослабление света в этой точке, если длина волны равна 500 нм.
4. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 2 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке, если в нее приходят красные лучи с длиной волны 760 нм.

5. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 2 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке, если в нее приходят желтые лучи с длиной волны 600 нм.
6. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 2 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке, если в нее приходят фиолетовые лучи с длиной волны 400 нм.

Достаточный уровень

1. а) Могут ли интерферировать световые волны, идущие от двух электрических лампочек?
 б) Два когерентных источника света посылают на экран свет длиной волны 550 нм, дающий на экране интерференционную картину. Источники удалены один от другого на 2,2 мм, а от экрана — на 2,2 м. Определить, что будет наблюдаться на экране в точке падения — гашение или усиление света?
2. а) Почему крылья стрекоз имеют радужную окраску?
 б) В установке Юнга расстояние между щелями 1,5 мм, а экран расположен на расстоянии 2 м от щелей. Определить расстояние между интерференционными полосами на экране, если длина волны монохроматического света 670 нм.
3. а) Мыльный пузырь на солнце играет всеми цветами радуги. Почему?
 б) Два когерентных источника испускают монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Определить, на каком расстоянии от точки, расположенной на экране на равном расстоянии от источников, будет первый максимум освещённости. Экран удалён от источников на 3 м, расстояние между источниками 0,5 мм.
4. а) Если две волны интерферируют друг с другом, то изменяет ли одна волна распространение другой?
 б) Белый свет, падающий нормально на мыльную плёнку ($n = 1,33$) и отраженный от неё, даёт в видимом спектре интерференционный максимум на волне 630 нм и ближайший к нему минимум на волне 450 нм. Какова толщина плёнки, если считать её постоянной?
5. а) Имеет ли место изменение энергии при интерференции волн?
 б) Плосковыпуклая линза, радиус кривизны которой 12 м, положена выпуклой стороной на плоскопараллельную пластинку. На плоскую грань линзы нормально падает монохроматический свет и в отражённом свете образуются тёмные и светлые кольца. Определите длину волны монохроматического света, если радиус шестого тёмного кольца равен $7,2 \cdot 10^{-3}$ м.
6. а) Почему возникают радужные полосы в тонком слое керосина, плавающем на поверхности воды?

б) Свет от проекционного фонаря, пройдя через синее стекло, падает на картон с двумя маленькими отверстиями и далее направляется на экран. Расстояние между отверстиями 1 мм; расстояние от отверстий до экрана 1,7 м; расстояние между интерференционными полосами на экране 0,8 мм. Найти длину световой волны.

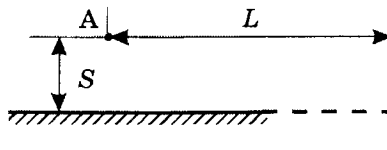
Высокий уровень

1. а) Две когерентные световые волны в результате интерференции взаимно погашаются в некоторой области. Куда девается их энергия?

б) Когда монохроматический свет падает нормально на поверхность мыльной плёнки, интенсивность отражённого света зависит от длины волны: она имеет максимум при $\lambda_1 = 630$ нм и ближайший к нему минимум при $\lambda_2 = 525$ нм. Какова толщина плёнки? Показатель преломления плёнки 1,33.

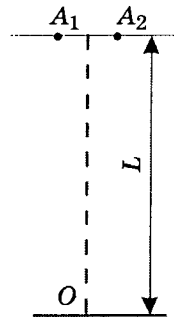
2. а) Цвета тонких плёнок (например, плёнки бензина на воде) заметно отличаются от цветов радуги. Почему?

б) Точечный источник монохроматического света находится на расстоянии $S = 1$ мм от большого плоского зеркала и на расстоянии $L = 4$ м от экрана, перпендикулярного зеркалу. Каково расстояние x между соседними максимумами освещённости? Длина световой волны $\lambda = 600$ нм.

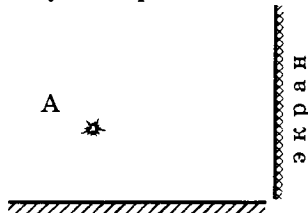


3. а) Почему интерференционная окраска наблюдается только у достаточно тонких плёнок?

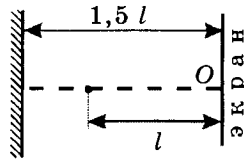
б) Два когерентных источника монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм находятся на расстоянии $A_1A_2 = 1$ мм друг от друга и на одинаковом расстоянии $L = 3$ м от экрана. Каково расстояние x между ближайшими максимумами освещённости (середины светлых полос) на экране? Будет ли наблюдаться в точке O максимум освещённости?



4. а) Взаимное расположение точечного источника света A , зеркала и экрана показано на рисунке. Возможно ли наблюдать интерференционную картину на экране?



- б) Точечный источник A монохроматического света с длиной волны 500 нм расположен на расстоянии 50 см от экрана. На расстоянии $1,5 l$ от экрана находится параллельное ему плоское зеркало. Какой вид имеет интерференционная картина на экране? Тёмная или светлая интерференционная полоса проходит на расстоянии 2 мм от точки O ?



5. а) Какое минимальное расстояние между двумя соседними максимумами при интерференции встречных когерентных волн длиной λ ?

б) Чтобы уменьшить коэффициент отражения света от поверхности стекла, на неё наносят тонкую прозрачную плёнку с показателем преломления n_n , меньшим, чем у стекла (так называемое «просветление оптики»). Считая $n_n = \sqrt{n}$ где n — показатель преломления стекла, определите необходимую толщину плёнки h . Длина волны света $\lambda = 500 \text{ нм}$, свет падает на поверхность нормально.

6. а) Лучи белого света падают нормально на тонкую плоскопараллельную прозрачную пластинку. Как будет меняться окраска пластинки, если увеличить угол падения?

б) От точечного монохроматического источника A_1 отодвигают точечный монохроматический источник A_2 (свет обоих источников имеет одну и ту же частоту) до тех пор, пока в точке O на экране, где наблюдается интерференция, не наступает потемнение. Расстояние между источниками A_1 и A_2 при этом равно $l = 2 \text{ мм}$. Расстояние между источником A_1 и экраном $L = 9 \text{ м}$. На сколько нужно передвинуть экран к источнику A_1 , чтобы в точке

О снова возникло потемнение? При $x \ll 1$ считать

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2}.$$

Самостоятельная
работа

21

ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие **дифракции**? Укажите все правильные ответы.
 - А. Наложение когерентных волн.
 - Б. Разложение света в спектр при преломлении.
 - В. Огибание волной препятствия.
2. Какое из наблюдаемых явлений объясняется **дифракцией** света? Укажите все правильные ответы.
 - А. Излучение света лампой накаливания.
 - Б. Радужная окраска компакт-дисков.
 - В. Получение изображения на киноэкране.
3. Какое из приведенных ниже выражений является условием наблюдения главных максимумов в спектре дифракционной решетки с периодом d под углом φ ? Укажите все правильные ответы.
 - А. $d \sin \varphi = k\lambda$.
 - Б. $d \cos \varphi = k\lambda$.
 - В. $\sin \varphi = k \frac{\lambda}{d}$.
4. Какое из наблюдаемых явлений объясняется **дифракцией** света? Укажите все правильные ответы.
 - А. Радужная окраска тонких мыльных пленок.
 - Б. Появление светлого пятна в центре тени от малого непрозрачного диска.
 - В. Отклонение световых лучей в область геометрической тени.
5. Какие излучения из приведенных ниже обладают способностью к дифракции? Укажите все правильные ответы.
 - А. Видимый свет
 - Б. Радиоволны.
 - В. Инфракрасные лучи.

6. На дифракционную решетку с периодом d перпендикулярно ее плоскости падает параллельный монохроматический пучок света с длиной волны λ . Какое из приведенных ниже условий выполняется для угла φ , под которым наблюдается первый главный максимум? Укажите все правильные ответы.

А. $\sin \varphi = \frac{\lambda}{d}$.

Б. $\sin \varphi = \frac{d}{\lambda}$.

В. $d \sin \varphi = \lambda$.

Средний уровень

1. Найдите наибольший порядок спектра красной линии лития с длиной волны 671 нм, если период дифракционной решётки 0,01 мм.
2. При помощи дифракционной решётки с периодом 0,02 мм получено первое дифракционное изображение на расстоянии 3,6 см от центрального и на расстоянии 1,8 м от решетки. Найдите длину световой волны.
3. Дифракционная решётка имеет 50 штрихов на миллиметр. Под какими углами видны максимумы первого и второго порядков монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?
4. Определить длину волны для линии в дифракционном спектре второго порядка, совпадающей с изображением линии спектра третьего порядка, у которой длина волны 400 нм.
5. Спектр получен с помощью дифракционной решётки с периодом 0,005 мм. Второе дифракционное изображение получено на расстоянии 7,3 см от центрального и на расстоянии 113 см от решётки. Определите длину световой волны.
6. Определить длину световой волны, если в дифракционном спектре максимум второго порядка возникает при оптической разности хода волн 1,15 мкм.

Достаточный уровень

1. а) На поверхности грампластинки, рассматриваемой под небольшим углом, видны цветные полосы. Как объяснить это явление?
б) Спектр получен с помощью дифракционной решётки с периодом 0,005 мм. Дифракционное изображение второго порядка находится на расстоянии 5 см от центрального и на расстоянии 1 м от решётки. Определите длину световой волны. Наблюдение ведётся без линзы.

2. а) Если, прищурив глаз, смотреть на нить лампочки накаливания, то нить кажется окаймлённой светлыми бликами. Почему?
 б) Период дифракционной решётки $0,016 \text{ мкм}$. Красная линия спектра 2-го порядка оказалась расположенной на расстоянии $14,2 \text{ см}$ от средней линии. Расстояние от решётки до экрана $1,5 \text{ м}$. Определить длину волны красных лучей и ширину спектра 2-го порядка. Длина волны фиолетовых лучей $4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.
3. а) При изготовлении искусственных перламутровых пуговиц на их поверхность наносится мельчайшая штриховка. Почему после такой обработки пуговица имеет радужную окраску?
 б) На дифракционную решётку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ($\lambda_1 = 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ см}$) спектра второго порядка?
4. а) При освещении тонкой пленки параллельными белыми лучами наблюдается радужная окраска пленки. Чем это объясняется?
 б) Определить число штрихов на 1 см дифракционной решетки, если при нормальном падении света с длиной волны 600 нм решётка даёт первый максимум на расстоянии $3,3 \text{ см}$ от центрального. Расстояние от решётки до экрана 110 см .
5. а) Почему частицы размером $0,3 \text{ мкм}$ нельзя увидеть с помощью микроскопа?
 б) Какое наименьшее число штрихов должна содержать решётка, чтобы в спектре первого порядка можно было разделить две жёлтые линии натрия с длинами волн 589 нм и $589,6 \text{ нм}$? Какова длина такой решётки, если постоянная решётки 10 мкм ?
6. а) Почему с помощью микроскопа нельзя увидеть атом?
 б) На дифракционную решетку, имеющую период 4 мкм , нормально падает монохроматическая волна. Оценить длину волны, если угол между спектрами второго и третьего порядков $2^\circ 30'$. Углы отклонения считать малыми.

Высокий уровень

1. а) Чем отличается дифракционный спектр от спектра, полученного с помощью призмы?
 б) На дифракционную решётку с периодом 14 мкм падает нормально монохроматическая волна. На экране, удалённом от решётки на 2 м , расстояние между спектрами второго и третьего порядков $8,7 \text{ см}$. Какова длина волны падающего света?
2. а) При дифракции происходит отклонение световых лучей от прямолинейного распространения в однородной среде. Не опровергает ли явление дифракции закон прямолинейного распространения света в однородной среде? Объясните.

- б) На дифракционную решётку с периодом 2 мкм падает нормально свет с длиной волны 500 нм. За решёткой расположена собирающая линза с фокусным расстоянием 50 см. Где нужно разместить экран, чтобы получить на нём чёткий дифракционный спектр? Каково расстояние на экране между спектром третьего порядка и центральным максимумом?
3. а) Почему дифракцию звука можно наблюдать более отчетливо, чем дифракцию света?
- б) На дифракционную решётку с периодом 4 мкм падает нормально свет, пропущенный через светофильтр. Полоса пропускания светофильтра — от 500 нм до 550 нм. Будут ли спектры разных порядков перекрываться друг другом?
4. а) Имеются две тонкие пленки из одинакового материала. При освещении их белым светом, лучи которого перпендикулярны к поверхности пленки, одна из них кажется красной, а другая — синей. Можно ли сказать, какая из этих пленок толще?
- б) Свет длиной волны λ падает наклонно на дифракционную решётку с периодом d . Угол падения равен α . Выведите формулу, определяющую значения угла φ между дифракционными максимумами и нормалью к плоскости дифракционной решётки.
5. а) Имеются две пленки из одинакового прозрачного материала. При освещении этих пленок белым светом, перпендикулярным к их поверхности, обе пленки в отраженном свете кажутся зелеными. Можно ли считать, что толщина этих пленок одинакова?
- б) Каков период d решётки, если при нормальном падении на неё лучей с длиной волны $\lambda = 750$ нм на экране, отстоящем от решётки на расстоянии 1 м, максимумы первого порядка отстоят друг от друга на $x = 30,3$ см? Каково число штрихов на 1 см решётки? Какое количество максимумов даёт эта дифракционная решётка? Каков максимальный угол φ_{max} отклонения лучей, соответствующих последнему дифракционному максимуму?
6. а) Имеется тонкая пленка из прозрачного материала. При ее освещении монохроматическим светом, лучи которого перпендикулярны к поверхности пленки, на ней видны параллельные чередующиеся темные и светлые полосы на равных расстояниях друг от друга. Что можно сказать о толщине такой пленки?
- б) На дифракционную решётку перпендикулярно её плоскости падает свет. Угол дифракции в спектре 1-го порядка для линии с длиной волны 600 нм составляет 30° . Некоторая линия наблюдается в спектре второго порядка под углом дифракции 45° . Найти длину волны этой линии и число штрихов на единицу длины.

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Начальный уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 В чём состоит явление дисперсии света? Действие какого прибора основывается на этом явлении?
- 2 Какое условие является необходимым для наблюдения дифракционной картины? Укажите все правильные ответы.
 - А. Размеры препятствия много больше длины волны.
 - Б. Размеры препятствия сравнимы с длиной волны.
 - В. Размеры препятствия много больше амплитуды волны.
- 3 Среди перечисленных ниже укажите ту пару явлений, в которой наиболее ярко проявляются волновые свойства света. Укажите все правильные утверждения.
 - А. Отражение и дисперсия.
 - Б. Преломление и поляризация.
 - В. Дифракция и интерференция.

ВАРИАНТ 2

- 1 Назовите характерные черты явления дифракции света. При каких условиях отчётливо наблюдается это явление?
- 2 Свет какого цвета меньше других отклоняется призмой спектроскопа? Укажите все правильные ответы.
 - А. Фиолетового.
 - Б. Зеленого.
 - В. Красного.
- 3 Какое явление связано с различием скорости распространения скорости света в веществе? Укажите все правильные ответы.
 - А. Дисперсия.
 - Б. Интерференция.
 - В. Дифракция.

ВАРИАНТ 3

- 1 Назовите характерные черты явления интерференции света. При каких условиях отчётливо наблюдается это явление?

- 2 Как изменится частота красного излучения при переходе света из воздуха в воду? Укажите все правильные ответы.
- А. Увеличивается.
 - Б. Уменьшается.
 - В. Не изменяется.
- 3 Каков характер световых волн? Укажите все правильные ответы.
- А. Поперечные, как звуковые волны в твердых телах.
 - Б. Продольные, как звуковые волны в газах.
 - В. Могут быть и продольными, и поперечными, как механические волны в упругих средах.

ВАРИАНТ 4

- 1 О чем свидетельствует явление дисперсии?
- 2 Какие из перечисленных ниже явлений объясняются интерференцией света?
- Укажите все правильные ответы.
- А. Радужная окраска тонких масляных пленок.
 - Б. Кольца Ньютона.
 - В. Отклонение световых лучей в область геометрической тени.
- 3 Какие из приведенных ниже выражений являются условием наблюдения главных максимумов в спектре дифракционной решетки с периодом d под углом φ ? Укажите все правильные ответы.
- А. $d \sin \varphi = k\lambda$.
 - Б. $d \cos \varphi = k\lambda$.
 - В. $d \sin \varphi = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$.

ВАРИАНТ 5

- 1 Объясните, как и почему происходит дифракция волн?
- 2 Свет переходит из воздуха в стекло с показателем преломления 1,5. Какое из следующих утверждений справедливо? Укажите все правильные ответы.
- А. Частота и скорость света уменьшились в 1,5 раза.
 - Б. Частота и скорость света увеличились в 1,5 раза.

- В. Частота не изменилась, а скорость света уменьшилась в 1,5 раза.
- 3 Какое явление доказывает поперечность световых волн?
- А. Дисперсия.
Б. Отражение.
В. Поляризация.

ВАРИАНТ 6

- 1 В чем состоит явление интерференции света? Приведите примеры.
- 2 Как изменится длина желтого излучения при переходе из воздуха в воду? Укажите все правильные ответы.
- А. Уменьшается.
Б. Увеличивается.
В. Не изменяется.
- 3 Что в обыденной жизни легче наблюдать: дифракцию звуковых или световых волн? Укажите все правильные ответы.
- А. Дифракцию звуковых волн, так как они продольные, а световые волны поперечные.
Б. Дифракцию звуковых волн, так как $\lambda_{зв} \gg \lambda_{св}$.
В. Дифракцию световых волн, так как $\lambda_{св} \ll \lambda_{зв}$.

Средний уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Если сквозь ресницы смотреть на свет уличного фонаря, вокруг него появляется радужный свет. Чем это объяснить?
- 2 Во сколько раз изменится длина световой волны при переходе из воздуха в стекло, если скорость света в стекле равна $2 \cdot 10^8$ м/с?
- 3 Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на миллиметр. Под каким углом виден максимум второго порядка монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?

ВАРИАНТ 2

- 1 Зависит ли скорость распространения светового излучения от частоты колебаний? от длины волны?

- 2 Сколько длин волн монохроматического излучения с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц укладывается на отрезке 1 м?
- 3 Определить оптическую разность хода волн длиной 540 нм, прошедших через дифракционную решетку и образовавших максимум второго порядка.

ВАРИАНТ 3

- 1 Почему меняется окраска крыльев насекомого, если его рассматривать под разными углами?
- 2 Длина волны жёлтого света в воздухе равна 580 нм, а в жидкости 400 нм. Определить показатель преломления жидкости.
- 3 Определить длину световой волны, если в дифракционном спектре максимум второго порядка возникает при оптической разности хода волн в 1,15 мкм.

ВАРИАНТ 4

- 1 Какие световые волны называются когерентными.
- 2 Световые волны в некоторой жидкости имеют длину волны 500 нм и частоту $4,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Определить абсолютный показатель преломления этой жидкости.
- 3 Через дифракционную решетку, имеющую 200 штрихов на миллиметр, пропущено монохроматическое излучение с длиной волны 750 нм. Определить угол, под которым виден максимум первого порядка этой волны.

ВАРИАНТ 5

- 1 Почему обычные источники света не излучают когерентные волны?
- 2 Какие частоты колебаний соответствуют красным лучам видимой части спектра с длиной волны 700 нм?
- 3 Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на миллиметр. Под каким углом виден максимум первого порядка монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?

ВАРИАНТ 6

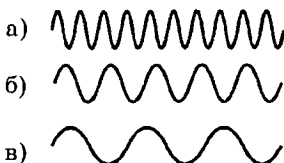
- 1 Какие свойства света подтверждает явление интерференции?

- ② Какие частоты колебаний соответствуют фиолетовым лучам видимой части спектра с длиной волны 400 нм?
- ③ Найти наибольший порядок спектра для желтой линии натрия с длиной волны $5,89 \cdot 10^{-7}$ м, если период дифракционной решетки 2 мкм.

Достаточный уровень

ВАРИАНТ 1

- ① Для каких лучей — красных или фиолетовых — будет больше главное фокусное расстояние собирающей линзы?
- ② Зелёный свет с длиной волны 500 нм падает на щель шириной 8 мкм. Определить, под какими углами наблюдаются первый и второй минимумы.
- ③ На рисунке схематически изображены волны красного, фиолетового и желтого света. Какому цвету соответствует каждая волна?



- ④ Два источника A_1 и A_2 излучают волны длиной 2 м с постоянной во времени разностью фаз, равной π . Максимальной или минимальной будет амплитуда суммарных колебаний в точке B , удалённой от первого источника на 14 м, а от второго — на 12 м?



ВАРИАНТ 2

- ① В период полного солнечного затмения поверхность Земли покрывают широкие интерференционные полосы (скользящие тени). Какое явление приводит к этому?
- ② Какой наибольший порядок спектра можно видеть в дифракционной решётке, имеющей 500 штрихов на 1 мм, при освещении её светом с длиной волны 720 нм?

- 3 После дождя в солнечную погоду иногда наблюдается радуга. Почему именно после дождя, и в солнечную погоду?
- 4 При наблюдении через дифракционную решётку красный край спектра виден на расстоянии 10,5 см от середины щели в экране. Расстояние от дифракционной решётки до экрана 150 см, период решётки 10^{-2} мм. Определите длину волны красного света.

ВАРИАНТ 3

- 1 На чём основано просветление оптики? Почему в отражённом свете объективы имеют голубовато-сиреневый оттенок?
- 2 Дифракционная решётка содержит 500 штрихов на 1 мм. На решётку падает свет длиной волны 500 нм. Под каким углом виден первый максимум?
- 3 Какое минимальное расстояние между двумя соседними максимумами при интерференции встречных когерентных волн длиной λ ?
- 4 Прозрачная пластинка толщиной 2,4 мкм освещена перпендикулярными оранжевыми лучами с длиной волны 0,6 мкм. Будет ли видна эта пластинка в отражённом свете оранжевой, если оптическая плотность вещества пластинки равна 1,5?

ВАРИАНТ 4

- 1 В приборе для наблюдения колец Ньютона воздушную прослойку заполнили водой. Как изменились радиусы интерференционных колец?
- 2 Определить длину волны для линии в дифракционном спектре второго порядка, совпадающей с изображением линии спектра третьего порядка, у которой длина волны 400 нм.
- 3 Для просветления объективов их линзы покрывают пленкой, показатель преломления которой должен иметь величину $n = \sqrt{n_c}$ (n_c — показатель преломления стекла). Почему? Что произойдет, если это условие будет нарушено?
- 4 Дифракционная решётка содержит 500 штрихов на 1 мм. Максимум какого наибольшего порядка даёт эта решётка при перпендикулярном падении на неё монохроматического света с длиной волны 520 нм?

ВАРИАНТ 5

- 1 Почему днём Луна имеет чистый белый цвет, а после захода Солнца принимает желтоватый оттенок?
- 2 Дифракционная решётка содержит 400 штрихов на 1 мм. На решётку падает монохроматический красный свет с длиной волны 650 нм. Под каким углом виден первый максимум? Сколько всего максимумов даёт решётка?
- 3 Если бы Солнце имело монохроматическое излучение, например красное, то какими бы казались разноцветные тела на Земле?
- 4 Каково расстояние x между красной ($\lambda_{\text{кр}} = 760$ нм) и фиолетовой ($\lambda_{\text{ф}} = 380$ нм) линиями в спектре первого порядка, полученном на экране, отстоящем на расстоянии 3 м от дифракционной решётки с периодом 0,01 мм?

ВАРИАНТ 6

- 1 Почему цвета влажных предметов кажутся более глубокими, более насыщенными, чем сухих?
- 2 На дифракционную решетку, постоянная которой равна 0,01 мм, направлена монохроматическая волна. Первый дифракционный максимум получен на экране смещенным на 3 см от первоначального направления света. Определить длину волны монохроматического излучения, если расстояние между экраном и решеткой равно 70 см.
- 3 Если поверхность стекла покрыть прозрачной пленкой, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла, а толщина равна $\lambda/4$ (λ — длина волны падающего света), то поверхность стекла вовсе не будет отражать свет, практически весь свет будет проходить через стекло. Объясните смысл такого приема «просветления» объективов современных оптических приборов.
- 4 Найдите среднее значение длины волны белого света, используя интерференционную картину, полученную от двух узких щелей, расположенных на расстоянии 0,02 см одна от другой. Расстояние между тёмными полосами на экране 0,49 см, а расстояние от щелей до экрана 200 см.

Высокий уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Почему интерференционная окраска одного и того же места поверхности мыльного пузыря непрерывно меняется?
- 2 На дифракционную решётку перпендикулярно к её поверхности падает свет. Период решётки 10^{-4} м. Второй дифракционный максимум отклонён на 30° от перпендикуляра к решётке. Определите длину волны света, падающего на решётку.
- 3 Кольца Ньютона образуются между плоским стеклом и линзой с радиусом кривизны 8,6 м. Монохроматический свет падает нормально. Измерениями установлено, что диаметр четвертого темного кольца равен 9 мм. Найти длину волны падающего света.
- 4 Белый свет падает нормально на мыльную плёнку с показателем преломления n . Найти толщину плёнки h , если в проходящем свете интерференционный максимум наблюдается на волне длиной λ_1 , а ближайший к нему максимум на волне λ_2 .

ВАРИАНТ 2

- 1 При освещении тонкой плёнки параллельными монохроматическими лучами в одних местах плёнки видны светлые пятна, а в других — тёмные. Чем это объяснить?
- 2 При освещении дифракционной решётки белым светом спектры второго и третьего порядков частично перекрывают друг друга. На линию какого цвета в спектре второго порядка накладывается синяя линия (длина волны 450 нм) спектра третьего порядка?
- 3 На мыльную пленку с показателем преломления 1,33 падает белый свет под углом 45° . При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут окрашены в желтый цвет с длиной волны $6 \cdot 10^{-5}$ см?
- 4 Расстояние между двумя точечными когерентными монохроматическими источниками света 1,5 см. Источники расположены на расстоянии 36 см от экрана так, что линия, их соединяющая, параллельна плоскости экрана. Определить длину световой волны, если расстояние между соседними интерференционными полосами 1,8 мм.

ВАРИАНТ 3

- 1 В каком случае на экране в точке, куда проходят два луча от когерентного монохроматического источника света, получается цветное пятно, а в каком — тёмное?
- 2 Перпендикулярно поверхности дифракционной решётки падают параллельно лучи света от некоторого источника. Линия $\lambda_1 = 660$ нм видна в спектре второго порядка под некоторым углом φ . Какие ещё спектральные линии будут видны под этим же углом (принять диапазон видимого света от 400 нм до 700 нм)?
- 3 Плосковыпуклая линза с большим радиусом кривизны выпуклой стороны (1 м) лежит на плоской стеклянной пластинке. Систему освещают сверху монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. При наблюдении сверху (в отражённом свете) видно круглое тёмное пятно, окружённое concentрическими светлыми и тёмными кольцами. Определите радиус третьего тёмного кольца.
- 4 Дифракционная решётка содержит 120 штрихов на 1 мм её длины. Найти длину волны монохроматического света, падающего на решётку, если угол между направлениями на максимумы первого порядка, расположенные по обе стороны от центрального, $\varphi = 8^\circ$. Каково общее число дифракционных максимумов, даваемых этой решёткой при освещении её светом с длиной волны 750 нм?

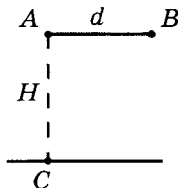
ВАРИАНТ 4

- 1 Длина волны в воде уменьшается в n раз, где n — показатель преломления. Означает ли это, что ныряльщик не может видеть окружающие тела в естественном цвете?
- 2 Определить угол дифракции φ лучей зелёного света ($\lambda = 550$ нм), образующих максимум второго порядка, если период решётки 0,002 мм. Найти угол дифракции φ_{\max} лучей, образующих последний максимум.
- 3 В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света 0,5 мм, расстояние до экрана 5 м. В зеленом свете получились интерференционные полосы на расстоянии 5 мм друг от друга. Найти длину волны зеленого света.
- 4 На дифракционную решётку, имеющую период $4 \cdot 10^{-4}$ см, падает нормально монохроматическая волна. За решёткой распо-

ложена линза, имеющая фокусное расстояние 40 см, которая даёт изображение дифракционной картины на экране. Определить длину волны, если первый максимум получается на расстоянии 5 см от центрального.

ВАРИАНТ 5

- 1 Почему столб дыма, поднимающийся над крышами домов, на тёмном фоне окружающих предметов кажется синим, а на фоне светлого неба — жёлтым или даже красноватым?
- 2 На плёнку ($n = 1,4$) под углом 52° падает белый свет. При какой толщине плёнка в проходящем свете будет казаться красной? Длина волны красного света 670 нм.
- 3 На дифракционную решетку нормально падает фиолетовый свет с длиной волны 450 нм. Период дифракционной решетки 2 мкм. Чему равен наибольший порядок спектра, который можно наблюдать с помощью этой решетки?
- 4 Два точечных синфазных монохроматических источника расположены на расстоянии d друг от друга. Прямо под источником A , на расстоянии $H = 8$ м, наблюдается интерференция. Первый раз потемнение в точке C наблюдается при $d_1 = 2$ мм. В следующий раз потемнение наступает при расстоянии d_2 . Найдите это расстояние.

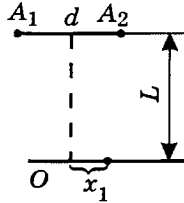


ВАРИАНТ 6

- 1 Цвета тонких плёнок (например, плёнки нефти на воде) и цвета радуги имеют совершенно различные оттенки. Почему?
- 2 Радиус третьего тёмного кольца Ньютона при освещении монохроматическим светом оказался равным 2,8 мм. Определить радиус кривизны плосковыпуклой линзы, если известно, что длина волны монохроматического света равна 720 нм.
- 3 На каком расстоянии от дифракционной решетки нужно поставить экран, чтобы расстояние между нулевым максимумом и

спектром четвертого порядка было равно 50 мм для света с длиной волны 500 нм? Постоянная дифракционной решетки 0,02 мм.

- 4 Два когерентных источника A_1 и A_2 испускают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить, на каком расстоянии x_1 от точки O на экране будет первый максимум освещенности, если расстояние от прямой, соединяющей источники, до экрана $L = 4$ м, а расстояние между источниками $d = 1$ мм.



РЕЛЯТИВИСТСКИЙ ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ

Начальный уровень

1. Два автомобиля движутся в одном и том же направлении со скоростями v_1 и v_2 относительно поверхности Земли. Чему равна скорость света от фар первого автомобиля в системе отсчета, связанной с другим автомобилем? Укажите все правильные ответы.
А. $c + (v_1 + v_2)$.
Б. c .
В. $c + (v_1 - v_2)$.
2. Две ракеты движутся по одной прямой навстречу друг другу со скоростями, равными по модулю $0,6c$. Чему равна скорость сближения кораблей в системе отсчета, связанной с одним из кораблей? Укажите все правильные ответы.
А. 0
Б. $0,88c$.
В. $1,2c$.
3. Два автомобиля движутся в противоположных направлениях со скоростями v_1 и v_2 относительно поверхности Земли. Чему равна скорость света от фар первого автомобиля в системе отсчета, связанной с другим автомобилем? Укажите все правильные ответы.
А. $c - (v_1 + v_2)$.
Б. c .
В. $c - (v_1 - v_2)$.
4. Две ракеты движутся по одной прямой навстречу друг другу со скоростями, равными по модулю $0,7c$. Чему равна скорость сближения кораблей в системе отсчета, связанной с одним из кораблей? Укажите все правильные ответы.
А. $1,4c$.
Б. c .
В. $0,94c$.
5. Космический корабль удаляется от Земли с относительной скоростью $0,75c$. С него стартует ракета в направлении от Земли со скоростью $0,75c$ относительно корабля. Чему равна скорость ракеты относительно Земли? Укажите все правильные ответы.

- А. 1,5 с.
- Б. 0,96 с.
- В. 0.

6. Элементарная частица нейтрино движется со скоростью света c . Наблюдатель движется навстречу нейтрино со скоростью v . Какова скорость нейтрино относительно наблюдателя?
- А. c .
 - Б. $c - v$.
 - В. $c + v$.

Средний уровень

1. Две частицы, расстояние между которыми 10 м, летят навстречу друг другу со скоростями $v = 0,6 c$. Через какое время произойдет соударение?
2. Две частицы удаляются друг от друга со скоростью 0,8 c относительно земного наблюдателя. Какова относительная скорость частиц?
3. Космический корабль удаляется от Земли с относительной скоростью $v = 0,75 c$, а затем с него стартует ракета (в направлении от Земли) со скоростью $u^1 = 0,75 c$ относительно корабля. Чему равна скорость ракеты относительно Земли?
4. Система K^1 движется относительно системы K со скоростью $v = 2/3 c$. Частица движется относительно системы K^1 со скоростью $u^1 = 2/3 c$. Определите скорость частицы u в системе K .
5. Космическая ракета удаляется от наблюдателя со скоростью $v = 0,9 c$. На ракете установлена пушка. Какую скорость V_1 относительно наблюдателя имеет снаряд, выпущенный вперед со скоростью $u_1 = 0,80 c$ относительно ракеты?
6. Две фотонные ракеты удаляются друг от друга со скоростью 0,65 c относительно земного наблюдателя. Какова относительная скорость ракет?

Достаточный уровень

1. Космическая ракета удаляется от наблюдателя со скоростью $v = 0,90 c$. На ракете установлена пушка. Какую скорость u_2 относительно ракеты надо сообщить снаряду, чтобы он приближался к наблюдателю со скоростью $V_2 = 0,50 c$?
2. Ионизированный атом, вылетев из ускорителя со скоростью 0,5 c , излучил фотон в направлении своего движения. Определить скорость фотона относительно ускорителя.
3. Две ракеты движутся навстречу друг другу со скоростями $v_1 = v_2 = 3/4 c$ по отношению к неподвижному наблюдателю. Най-

ти скорость сближения ракет по классической и релятивистской формулам сложения скоростей.

4. На ракете будущего, летящей со скоростью $0,522 c$ в системе отсчета «Звезды», установлен ускоритель, сообщающий частицам скорость $0,478 c$ относительно ракеты по направлению ее движения. Найти скорость v частиц в системе «Звезды».
5. На ракете будущего, летящей со скоростью $0,9 c$ в системе отсчета «Звезды», установлен ускоритель, сообщающий частицам скорость $0,8 c$ относительно ракеты против ее движения. Найти скорость v частиц в системе «Звезды».
6. Покажите, при каких условиях релятивистский закон сложения скоростей переходит в классический закон.

Высокий уровень

1. Релятивистская частица распадается на два одинаковых «осколка». Скорость одного из них равна нулю. Найдите скорость v_1 частицы до распада и скорость v_2 второго «осколка», если известно, что при распаде такой же *неподвижной* частицы оба «осколка» имеют скорость u .
2. Одна из двух одинаковых частиц неподвижна, другая движется с релятивистской скоростью v . Пользуясь релятивистской формулой сложения скоростей, найдите скорость u центра масс частиц.
3. С космического корабля, движущегося к Земле со скоростью $0,4 c$, посылают два сигнала: световой и пучок быстрых частиц, имеющих скорость относительно корабля $0,8 c$. В момент пуска сигналов корабль находился на расстоянии $1,2$ Гм от Земли. Какой из сигналов и на сколько раньше будет принят на Земле?
4. Релятивистская частица распадается на два одинаковых «осколков», каждый из которых имеет массу покоя m . Один из «осколков» неподвижен относительно лабораторной системы отсчета, а другой движется со скоростью $v = 0,80 c$. Какую скорость u и массу покоя M имела частица до распада?
5. На концах трубки со сжатой пружиной удерживается нитью одинаковые шарики массы m . При разрыве нити шарики разлетаются с одинаковыми скоростями u . Найдите скорость v_1 и v_2 разлетающихся шариков, если в момент «выстрела» трубка движется поступательно в направлении своей оси со скоростью $v > u$.
6. В космическом корабле, летящем со скоростью $v = 0,60 c$ относительно Земли, растет стебель лука со скоростью $u_0 = 5,0$ см/сут. Какова скорость u роста стебля с точки зрения земного наблюдателя? Стебель расположен под прямым углом к направлению движения корабля.

**ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ
ПРОМЕЖУТКОВ ВРЕМЕНИ
И РАССТОЯНИЙ**

Начальный уровень

1. Обозначим через l_0 длину стержня в системе отсчета K , относительно которой стержень покоится. В система отсчета K_1 , относительно которой стержень движется, длина стержня l . Укажите все правильные утверждения.
 - А. $l < l_0$.
 - Б. $l = l_0$.
 - В. $l > l_0$.
2. Интервал времени между двумя событиями, происходящими в инерциальной системе K , равен τ_0 . Интервал времени между этими же событиями в системе отсчета K_1 , движущейся относительно системы K , равен τ . Укажите все правильные утверждения.
 - А. $\tau < \tau_0$.
 - Б. $\tau = \tau_0$.
 - В. $\tau > \tau_0$.
3. Два электрона, испущенные одновременно радиоактивным веществом движутся в противоположных направлениях со скоростью $0,6c$ относительно наблюдателя в лаборатории. Чему равно расстояние между электронами в лабораторной системе отсчета через t секунд после их излучения? Укажите все правильные ответы.
 - А. 0.
 - Б. $0,88 ct$.
 - В. $1,2 ct$.
4. Обозначим через l_0 длину стержня в системе отсчета K , относительно которой стержень покоится. В система отсчета K_1 , относительно которой стержень движется со скоростью v , длина стержня l . Укажите все правильные утверждения.

- А. $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Б. $l = l_0$.

В. $l = \frac{l_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

5. Два электрона, испущенные одновременно радиоактивным веществом движутся в противоположных направлениях со скоростями $0,7c$ относительно наблюдателя в лаборатории. Чему равно расстояние между электронами в лабораторной системе отсчета через t секунд после их излучения? Укажите все правильные ответы.

А. $1,4 ct$.

Б. $0,94 ct$.

В. 0 .

6. Интервал времени между двумя событиями, происходящими в инерциальной системе K , равен τ_0 . Интервал времени между этими же событиями в системе отсчета K_1 , движущейся относительно системы K со скоростью v , равен τ . Укажите все правильные утверждения.

А. $\tau = \tau_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Б. $\tau = \tau_0$.

В. $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Средний уровень

1. Какова длина метрового стержня (для земного наблюдателя) движущегося со скоростью $0,6c$?
2. Во сколько раз замедляется ход времени (по часам «неподвижного» наблюдателя) при скорости движения 27000 км/с? Скорость света принять равной $3 \cdot 10^8$ м/с.
3. Длина линейки, неподвижной относительно земного наблюдателя, 2 м. Какова длина этой же линейки, движущейся со скоростью, равной $0,5c$?
4. Какой промежуток времени пройдет на звездолете, движущемся относительно Земли со скоростью, равной $0,4$ скорости света, за 25 земных лет? Скорость света принять равной $3 \cdot 10^8$ м/с.
5. Найти длину стержня l_0 в космическом корабле, движущемся со скоростью $v = 0,5c$, если длина стержня относительно неподвижной системы отсчета $l = 10$ см.

6. С какой скоростью должен двигаться космический корабль, чтобы пройденный путь при измерении с Земли оказался вдвое короче? Скорость света принять равной $3 \cdot 10^8$ м/с.

Достаточный уровень

1. С какой скоростью относительно Земли должен двигаться космический корабль, чтобы его продольные размеры для земного наблюдателя были в 2 раза меньше истинных?
2. С какой скоростью должен двигаться космический корабль относительно Земли, чтобы часы на нем шли в 4 раза медленнее, чем на Земле?
3. В ракете, движущейся со скоростью $0,96 c$, было зафиксировано время полета 1 год. Сколько времени должно пройти по подсчетам земного наблюдателя?
4. При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25%.
5. С какой скоростью v должна двигаться система отсчета K_1 , чтобы время в ней текло вдвое медленнее, чем в неподвижной системе отсчета K .
6. Какую скорость должно приобрести тело, чтобы его продольные размеры уменьшились для наблюдателя в 3 раза? До этого тело покоилось относительно данного наблюдателя.

Высокий уровень

1. Какое время пройдет на Земле, если в ракете, движущейся со скоростью $2,4 \cdot 10^8$ м/с относительно Земли, прошло 6 лет?
2. Во сколько раз увеличивается время жизни нестабильной частицы, если она движется со скоростью $0,99 c$?
3. Собственное среднее время жизни одной из нестабильных элементарных частиц (время, измеренное в системе отсчета, в которой эта частица покоится) равно $2,2$ мкс. Пучок таких частиц движется со скоростью $v = 0,95 c$. Какова средняя длина l их пробега в отсутствие столкновений?
4. Относительно неподвижного наблюдателя ракета движется со скоростью, равной $0,6$ скорости света в вакууме. Как изменится длина стальной метровой линейки и плотность вещества, из которого она изготовлена, в ракете (вдоль линии движения) для неподвижного наблюдателя? Какое пройдет время по часам неподвижного наблюдателя, если по часам в движущейся ракете прошло 6 лет?
5. С какой скоростью v должна лететь частица относительно системы отсчета K , для того чтобы собственное время $\Delta \tau_0$ частицы было в 10 раз меньше промежутка $\Delta \tau$, отсчитанного по часам, находящимся в покоящейся системе отсчета K ?

6. Сколько времени для жителей Земли и для космонавтов займет путешествие до звезды в ракете, летящей со скоростью, равной 0,9 скорости света? Расстояние от земного наблюдателя до звезды равно 40 световым годам.

Самостоятельная
работа

24

ЗАВИСИМОСТЬ МАССЫ ОТ СКОРОСТИ

Начальный уровень

1. Обозначим массу покоящегося тела m_0 , а массу того же тела, но движущегося со скоростью v , — m . Укажите все правильные утверждения.
- А. $m_0 > m$.
Б. $m_0 = m$.
В. $m_0 < m$.
2. Обозначим массу покоящегося тела m_0 , а массу того же тела, но движущегося со скоростью v , — m . Укажите все правильные утверждения.

А. $m = m_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

Б. $m_0 = m$.

В. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

3. Обозначим импульс покоящегося тела $m_0 v$, а импульс того же тела, но движущегося со скоростью v , — p . Укажите все правильные утверждения.

А. $p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Б. $p = m_0 v$.

В. $p = m_0 v \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

4. Как изменяется масса частицы при движении со скоростью $0,9 c$? Укажите все правильные ответы.
 - А. Увеличится в 2,3 раза.
 - Б. Не изменится.
 - В. Уменьшится в 2,3 раза.
5. Как изменяется масса частицы при движении со скоростью $0,8 c$? Укажите все правильные ответы.
 - А. Уменьшится в 1,7 раза.
 - Б. Не изменится.
 - В. Увеличится в 1,7 раза.
6. Масса покоя электрона равна m_0 . До какой скорости нужно разогнать электрон, чтобы масса увеличилась до значения m ? Укажите все правильные утверждения.

А. с.

Б.
$$v = c \sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2}$$

В.
$$v = \frac{c}{\sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2}}$$

Средний уровень

1. Какова масса протона в системе отсчета, относительно которой он движется со скоростью $0,8$ скорости света?
2. Масса покоя электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. В ускорителе этот электрон разогнали до скорости, равной $0,5$ скорости света. Определите массу электрона при этих условиях.
3. Во сколько раз увеличивается масса частицы при движении со скоростью $0,99 c$?
4. Определите скорость движения протона в ускорителе, если масса протона возросла в 10 раз.
5. При какой скорости релятивистская масса тела возрастает в 2 раза?
6. При какой скорости масса движущегося электрона вчетверо больше массы покоящегося электрона?

Достаточный уровень

1. При какой скорости движения космического корабля масса продуктов питания увеличится в 2 раза? Увеличится ли вдвое время использования запаса питания?
2. С какой скоростью должен двигаться в ускорителе протон, чтобы увеличение его массы не превышало 5%?

3. На сколько увеличивается масса α -частицы при движении со скоростью $0,9c$? Полагать массу покоя α -частицы равной 4 а. е. м.
4. Какую скорость должно иметь тело, чтобы его плотность увеличилась в пять раз?
5. Частица движется со скоростью, равной половине скорости света. Во сколько раз ее масса m больше массы покоя m_0 ?
6. С какой скоростью должен лететь протон ($m_0 = 1 \text{ а. е. м.}$), чтобы его масса стала равна массе покоя α -частицы ($m = 4 \text{ а. е. м.}$)?

Высокий уровень

1. При движении с некоторой скоростью продольные размеры тела уменьшились в два раза. Во сколько раз изменилась масса тела?
2. Во сколько раз изменится плотность тела при движении со скоростью $0,8c$?
3. Отношение заряда движущегося электрона к его массе (удельный заряд электрона) $e/m = 0,88 \times 10^{11} \text{ Кл/кг}$. Определить скорость v электрона.
4. Масса покоя космического корабля 9 т . На сколько увеличивается масса корабля при его движении со скоростью 8 км/с ?
5. Найти отношение заряда электрона к его массе при скорости движения электрона $0,8c$. Отношение заряда электрона к его массе покоя известно.
6. В ракете, движущейся относительно земного наблюдателя со скоростью $2,4 \cdot 10^5 \text{ км/с}$, находится тело, масса покоя которого 5 кг , а плотность $7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Определить релятивистские массу и плотность тела.

*Самостоятельная
работа*

25

ЗАКОН ВЗАИМОСВЯЗИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ

Начальный уровень

1. С помощью теории относительности Эйнштейн установил формулу связи между энергией и массой. Укажите все правильные утверждения.

А. $E = mc^2$.

Б. $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$.

$$\text{В. } E = m\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

2. Какое из приведенных ниже выражений представляет собой энергию покоя системы? Укажите все правильные ответы.
- А. $m_0c^2 + \frac{m_0v^2}{2}$.
- Б. m_0c^2 .
- В. $\frac{m_0v^2}{2c}$.
3. Какое из приведенных ниже выражений представляет собой полную энергию системы? Укажите все правильные ответы.
- А. mc^2 .
- Б. $m_0c^2 + \frac{m_0v^2}{2}$.
- В. $\frac{m_0}{1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}}$.
4. Какова полная энергия тела массой 1 кг? Укажите правильный ответ.
- А. $3 \cdot 10^8$ Дж.
- Б. $9 \cdot 10^{16}$ Дж.
- В. $3,3 \cdot 10^{-8}$ Дж.
5. Какие изменения с массой тела происходят при конденсации? Укажите правильный ответ.
- А. Увеличивается.
- Б. Не изменяется.
- В. Уменьшается.
6. Какие изменения с массой тела происходят при нагревании? Укажите правильный ответ.
- А. Увеличивается.
- Б. Не изменяется.
- В. Уменьшается.

Средний уровень

1. Какому изменению массы соответствует изменение энергии на 4,19 Дж?
2. Найти изменение энергии, соответствующее изменению массы на 1 а.е.м.
3. Солнце излучает в пространство каждую секунду около $3,75 \times 10^{26}$ Дж энергии. На сколько каждую секунду уменьшается масса Солнца?

4. Масса поезда 2000 т. На сколько увеличится его масса при движении со скоростью 15 м/с ?
5. Найти, во сколько раз увеличивается масса электрона при прохождении им разности потенциалов 1 МВ. Масса покоя электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, его заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
6. Найдите кинетическую энергию электрона, движущегося со скоростью 0,6 с.

Достаточный уровень

1. Чайник с 2 кг воды нагрели от 10 °С до кипения. На сколько изменилась масса воды?
2. На сколько увеличится масса пружины жесткостью 10 кН/м при ее растяжении на 3 см?
3. Груз массой 18 т подъемный кран поднял на высоту 5 м. На сколько изменилась масса груза?
4. На сколько изменится масса 1 кг льда при его плавлении? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг.
5. На сколько уменьшится масса 10 кг воды при замерзании?
6. На сколько отличается масса покоя продуктов сгорания 1 кг каменного угля от массы покоя веществ, вступивших в реакцию?

Высокий уровень

1. 1 кг воды, взятой при температуре 0 °С, превратили в стоградусный пар. На сколько масса пара больше массы воды? Удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/кг · К, удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг.
2. Масса покоящегося поезда 3000 т. На какую величину увеличится масса поезда при движении со скоростью 72 км/ч?
3. При какой скорости движения частицы ее кинетическая энергия равна энергии покоя?
4. Релятивистская масса электрона в 5 раз больше его массы покоя. Определить кинетическую энергию электрона и его импульс. Масса покоя электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.
5. Во сколько раз релятивистская масса протона, имеющего кинетическую энергию 10^{10} МэВ, больше массы покоящегося протона?
6. Выразите полную энергию W релятивистской частицы и ее кинетическую энергию W_k через массу покоя m_0 и импульс p .

СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ

Самостоятельная
работа

26

ФОТОЭФФЕКТ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений наиболее точно определяет понятие фотоэффекта? Укажите правильный ответ.
 - А. Испускание электронов веществом в результате его нагревания.
 - Б. Вырывание электронов из вещества под действием света.
 - В. Увеличение электрической проводимости вещества под действием света.
2. Какое из приведенных ниже выражений точно определяет понятие работы выхода? Укажите правильный ответ.
 - А. Энергия, необходимая для отрыва электрона от атома.
 - Б. Кинетическая энергия свободного электрона в веществе.
 - В. Энергия, необходимая свободному электрону для вылета из вещества.
3. Какое из приведенных ниже выражений позволяет рассчитать энергию кванта излучения? Укажите все правильные ответы.
 - А. $A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}$.
 - Б. $h\nu - E_{\text{к}}$.
 - В. $A_{\text{в}} + \frac{mv^2}{2}$.
4. При каком условии возможен фотоэффект? Укажите все правильные ответы.
 - А. $h\nu > A_{\text{в}}$.
 - Б. $h\nu = A_{\text{в}}$.
 - В. $h\nu < A_{\text{в}}$.
5. Чему равна максимальная кинетическая фотоэлектронов, вырываемых из металла под действием фотонов с энергией 8×10^{-19} Дж, если работа выхода $2 \cdot 10^{-19}$ Дж? Укажите все правильные ответы.
 - А. $10 \cdot 10^{-19}$ Дж.
 - Б. $6 \cdot 10^{-19}$ Дж.
 - В. $5 \cdot 10^{-19}$ Дж.

6. Укажите вещество, для которого возможен фотоэффект под действием фотонов с энергией $4,8 \cdot 10^{-19}$ Дж. Укажите все правильные утверждения.

А. Платина ($A_{\text{в}} = 8,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.)

Б. Серебро ($A_{\text{в}} = 6,9 \cdot 10^{-19}$ Дж.)

В. Литий ($A_{\text{в}} = 3,8 \cdot 10^{-19}$ Дж.)

Средний уровень

1. Наибольшая длина волны света, при которой наблюдается фотоэффект для калия, $6,2 \cdot 10^{-5}$ см. Найти работу выхода электронов из калия.
2. Определить наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия, при освещении его светом с длиной волны 400 нм.
3. Определить красную границу фотоэффекта для платины.
4. Найти работу выхода электрона с поверхности некоторого материала, если при облучении этого материала желтым светом скорость выбитых электронов равна $0,28 \cdot 10^6$ м/с. Длина волны желтого света равна 590 нм.
5. Какой кинетической энергией обладают электроны, вырванные с поверхности меди, при облучении ее светом с частотой 6×10^{16} Гц?
6. Какую максимальную кинетическую энергию имеют электроны, вырванные из оксида бария, при облучении светом частотой 1 ПГц?
7. Какой длины волны свет надо направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была 2 Мм/с?
8. Наибольшая длина волны света, при которой происходит фотоэффект для вольфрама, 0,275 мкм. Найти работу выхода электронов из вольфрама; наибольшую скорость электронов, вырванных из вольфрама светом с длиной волны 0,18 мкм.

Достаточный уровень

1. На металлическую пластину падает монохроматический свет длиной волны $\lambda = 0,42$ мкм. Фототок прекращается при задерживающем напряжении 0,95 В. Определить работу выхода электронов с поверхности пластины.
2. При фотоэффекте с поверхности серебра задерживающий потенциал оказался равным 1,2 В. Вычислить частоту падающего света.
3. Рентгеновская трубка работает под напряжением 60 кВ. Определить максимальную энергию фотона рентгеновского излучения и максимальную длину волны этого излучения.
4. Если поочередно освещать поверхности металлов излучением с длинами волн 350 и 540 нм, то максимальные скорости фотоэлектронов будут отличаться в два раза. Определить работу выхода электрона для этого металла.

5. Красная граница фотоэффекта для металла $6,2 \cdot 10^{-5}$ см. Найти величину запирающего напряжения для фотоэлектронов при освещении металла светом с длиной волны 330 нм.
6. К вакуумному фотоэлементу, у которого катод выполнен из цезия, приложено запирающее напряжение 2 В. При какой длине волны падающего на катод света появится фототок.
7. Какое запирающее напряжение надо подать, чтобы электроны, вырванные ультрафиолетовым светом с длиной волны 100 нм из вольфрамового катода, не могли создать ток в цепи?
8. Под каким напряжением работает рентгеновская трубка, если самые «жесткие» лучи в ее рентгеновском спектре имеют частоту $\nu = 10^{19}$ Гц?

Высокий уровень

1. Найти длину волны света, которым освещается поверхность металла, если фотоэлектроны имеют кинетическую энергию $4,5 \times 10^{-16}$ Дж, а работа выхода электрона из металла равна $7,5 \times 10^{-19}$ Дж.
2. Уединенный цинковый шарик облучают монохроматическим светом длиной волны 4 нм. До какого потенциала зарядится шарик? Работа выхода электрона из цинка равна 4,0 эВ.
3. Какая часть энергии фотона, вызывающего фотоэффект, расходуется на работу выхода, если наибольшая скорость электронов, вырванных с поверхности цинка, составляет 10^6 м/с? Красная граница фотоэффекта для цинка соответствует длине волны 290 нм.
4. На поверхность металла падает поток излучения с длиной волны 0,36 мкм, мощность которого 5 мкВт. Определить силу фототока насыщения, если 5% всех падающих фотонов выбивают из металла электроны.
5. При освещении поверхности некоторого металла фиолетовым светом с длиной волны 0,40 мкм выбитые светом электроны полностью задерживаются запирающим напряжением 2,0 В. Чему равно запирающее напряжение при освещении того же металла красным светом с длиной волны 0,77 мкм?
6. Для измерения постоянной Планка катод вакуумного фотоэлемента освещается монохроматическим светом. При длине волны излучения 620 нм ток фотоэлектронов прекращается, если в цепь между катодом и анодом включить задерживающий потенциал не меньше определенного значения. При увеличении длины волны на 25% задерживающий потенциал оказывается на 0,4 В меньше. Определить по этим данным постоянную Планка.

**ФОТОНЫ.
ЭФФЕКТ КОМПТОНА**

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений наиболее точно определяет свойства фотона? Укажите правильный ответ.
 - А. Частица, движущаяся с большой скоростью и обладающая массой, зависящей от скорости.
 - Б. Частица, движущаяся со скоростью света и обладающая массой покоя, отличной от нуля.
 - В. Частица, движущаяся со скоростью света, масса покоя которой равна нулю.
2. Какое из выражений определяет энергию фотона? Укажите правильный ответ.
 - А. $\frac{mv^2}{2}$.
 - Б. $\frac{h\nu}{c}$.
 - В. $h\nu$.
3. Какой из фотонов, соответствующий красному или фиолетовому свету, имеет больший импульс? Укажите правильный ответ.
 - А. Красному.
 - Б. Фиолетовому.
 - В. Импульсы обоих фотонов одинаковы.
4. Какое из приведенных ниже выражений соответствует импульсу фотона? Укажите правильный ответ.
 - А. $\frac{h\nu}{c^2}$.
 - Б. $\frac{h\nu}{c}$.
 - В. $\frac{h}{\lambda}$.
5. Какой из фотонов, соответствующий красному или фиолетовому свету, имеет меньшую энергию? Укажите правильный ответ.
 - А. Красному.
 - Б. Фиолетовому.

В. Энергии обоих фотонов одинаковы.

6. Какое из выражений определяет массу фотона? Укажите правильный ответ.

А. $\frac{h\nu}{c^2}$.

Б. $\frac{h\nu}{\lambda}$.

В. $h\nu$.

Средний уровень

1. Определить длину волны лучей, фотоны которых имеют такую же энергию, что и электрон, ускоренный напряжением 4 В.
2. К какому виду следует отнести лучи, энергия фотонов которых равна 4140 эВ?
3. К какому виду следует отнести лучи, энергия фотонов которых равна 2,07 эВ?
4. Найти частоту и длину волны излучения, масса фотонов которых равна массе покоя электрона.
5. Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ?
6. Зная, что длина электромагнитного излучения $5,5 \cdot 10^{-7}$ м, найти частоту и энергию фотона (в Дж и эВ).
7. Определить энергию фотона для оранжевых лучей с длиной волны 0,6 мкм.
8. Определить энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным (760 нм) и наиболее коротким (380 нм) волнам видимой части спектра.

Достаточный уровень

1. Гелий-неоновый лазер непрерывно излучает свет с длиной волны 630 нм. Сколько фотонов излучает лазер за одну секунду, если его мощность равна 2,0 мВт?
2. Глаз после длительного пребывания в темноте способен воспринимать свет длиной волны 0,5 мкм при помощи излучения, равного $2,1 \cdot 10^{-17}$ Вт. Сколько фотонов попадает при этом на сетчатку глаза за 1 с?
3. Сколько фотонов за секунду излучает нить электрической лампы с полезной мощностью 1 Вт, если средняя длина волны излучения 1 мкм?
4. Какова мощность источника света, испускающего $5 \cdot 10^{13}$ фотонов за 1 с? Длина волны излучения 0,1 нм.
5. При какой температуре атом гелия будет иметь кинетическую энергию, достаточную для того, чтобы ударом возбудить атом другого химического элемента, излучающего фотоны с длиной

волны 0,63 мкм? Какова средняя квадратичная скорость атома гелия при этой температуре?

6. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов за 1 с. Найти длину волны излучения.
7. Капля воды объемом 0,2 мл нагревается светом с длиной волны 0,75 мкм, поглощая каждую секунду 10^{10} фотонов. Определить скорость нагревания воды.
8. Найдите длину волны λ электромагнитного излучения, если энергия одного кванта этого излучения равна энергии покоя электрона. С какой скоростью v должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу такого фотона? Чему равно отношение энергии W движущегося с этой скоростью электрона к энергии W_γ фотона?

Высокий уровень

1. На сколько изменяется длина волны рентгеновских лучей при комптоновском рассеянии под углом 60° ? ($\lambda_k = 2,4263 \cdot 10^{-12}$ м.)
2. Найти длину волны рентгеновских лучей ($\lambda = 20$ пм) после комптоновского рассеяния под углом 90° .
3. Длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась на 0,3 пм. Найти угол рассеяния.
4. Длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась с 2 пм до 2,4 пм. Найти энергию электронов отдачи.
5. Рентгеновские лучи с длиной волны 20 пм рассеиваются под углом 90° . Найти импульс электронов отдачи.
6. При взаимодействии с веществом рентгеновское излучение с длиной волны λ рассеивается. При этом длина волны излучения, отклонившегося от первоначального направления распространения на угол θ , увеличивается на $\Delta\lambda$. Выразите величину $\Delta\lambda$ через угол θ , рассматривая рассеяние как результат столкновений рентгеновских фотонов с неподвижными свободными электронами. Учтите, что вследствие таких столкновений электроны приобретают скорости, сравнимые со скоростью света.
7. Длина волны рентгеновского излучения после комптоновского рассеяния увеличилась с $\lambda_1 = 2,0$ пм до $\lambda_2 = 2,4$ пм. Какова кинетическая энергия W_k вылетающих электронов (выразите ее в МэВ) и их скорость v ? Найдите также угол рассеяния θ рентгеновского излучения и угол α между направлением вылета электронов и направлением падающего излучения.
8. Движущаяся нейтральная частица распалась на два фотона. Какова была скорость v этой частицы, если фотоны летят под углами θ_1 и θ_2 к направлению движения частицы?

ДАВЛЕНИЕ СВЕТА. ОПЫТЫ ЛЕБЕДЕВА

Начальный уровень

1. В каком случае давление света больше: при падении его на зеркальную поверхность или на черную?
2. Как объяснить давление света с точки зрения электромагнитной теории?
3. Как объяснить давление света с точки зрения квантовой теории?
4. Объясните идею опыта П.Н.Лебедева.
5. Что доказали опыты П.Н.Лебедева?
6. Опишите установку П.Н.Лебедева для измерения давления света.

Средний уровень

1. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
2. Свет оказывает на поверхность тем большее давление, чем полнее она его отражает. Как это объяснить?
3. Каким образом можно объяснить отклонение кометных хвостов при прохождении кометы вблизи Солнца?
4. Если комета видна на небе с вечера, то в какую сторону направлен ее хвост?
5. Частичка в хвосте кометы приобрела ускорение под действием солнечного света. Поясните причину увеличения ее кинетической энергии и сравните энергию падающих и отраженных фотонов.
6. Когда свет падает на поглощающую его поверхность, фотоны перестают существовать. Не противоречит ли это закону сохранения импульса?

Достаточный уровень

1. Излучение с энергией 15 Дж освещает площадку в 2 см^2 в течение 1 мин. Определить давление, производимое излучением на поверхность в случае, когда площадка полностью поглощает лучи.
2. Давление солнечного света на поверхность Земли составляет $4,7 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$. Определить энергию излучения, падающего ежесекундно на каждый квадратный метр поверхности Земли, расположенной перпендикулярно лучам.

3. На каждый квадратный сантиметр черной поверхности каждую секунду падает $2,8 \cdot 10^{17}$ квантов излучения с длиной волны 400 нм. Какое давление создает это излучение на поверхность?
4. На каждый квадратный метр черной поверхности каждую секунду падает $2,5 \cdot 10^{15}$ фотонов рентгеновского излучения с частотой $7 \cdot 10^{19}$ Гц. Какое давление создает это излучение?
5. Какое давление производит световое излучение на 1 м^2 черной поверхности, которая получает с излучением 500 Дж энергии каждую секунду?
6. Пучок света с длиной волны 0,49 мкм, падая перпендикулярно поверхности, производит на нее давление 5 мкПа. Сколько фотонов падает каждую секунду на 1 м^2 этой поверхности? Коэффициент отражения света от данной поверхности 0,25.

Высокий уровень

1. На поверхность площадью 100 см^2 каждую минуту падает 63 Дж световой энергии. Найти световое давление в случаях, когда поверхность полностью отражает и полностью поглощает все излучение.
2. Найти давление света на стенки колбы электрической лампы мощностью 100 Вт. Колба лампы — сфера радиусом 5 см, стенки которой отражают 10% падающего на них света. Считать, что вся потребляемая лампой мощность идет на излучение.
3. В научной фантастике описываются космические яхты с солнечным парусом, движущиеся под действием давления солнечных лучей. Через какое время яхта массой 1 т приобрела бы скорость 50 м/с, если площадь паруса 1000 м^2 , а среднее давление солнечных лучей 10 мкПа? Какой путь прошла бы яхта за это время? Начальную скорость яхты относительно Солнца считать равной нулю.
4. Космический корабль, находящийся на околосолнечной орбите, раскрывает солнечный парус площадью 100 км^2 . Найдите максимальную силу давления солнечного излучения на идеально отражающий парус. Интенсивность солнечного излучения вблизи паруса равна $1,4 \text{ кВт/м}^2$.
5. Пучок лазерного излучения мощностью 100 Вт падает на непрозрачную пластинку под углом 30° . Пластинка поглощает 60% падающей энергии, а остальную часть энергии зеркально отражает. Найдите величину силы, действующей на пластинку со стороны света.
6. Пучок лазерного излучения мощностью 100 Вт падает на непрозрачную пластинку под углом 60° . Пластинка пропускает 40% падающей энергии, а остальную зеркально отражает. Найдите абсолютную величину силы, действующей на пластинку со стороны света.

КВАНТОВЫЕ ПОСТУЛАТЫ БОРА

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже высказываний выражает первый постулат Бора? Укажите все правильные ответы.
 - А. Атом состоит из ядра и электронов. Заряд и почти вся масса атома сосредоточены в ядре.
 - Б. Положительный заряд атома рассредоточен по всему объему атома, а отрицательно заряженные электроны «вкраплены» в него.
 - В. Существуют стационарные орбиты, двигаясь по которым электрон не излучает электромагнитных волн.
2. Какое из приведенных ниже высказываний выражает второй постулат Бора? Укажите все правильные ответы.
 - А. Атом состоит из ядра и обращающихся вокруг ядра электронов. Положительный заряд и почти вся масса атома сосредоточены в ядре.
 - Б. При переходе электрона с орбиты на орбиту атом излучает (или поглощает) квант электромагнитной энергии.
 - В. Атом состоит из ядра и электронов. Заряд и почти вся масса атома сосредоточены в ядре.
3. Чему равна частота фотона, излучаемого при переходе из возбужденного состояния E_1 в основное состояние E_0 ? Укажите все правильные ответы.
 - А. $\frac{E_0}{h}$.
 - Б. $\frac{E_1 + E_0}{h}$.
 - В. $\frac{E_1 - E_0}{h}$.
4. Какие из приведенных ниже утверждений соответствуют смыслу постулатов Бора? Укажите все правильные ответы.
 - А. В атоме электроны движутся по круговым орбитам и излучают при этом электромагнитные волны.

- Б. Атом может находиться только в одном из стационарных состояний, в стационарных состояниях атом энергию не излучает.
- В. При переходе из одного стационарного состояния в другое атом поглощает или излучает квант электромагнитного излучения.
5. Чему равна энергия фотона, излучаемого при переходе из возбужденного состояния E_1 в основное состояние E_0 ? Укажите все правильные ответы.
- А. $E_1 + E_0$.
 - Б. $E_1 - E_0$.
 - В. E_1 .
6. Какое из приведенных ниже высказываний правильно описывает способность атомов к излучению и поглощению энергии при переходе между двумя различными стационарными состояниями? Укажите все правильные ответы.
- А. Может излучать и поглощать фотоны любой энергии.
 - Б. Может излучать и поглощать фотоны лишь с некоторыми значениями энергии.
 - В. Может излучать фотоны любой энергии, а поглощать лишь с некоторыми значениями энергии.

Средний уровень

1. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Как при этом изменилась энергия атома? Почему?
2. Как изменилась энергия атома водорода, если электрон в атоме перешел с первой орбиты на третью, а потом обратно?
3. Сколько квантов с различной энергией может испустить атом водорода, если электрон находится на третьей орбите?
4. Электрон в атоме водорода перешел с пятого энергетического уровня на второй. Как при этом изменилась энергия атома? Почему?
5. Чем отличается атом, находящийся в стационарном состоянии, от атома в возбужденном состоянии?
6. При облучении атома водорода электроны перешли с первой стационарной орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние они переходили сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую. Что можно сказать об энергии квантов, поглощенных и излученных атомом?

Достаточный уровень

1. При переходе атома водорода из четвертого энергетического состояния во второе излучаются фотоны с энергией 2,55 эВ (зеле-

- ная линия водородного спектра). Определить длину волны этой линии спектра.
- Для ионизации атома азота необходима энергия 14,53 эВ. Найти длину волны излучения, которое вызовет ионизацию.
 - На сколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $4,86 \cdot 10^{-7}$ м?
 - При переходе электрона в атоме водорода с третьей стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны, соответствующие длине волны $6,52 \cdot 10^{-7}$ м, дающие красную линию водородного спектра. Какую энергию теряет атом водорода при излучении этого фотона?
 - При одном из переходов электрона в атоме водорода из одного стационарного уровня на другой произошло излучение кванта света с частотой $4,57 \cdot 10^{14}$ с⁻¹. Определить, на сколько изменилась энергия электрона в атоме в результате этого излучения.
 - При переходе электрона в атоме водорода из одного энергетического уровня на другой энергия атома уменьшилась на 1,89 эВ. При этом атом излучает квант света. Определить длину волны этого излучения.

Высокий уровень

- Как изменится скорость электрона водорода во время перехода с первого уровня на n -й уровень?
 - Определите длину волны излучения λ при переходе атома водорода из одного энергетического состояния в другое. Разница в энергиях этих состояний 1,892 эВ.
- У какого атома наименьшее количество возможных уровней энергии?
 - Для ионизации атома кислорода необходима энергия около 14 эВ. Найдите частоту излучения, которое может вызвать ионизацию.
- Одинаковая ли энергия необходима для того, чтобы оторвать от атома гелия: 1) первый электрон; 2) второй электрон?
 - Атом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое испускает последовательно два кванта с длинами волн $\lambda_1 = 40\,510 \cdot 10^{-10}$ м и $\lambda_2 = 972,5 \cdot 10^{-10}$ м. Определить изменение энергии атома водорода.
- Во сколько раз кинетическая энергия электрона на 1-й орбите отличается от кинетической энергии на n -й орбите атома водорода?
 - При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ. Какова длина волны излучения, которое испускает атомы ртути при переходе в невозбужденное состояние?

5. а) В атоме водорода есть ограничение на минимальное расстояние электрона до ядра. Есть ли ограничение на максимальное расстояние между электроном и ядром?
- б) Электрон в невозбужденном атоме водорода получил энергию 12 эВ. На какой энергетический уровень он перешел? Сколько линий можно будет увидеть в спектре излучений при переходе электрона на более низкие энергетические уровни? Энергия основного состояния атома водорода 13,5 эВ.
6. а) Во сколько раз изменится энергия электрона на первой орбите атома водорода при увеличении заряда ядра в k раз?
- б) Электрон, обладающий вдали от покоящегося протона скоростью $1,875 \cdot 10^6$ м/с, захватывается последним, в результате чего образуется возбужденный атом водорода. Определить длину волны фотона, который испускается при переходе атома в нормальное состояние.

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Самостоятельная
работа

30

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ. ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Начальный уровень

1. В каком из перечисленных ниже приборов для регистрации ядерных излучений используется след из капель жидкости в газе при прохождении через него быстрой заряженной частицы? Выберите правильный ответ.
 - А. Счетчик Гейгера.
 - Б. Камера Вильсона.
 - В. Пузырьковая камера.
2. В каком из перечисленных ниже приборов для регистрации ядерных излучений прохождение быстрой заряженной частицы вызывает появление импульса электрического тока в газе? Выберите правильный ответ.
 - А. Счетчик Гейгера.
 - Б. Ионизационная камера.
 - В. Камера Вильсона.
3. В каком из перечисленных ниже приборов для регистрации ядерных излучений используется след из пузырьков пара жидкости при прохождении через него быстрой заряженной частицы? Выберите правильный ответ.
 - А. Камера Вильсона.
 - Б. Пузырьковая камера.
 - В. Толстослойная фотоэмульсия.
4. В каком из перечисленных ниже приборов для регистрации ядерных излучений прохождение быстрой заряженной частицы вызывает образование скрытого изображения следа этой частицы? Выберите правильный ответ.
 - А. Пузырьковая камера.
 - Б. Толстослойная фотоэмульсия.
 - В. Камера Вильсона.

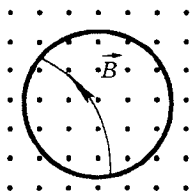
5. Укажите правильное окончание фразы: «Действие камеры Вильсона основано на ...»
- А. ... явлении кратковременного свечения некоторых веществ, которое вызывает движущаяся частица.
 - Б. ... конденсации пересыщенного пара на ионах, которые создает вдоль своей траектории движущаяся частица.
 - В. ... явлении парообразования в перегретой жидкости на ионах, которые образуются вдоль траектории движущейся частицы.
6. Укажите правильное окончание фразы: «Действие пузырьковой камеры основано на...»
- А. ... разрушении отдельных молекул в кристалликах вещества движущейся частицей.
 - Б. ... явлении парообразования в перегретой жидкости на ионах, которые образуются вдоль траектории движущейся частицы.
 - В. ... конденсации пересыщенного пара на ионах, которые создает вдоль своей траектории движущаяся частица.

Средний уровень

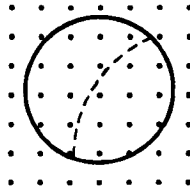
1. Каков принцип действия газоразрядного счетчика Гейгера?
2. Каков принцип действия камеры Вильсона?
3. Каков принцип действия фотоэмульсионного метода наблюдения и регистрации частиц?
4. Каков принцип действия пузырьковой камеры?
5. Какие преимущества имеет пузырьковая камера по сравнению с камерой Вильсона?
6. Как с помощью камеры Вильсона можно определить природу частицы, пролетевшую в камере, ее энергию, скорость?

Достаточный уровень

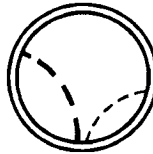
1. На рисунке показан трек частицы в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. Вектор индукции магнитного поля направлен к нам. Частица летит снизу вверх. Определить знак заряда частицы.



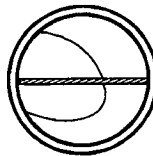
2. На рисунке пунктиром показан трек электрона в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. В каком направлении двигался электрон, если линии индукции поля направлены к нам?



3. Скорость α -частицы в среднем в 15 раз меньше скорости β -частицы. Почему α -частицы (жирный трек на рисунке) слабее отклоняются магнитным полем?



4. В камере Вильсона, перегородженной твердой пластинкой, замечен след частицы. В какую сторону двигалась частица? Каков знак ее заряда, если линии индукции магнитного поля направлены перпендикулярно плоскости чертежа, к читателю?

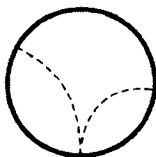


5. На рисунке показан трек положительно заряженной частицы в камере Вильсона. Частица прошла через слой свинца AB . Как двигалась частица: сверху вниз или наоборот?



6. На рисунке представлены следы электрона и позитрона, полученные в камере Вильсона. Камера находилась в магнитном по-

ле, направленном от читателя перпендикулярно рисунку. Какой из следов принадлежит электрону, а какой — позитрону? Какая частица имеет большую кинетическую энергию?



Высокий уровень

1. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 суток. Найти период полураспада.
2. Имеются $25 \cdot 10^6$ атомов радия. Со сколькими из них произойдет радиоактивный распад за одни сутки, если период полураспада радия 1620 лет?
3. Период полураспада изотопа йода $^{131}\text{I}_{53}$ составляет 8 суток. Чему равно среднее время его жизни?
4. Какая доля радиоактивного цезия $^{137}\text{Cs}_{55}$, период полураспада которого 30 лет, распадается за 1 год? Определите постоянную распада.
5. Каков период T полураспада изотопа, если за сутки распадается в среднем 900 атомов из 1000?
6. Период полураспада радиоактивного йода-131 равен восьми суткам. За какое время t количество атомов йода-131 уменьшится в 1000 раз?

Самостоятельная
работа

31

РАДИОАКТИВНОСТЬ. ПРАВИЛА СМЕЩЕНИЯ

Начальный уровень

1. Что представляет собой альфа-излучение? Укажите правильный ответ.
 - А. Поток ядер водорода.
 - Б. Поток ядер гелия.

- В. Поток нейтронов.
2. Что представляет собой **гамма-излучение**? Укажите правильный ответ.
 - А. Поток нейтронов.
 - Б. Поток быстрых электронов.
 - В. Поток квантов электромагнитного излучения.
 3. Что представляет собой **бета-излучение**? Укажите правильный ответ.
 - А. Поток быстрых электронов.
 - Б. Поток квантов электромагнитного излучения.
 - В. Поток нейтронов.
 4. Элемент ${}^A_Z X$ испытал α -распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y? Укажите правильный ответ.
 - А. ${}^{A-4}_{Z+1} Y$.
 - Б. ${}^{A-4}_{Z-2} Y$.
 - В. ${}^A_{Z-1} Y$.
 5. Элемент ${}^A_Z X$ испытал β -распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y? Укажите правильный ответ.
 - А. ${}^{A-4}_{Z-2} Y$.
 - Б. ${}^A_{Z-1} Y$.
 - В. ${}^A_{Z+1} Y$.
 6. Какое из трех типов излучений: α , β или γ обладает наибольшей проникающей способностью?
 - А. α .
 - Б. β .
 - В. γ .

Средний уровень

1. Что такое γ -излучение? Чем оно отличается от рентгеновского излучения?
2. Чем обусловлена потеря энергии α -частицей при ее движении в воздухе?
3. Изменяется ли химическая природа элемента при испускании γ -лучей его ядрами?
4. Когда ионизирующая способность α -частиц меньше, чем γ -излучения?

5. Под действием какой силы α - и β -излучения отклоняются в магнитном поле?
6. Какое из трех α , β и γ -излучений не отклоняется магнитным и электрическим полями?

Достаточный уровень

1. Что произойдет с изотопом урана-237 при β -распаде? Как изменится массовое число нового элемента? Влево или вправо в таблице Менделеева происходит сдвиг? Записать реакцию.
2. Записать реакцию непосредственного превращения актиния-227 во франций-223; α - или β -распад имеет здесь место?
3. Ядро изотопа $^{211}\text{Bi}_{83}$ получилось из другого ядра после последовательных α - и β -распадов. Что это за ядро?
4. Во что превращается $^{238}\text{U}_{92}$ после α -распада и двух β -распадов?
5. Во что превращается изотоп тория $^{234}\text{Th}_{90}$, ядра которого претерпевают три последовательных α -распада?
6. Ядра изотопа $^{232}\text{Th}_{90}$ претерпевают α -распад, два β -распада и еще один α -распад. Какие ядра после этого получаются?
7. Радиоактивный атом $^{232}\text{Th}_{90}$ превратился в атом $^{212}\text{Bi}_{83}$. Сколько при этом произошло α - и β -распадов?
8. В какое вещество превращается $^{210}\text{Tl}_{81}$ после трех последовательных β -распадов и одного α -распада?

*Самостоятельная
работа*

32

СОСТАВ АТОМНЫХ ЯДЕР. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

Начальный уровень

1. Чему равны число протонов (Z) и число нейтронов (N) в изотопе лития $^7\text{Li}_3$? Укажите правильный ответ.
 - А. $Z = 3, N = 7$.
 - Б. $Z = 7, N = 3$.
 - В. $Z = 3, N = 4$.

2. Первую в мире ядерную реакцию с получением нового элемента получил Резерфорд: $^{14}\text{N}_7 + ^4\text{He}_2 \rightarrow \text{X} + ^1\text{H}_1$. Какой элемент получил Резерфорд? Укажите правильный ответ.
- А. $^{19}\text{F}_9$.
 - Б. $^{17}\text{O}_8$.
 - В. $^{16}\text{O}_8$.
3. Чему равны число протонов (Z) и число нейтронов (N) в изотопе фтора $^{19}\text{F}_9$? Укажите правильный ответ.
- А. Z = 9, N = 19.
 - Б. Z = 19, N = 9.
 - В. Z = 3, N = 4.
4. Полное превращение элементов впервые наблюдалось в реакции $^7\text{Li}_3 + ^1\text{H}_1 \rightarrow ?$, в результате которой появилось два одинаковых атома. Что это за атомы Укажите правильный ответ.
- А. Водород.
 - Б. Гелий.
 - В. Бериллий.
5. Чему равны число протонов (Z) и число нейтронов (N) в изотопе бора $^{11}\text{B}_5$? Укажите правильный ответ.
- А. Z = 5, N = 11.
 - Б. Z = 119, N = 5.
 - В. Z = 5, N = 6.
6. Укажите второй продукт ядерной реакции:
- $$^7\text{Li}_3 + ^1\text{H}_1 \rightarrow ^4\text{He}_2 + ?$$
- Укажите правильный ответ.
- А. n.
 - Б. p.
 - В. $^4\text{He}_2$.

Средний уровень

1. Каков состав ядер водорода $^3\text{H}_1$ и урана $^{238}\text{U}_{92}$? Что можно сказать о количестве нейтронов в ядрах с возрастанием их порядкового номера?
2. Каков состав изотопов неона $^{20}\text{Ne}_{10}$, $^{21}\text{Ne}_{10}$ и $^{22}\text{Ne}_{10}$? Что характерно для изотопов одного элемента?
3. Определить состав ядер атомов лития, изотопов водорода с массовыми числами 1 и 2.
4. Каков состав ядер натрия $^{23}\text{Na}_{11}$, фтора $^{19}\text{F}_9$ и менделевия $^{257}\text{Md}_{101}$?
5. Каков состав ядер серебра $^{107}\text{Ag}_{47}$, кюрия $^{247}\text{Cm}_{96}$ и радия $^{226}\text{Ra}_{88}$?
6. Каков состав ядер германия $^{73}\text{Ge}_{32}$, ниобия $^{93}\text{Nb}_{41}$ и свинца $^{207}\text{Pb}_{82}$?

Достаточный уровень

1. Допишите реакции:
 - а) $^{239}\text{Pu}_{94} + ^4\text{He}_2 \rightarrow ? + ^1n_0$;
 - б) $^2\text{H}_1 + \gamma \rightarrow ^1\text{H}_1 + ?$
2. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:
 - а) $^{27}\text{Al}_{13} + ^1n_0 \rightarrow ? + ^4\text{He}_2$;
 - б) $^{55}\text{Mn}_{25} + ? \rightarrow ^{56}\text{Fe}_{26} + ^1n_0$.
3. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:
 - а) $? + ^1\text{H}_1 \rightarrow ^{22}\text{Na}_{11} + ^4\text{He}_2$;
 - б) $^{27}\text{Al}_{13} + \gamma \rightarrow ^{26}\text{Mg}_{12} + ?$
4. Допишите реакции:
 - а) $^{10}\text{B}_5 + ^1n_0 \rightarrow ? + ^4\text{He}_2$;
 - б) $^{55}\text{Mn}_{25} + ^1\text{H}_1 \rightarrow ? + ^1n_0$.
5. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:
 - а) $^6\text{Li}_3 + ^1p_1 \rightarrow ? + ^4\text{He}_2$;
 - б) $? + ^1p_1 \rightarrow ^{22}\text{Na}_{11} + ^4\text{He}_2$.
6. Допишите реакции:
 - а) $^{14}\text{N}_7 + ? \rightarrow ^{17}\text{O}_8 + ^1p_1$;
 - б) $^{14}\text{N}_7 + ? \rightarrow ^{11}\text{B}_5 + ^4\text{He}_2$.

Высокий уровень

1. При облучении изотопа меди $^{63}\text{Cu}_{29}$ протонами реакция может идти несколькими путями: с выделением одного нейтрона; с выделением двух нейтронов; с выделением протона и нейтрона. Ядра каких элементов образуются в каждом случае? Написать ядерные реакции.
2. Радиоактивный марганец $^{54}\text{Mn}_{25}$ получают двумя путями. Первый путь состоит в облучении изотопа железа $^{56}\text{Fe}_{26}$ дейтронами, второй — в облучении изотопа железа $^{54}\text{Fe}_{26}$ нейтронами. Написать ядерные реакции.
3. При бомбардировке азота $^{14}\text{N}_7$ нейтронами из образовавшегося ядра выбрасывается протон. Написать реакцию. Полученное ядро изотопа углерода оказывается β -радиоактивным. Написать происходящую при этом реакцию.
4. При бомбардировке железа $^{56}\text{Fe}_{26}$ нейтронами образуется β -радиоактивный изотоп марганца с атомной массой 56. Написать реакцию получения искусственно радиоактивного марганца и реакцию происходящего с ним β -распада.

5. Когда бор $^{11}\text{B}_5$ захватывает быстро движущийся протон, то в камере Вильсона, где протекает этот процесс, образуются три почти одинаковых трека, расходящихся веером в разные стороны. Какие частицы образовали эти треки? Запишите ядерную реакцию.
6. При бомбардировке α -частицами алюминия образуются новое ядро и нейтрон. Записать ядерную реакцию и определить, ядро какого элемента при этом образуется.

Самостоятельная
работа

33

ДЕФЕКТ МАССЫ. ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ

Начальный уровень

- Какие силы обеспечивают устойчивость атомного ядра? Укажите правильный ответ.
 - Ядерные.
 - Электростатические.
 - Гравитационные.
- Какое соотношение из приведенных ниже справедливо для полных энергий свободных протонов E_p , нейтронов E_n и атомного ядра $E_{\text{я}}$, составленного из них? Укажите правильный ответ.
 - $E_{\text{я}} = E_p + E_n$.
 - $E_{\text{я}} > E_p + E_n$.
 - $E_{\text{я}} < E_p + E_n$.
- Какие силы действуют между нейтронами в ядре? Укажите правильный ответ.
 - Гравитационные.
 - Ядерные.
 - Ядерные и гравитационные.
- Каково соотношение между массой $m_{\text{я}}$ радиоактивного ядра и суммой масс свободных протонов Zm_p и свободных нейтронов Nm_n , из которых составлено это ядро? Укажите правильный ответ.
 - $m_{\text{я}} = (Zm_p + Nm_n)$
 - $m_{\text{я}} < (Zm_p + Nm_n)$
 - $m_{\text{я}} > (Zm_p + Nm_n)$

5. Как изменится масса системы из одного свободного протона и одного нейтрона после соединения их в атомное ядро? Укажите правильный ответ.
- Не изменится.
 - Увеличится.
 - Уменьшится.
6. В справочнике найдены значения массы протона m_p , нейтрона m_n , атома ${}^2\text{H}_1$ дейтерия M и электрона m_e . Какое из приведенных ниже выражений дает значение энергии связи ядра дейтерия? Укажите правильный ответ.
- $(m_p + m_n - M)c^2$.
 - $(M - m_p - m_n)c^2$.
 - $(m_p + m_n - M + m_e)c^2$.

Средний уровень

- Определить дефект массы ядра атома лития в атомных единицах массы и килограммах.
- Определить дефект массы ядра атома бора ${}^{10}\text{B}_5$ в атомных единицах массы и энергетических единицах.
- Пользуясь законом взаимосвязи массы и энергии, вычислите энергию связи между нуклонами в ядре гелия.
- Вычислите энергию связи ядра алюминия ${}^{27}\text{Al}_{13}$.
- Вычислите энергию связи ядра урана ${}^{238}\text{U}_{92}$.
- Найти энергию связи и удельную энергию связи для изотопа ядра углерода ${}^{12}\text{C}_6$

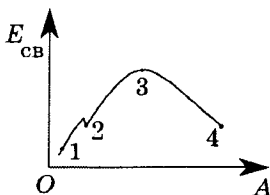
Достаточный уровень

- Найти энергию связи α -частицы в ядре бора ${}^{10}\text{B}_3$.
- Определить дефект массы, энергию связи ядра атома азота ${}^{14}\text{N}_7$. Какая энергия связи приходится на один нуклон?
- Вычислите энергию связи и удельную энергию связи для ядер ${}^7\text{Li}_3$ и ${}^{27}\text{Al}_{13}$.
- Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра лития ${}^7\text{Li}_3$ на нейтроны и протоны.
- Найти удельную энергию связи нуклонов в ядре дейтерия ${}^2\text{H}_1$, ядре кислорода ${}^{16}\text{O}_8$ и ядре полония ${}^{210}\text{Po}_{84}$.
- Определить наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра углерода ${}^{12}\text{C}_6$ на три одинаковые частицы.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЫХОД ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Начальный уровень

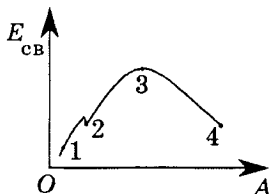
1. Почему при реакциях деления тяжелых ядер выделяется энергия? Укажите правильный ответ.
 - А. Удельная энергия связи ядер атомов, расположенных в конце периодической системы, примерно на 1 МэВ меньше удельной энергии связи в ядрах элементов, расположенных в средней части периодической системы.
 - Б. Удельная энергия связи ядер атомов, расположенных в конце периодической системы, равна удельной энергии связи в ядрах элементов, расположенных в средней части периодической системы.
 - В. Удельная энергия связи ядер атомов, расположенных в конце периодической системы, примерно на 1 МэВ больше удельной энергии связи в ядрах элементов, расположенных в средней части периодической системы.
2. Какая реакция более выгодна с точки зрения получения энергии? Укажите правильный ответ.
 - А. Реакция синтеза ядер водорода ${}^1\text{H}_1$ и дейтерия ${}^2\text{H}_1$.
 - Б. Реакция объединения двух ядер натрия ${}^{23}\text{Na}_{11}$.
 - В. Реакция, происходящая при бомбардировке ядер алюминия ${}^{27}\text{Al}_{13}$ α -частицами.
3. На графике представлена зависимость удельной энергии связи атомных ядер от массового числа.



При синтезе каких ядер, отмеченных на кривой, выделяется наибольшая энергия на один нуклон? Укажите правильный ответ.

- А. 1 и 2.
- Б. 2 и 3.
- В. 3 и 4.

4. При делении ядра урана освобождается большая энергия. Максимальная доля освобождающейся энергии приходится на ... (укажите правильное утверждение):
- ... энергию γ -квантов.
 - ... энергию радиоактивного излучения.
 - ... кинетическую энергию осколков деления.
5. На графике представлена зависимость удельной энергии связи атомных ядер от массового числа.

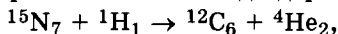


При распаде каких ядер, отмеченных на кривой, выделяется наибольшая энергия на один нуклон? Укажите правильный ответ.

- 1.
 - 2 и 3.
 - 4.
6. При делении одного ядра урана освобождается примерно 200 МэВ энергии. На какой вид энергии приходится максимальная доля освобождающейся при этом энергии? Укажите правильный ответ.
- На кинетическую энергию свободных нейтронов.
 - На кинетическую энергию осколков деления.
 - На энергию нейтрино, испускаемых продуктами деления.

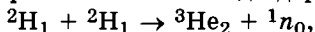
Средний уровень

1. Определить энергетический выход ядерной реакции



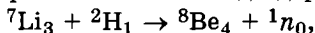
если энергия связи у ядер азота 115,6 МэВ, углерода — 92,2 МэВ, гелия — 28,3 МэВ.

2. Определить энергетический выход ядерной реакции



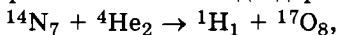
если энергия связи ядра изотопа гелия 7,7 МэВ, ядра атома дейтерия — 2,2 МэВ.

3. Определить энергетический выход ядерной реакции



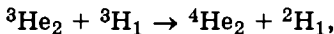
если энергия связи ядра изотопа бериллия 56,4 МэВ, изотопа лития — 39,2 МэВ, дейтерия — 2,2 МэВ.

4. Определить энергетический выход ядерной реакции



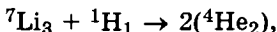
если удельная энергия связи у ядра азота 7,48 МэВ/нук, у ядра гелия — 7,075 МэВ/нук, у ядра атома изотопа кислорода — 7,75 МэВ/нук.

5. Определить энергетический выход ядерной реакции



если энергия связи у ядер атомов изотопа гелия ${}^4\text{He}_2$ 28,3 МэВ, у ядер атомов изотопа гелия ${}^3\text{He}_2$ — 7,7 МэВ, у ядер атомов трития — 8,5 МэВ и у ядер атомов дейтерия — 2,2 МэВ.

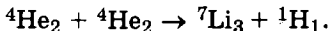
6. Определить энергетический выход ядерной реакции



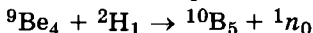
если удельная энергия связи у ядра атома изотопа лития 5,6 МэВ/нук, у гелия — 7,075 МэВ/нук.

Достаточный уровень

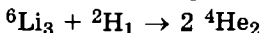
1. Провести энергетический расчет ядерной реакции и выяснить, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



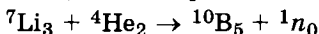
2. Провести энергетический расчет ядерной реакции и выяснить, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



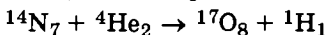
3. Провести энергетический расчет ядерной реакции и выяснить, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



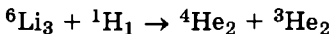
4. Провести энергетический расчет ядерной реакции и выяснить, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



5. Провести энергетический расчет ядерной реакции и выяснить, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



6. Провести энергетический расчет ядерной реакции и выяснить, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:



Высокий уровень

1. При обстреле ядер фтора ${}^{19}\text{F}_9$ протонами образуется кислород ${}^{16}\text{O}_8$. Сколько энергии освобождается при этой реакции и какие еще ядра образуются?
2. При обстреле ядер бора ${}^{11}\text{B}_5$ протонами получается бериллий ${}^8\text{Be}_4$. Какие еще ядра получаются при этой реакции и сколько энергии освобождается?
3. При бомбардировке алюминия ${}^{27}\text{Al}_{13}$ α -частицами образуется фосфор ${}^{30}\text{P}_{15}$. Записать эту реакцию и подсчитать выделенную энергию.

4. При облучении изотопа азота $^{15}\text{N}_7$ протонами образуется углерод и α -частица. Найти полезный энергетический выход ядерной реакции, если для ее осуществления энергия протона должна быть 1,2 МэВ.
5. При бомбардировке с помощью α -частиц бора $^{10}\text{B}_5$ наблюдается вылет нейтронов. Напишите уравнение ядерной реакции, приводящей к вылету одного нейтрона. Каков энергетический выход W этой реакции?
6. При бомбардировке нейтронами изотопа бора $^{11}\text{B}_5$ образуются α -частицы. Напишите уравнение этой ядерной реакции и найдите ее энергетический выход W .

Самостоятельная
работа

35

ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР УРАНА. ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР. ТЕРМОЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие **реакция деления ядра урана**? Укажите правильный ответ.
 - А. Процесс самопроизвольного распада ядер урана.
 - Б. Процесс превращения ядер урана в результате их взаимодействия с элементарными частицами.
 - В. Процесс распада ядер урана на две примерно равные части, происходящий под действием нейтронов.
2. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие **цепная ядерная реакция**? Укажите правильный ответ.
 - А. Процесс самопроизвольного распада ядер атомов некоторых химических элементов.
 - Б. Процесс превращения атомных ядер, происходящий в результате их взаимодействия с элементарными частицами или друг с другом.
 - В. Процесс деления атомных ядер некоторых химических элементов, происходящий под действием нейтронов, образующихся в процессе самой ядерной реакции.
3. Какие вещества из перечисленных ниже могут быть использованы в ядерных реакторах в качестве замедлителей нейтронов? Укажите все правильные ответы.
 - А. Графит.
 - Б. Кадмий.

В. Тяжелая вода.

4. Какие вещества из перечисленных ниже могут быть использованы в ядерных реакторах в качестве поглотителей нейтронов? Укажите все правильные ответы.
А. Бор.
Б. Кадмий.
В. Тяжелая вода.
5. При каком значении K (коэффициент размножения нейтронов) идет цепная ядерная реакция в ядерном реакторе? Укажите правильный ответ.
А. $K > 1$.
Б. $K < 1$.
В. $K = 1$.
6. При каком значении K (коэффициент размножения нейтронов) идет цепная ядерная реакция в атомной бомбе? Укажите правильный ответ.
А. $K > 1$.
Б. $K < 1$.
В. $K = 1$.

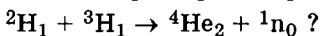
Средний уровень

1. Что называется коэффициентом размножения нейтронов и какими факторами он определяется?
2. Как можно осуществить цепную ядерную реакцию?
3. Какая ядерная реакция происходит при поглощении теплового нейтрона ядрами $^{235}\text{U}_{92}$?
4. Произошел самопроизвольный распад ядра. Выделилась или поглотилась энергия во время этого распада? Ответ обоснуйте.
5. Почему в ядерных реакторах медленные (тепловые) нейтроны более эффективно поглощаются ядрами урана, чем быстрые.
6. В чем преимущество реакторов на быстрых нейтронах? Приведите простейшую схему реактора на быстрых нейтронах.
7. Отдельные ядра (например $^{235}\text{U}_{92}$) делятся под действием только быстрых нейтронов. Можно ли с ними осуществить цепную реакцию? Почему?
8. Что такое критическая масса и чему она равна для ^{235}U и ^{239}Pu ?

Достаточный уровень

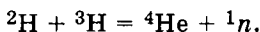
1. Чем замечателен плутоний? Напишите этапы реакции его образования из радиоактивного изотопа урана-238.
2. Нейтроны, обладающие энергией, меньшей 1,5 МэВ, называют медленными, нейтроны с энергией от 1,5 до 10 МэВ — быстрыми. Объясните, какие из указанных тяжелых элементов (^{233}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{239}U , ^{239}Pu) делятся под действием быстрых нейтронов, какие — медленных.

3. Какое количество термоядерной энергии содержится в 1 л обычной воды?
4. Вычислить энергию реакции синтеза вещества из ядер дейтерия ${}^2\text{D}_1$ и трития ${}^3\text{T}_1$.
5. Определить энергию, освобождающуюся в водородной бомбе при синтезе 1 кг гелия.
6. В процессе термоядерного синтеза $5 \cdot 10^4$ кг водорода превращаются в 49644 кг гелия. Определить, сколько энергии выделяется при этом.
7. Осуществление управляемой термоядерной реакции создает огромные возможности для получения энергии. При использовании дейтерия, содержащегося в литре обычной воды, в реакции термоядерного синтеза выделяется столько же энергии, сколько получается при сжигании 350 л бензина. Подсчитать эту энергию.
8. Какая энергия выделяется при термоядерной реакции:



Высокий уровень

1. Какую массу воды, взятой при 0°C , можно довести до кипения, используя энергию термоядерного синтеза гелия из дейтерия и трития, если КПД преобразования энергии равен 10%? Масса синтезированного гелия равна 1 г.
2. В результате взаимодействия ядер дейтерия и трития образуются ядро гелия и нейтрон:



При этом выделяется значительная энергия. Какую часть ее уносит с собой нейтрон? Кинетическими энергиями дейтерия и трития до реакции можно пренебречь по сравнению с выделившейся энергией.

3. При делении одного ядра ${}^{235}\text{U}_{92}$ на два осколка выделяется около 200 МэВ энергии. Какое количество энергии освобождается при «сжигании» в ядерном реакторе $m = 11$ г этого изотопа? Какое количество каменного угля m_1 надо сжечь для получения такого же количества энергии?
4. Атомная электростанция мощностью 1000 МВт имеет КПД 20%. Какова масса m расходуемого за сутки урана-235? Считайте, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.
5. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующей за 1 сутки массу 220 г изотопа ${}^{235}\text{U}_{92}$ и имеющей КПД 25%? При одном акте деления ${}^{235}\text{U}_{92}$ выделяется 200 МэВ энергии. Масса одного моля урана ${}^{235}\text{U}_{92}$ $235 \cdot 10^{-3}$ кг/ моль.
6. Каков КПД атомной электростанции мощностью $5 \cdot 10^8$ Вт, если за 1 год было израсходовано 965 кг урана ${}^{235}\text{U}_{92}$? В каждом акте деления выделяется 200 МэВ энергии. Масса одного моля урана 0,235 кг/ моль.

7. Какое количество урана $^{235}\text{U}_{92}$ расходуется в сутки на атомной электростанции мощностью 5000 кВт? КПД принять равным 17%. Считать, что при каждом акте распада выделяется энергия 200 МэВ.
8. При делении одного атома урана-235 на два осколка выделяется около $3 \cdot 10^{-11}$ Дж энергии. Сколько бензина потребуется при ядерной реакции, в которой расходуется 1 г урана?

Самостоятельная
работа

36

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Начальный уровень

1. При каких ядерных процессах возникает нейтрино? Укажите правильный ответ.
- А. При α -распаде.
 - Б. При β -распаде.
 - В. При излучении γ -квантов.
2. При каких ядерных процессах возникает антинейтрино? Укажите правильный ответ.
- А. При α -распаде.
 - Б. При β -распаде.
 - В. При излучении γ -квантов.
3. Протон состоит из ... (укажите правильное утверждение):
- А. ... нейтрона, позитрона и нейтрино.
 - Б. ... мезонов.
 - В. ... кварков.
4. Нейтрон состоит из ... (укажите правильное утверждение):
- А. ... протона, электрона и нейтрино.
 - Б. ... мезонов.
 - В. ... кварков.
5. Какая энергия выделяется при аннигиляции электрона и позитрона? Укажите правильный ответ.
- А. $m_e c^2$.
 - Б. $2m_e c^2$.
 - В. $\frac{m_e c^2}{2}$.

6. Какая энергия выделяется при аннигиляции протона и антипротона? Укажите правильный ответ.

А. $\frac{m_p c^2}{2}$.

Б. $m_p c^2$.

В. $2m_p c^2$.

Средний уровень

1. Что произойдет, когда электрон столкнется с протоном?
2. При встрече электрона с позитроном, имеющих массу покоя, они превращаются в два фотона, которые массой покоя не обладают. О чем говорит этот факт?
3. И атом водорода, и нейтрон могут распадаться на протон и электрон. Почему же атом водорода не считают элементарной частицей, а нейтрон причисляют к ним?
4. Иногда говорят, что каждая элементарная частица состоит из всех других элементарных частиц. Что хотят этим сказать?
5. Какие из перечисленных частиц стабильны: фотон, электрон, нейтрино, протон, нейтрон, π -мезон?
6. При β -распаде из ядра вылетает электрон. Но электрона в ядре нет. Откуда же он берется?
7. Допустим, что значительный по массе комок земного вещества, отправленный в глубины космоса, встретился с куском антивещества. Чем должна закончиться такая встреча?
8. В результате термоядерной реакции соединения двух протонов образуется дейтрон и нейтрино. Какая еще появляется частица?

Достаточный уровень

1. В чем суть гипотезы Паули? Напишите схему распада свободного нейтрона.
2. Возможен ли такой вид распада свободных элементарных частиц: $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^0$. Обоснуйте почему.
3. Возможен ли такой вид распада свободных элементарных частиц: $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$. Обоснуйте почему.
4. Возможен ли такой вид распада свободных элементарных частиц: $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_\mu + \nu_e$. Обоснуйте почему.
5. Возможен ли такой вид распада свободных элементарных частиц: $\mu \rightarrow e + \nu_\mu + \nu_e$. Обоснуйте почему.
6. Электрон при встрече с позитроном активно «реагирует» с ним, и они превращаются в γ -кванты; однако такого процесса никогда

не происходит при встрече электрона с электроном или позитроном с позитроном. Почему?

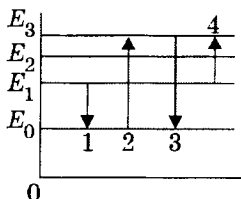
7. В процессе превращения в электромагнитное излучение пары *электрон-позитрон* никогда не возникает один гамма-квант. Проявление какого именно из известных вам законов сохранения можно усмотреть в этом факте?
8. Есть некоторые основания предполагать существование антимионов — скоплений материи, в которых ядра состоят из антипротонов и антинейтронов, а их оболочки из позитронов. Можно проверить эту гипотезу методами спектроскопии?

Высокий уровень

1. При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых γ -кванта. Найти длину волны, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.
2. Элементарная частица пи-нуль-мезон (π^0) распадается на два γ -кванта. Найти частоту γ -излучения, если масса покоя этой частицы равна 264,3 массы электрона.
3. При аннигиляции медленно движущихся электрона и позитрона образовались два γ -кванта. Под каким углом друг к другу они разлетелись? Какова частота γ -квантов, возникающих при указанных условиях?
4. Во время взаимопревращения электронно-позитронной пары, частицы которой были в покое, образовалось три γ -кванта. Под каким углом друг к другу они должны разлететься? Почему?
5. При аннигиляции протона и антипротона возникает γ -излучение. Подсчитать энергию фотонов, если массы протона и антипротона считать равными по $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.
6. Найти частоту γ -излучения, образующегося при термоядерной реакции: ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma$, если α -частица приобретает энергию 19,7 МэВ.
7. В установках для γ -облучения в сельском хозяйстве используется β -радиоактивный изотоп цезия ${}^{137}\text{Cs}_{55}$. Написать реакцию β -распада. Найти максимальную частоту γ -излучения, если наибольшая энергия γ -квантов равна 0,66 МэВ. Вычислить релятивистскую скорость β -частиц, если их энергия 1,18 МэВ.
8. Найдите минимальную энергию W и частоту ν гамма-кванта, способного «разбить» ядро дейтерия на протон и нейтрон.

**КВАНТОВАЯ ФИЗИКА.
ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА***Начальный уровень***ВАРИАНТ 1**

- 1 Как называется явление выхода электронов с поверхности тел под действием фотонов света? Укажите правильный ответ.
- А. Термоэлектронная эмиссия.
Б. Фотоэффект.
В. Возбуждение атомов.
- 2 На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Стрелкой с какой цифрой обозначен переход с излучением фотона наибольшей частоты? Укажите правильный ответ.

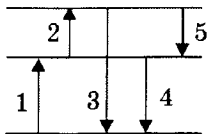


- А. 1.
Б. 2.
В. 3.
- 3 В уране-235 может происходить цепная ядерная реакция деления. Выберите правильное утверждение.
- А. При цепной реакции деление ядра происходит в результате попадания в него протона.
Б. При цепной реакции деление ядра происходит в результате попадания в него нейтрона.
В. В результате деления ядра образуются только электроны.

ВАРИАНТ 2

- 1 В современной технике широко используются фотоэлементы. Укажите все правильные утверждения.
- А. В фотоэлементе световая энергия преобразуется в энергию электрического тока.

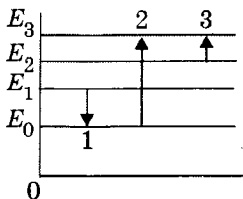
- Б. В вакуумном фотоэлементе свет вырывает электроны с анода.
 В. Фотоэлементы используют в солнечных батареях.
- 2 На рисунке показаны три нижних энергетических уровня некоторого атома. Стрелки соответствуют переходам между уровнями. Укажите все правильные утверждения.



- А. При переходе 1 происходит излучение фотона.
 Б. При переходе 2 происходит поглощение фотона.
 В. Выполняется соотношение $\nu_5 = \nu_3 - \nu_4$.
- 3 Произошел α -распад радия $^{226}\text{Ra}_{88}$. Выберите правильное утверждение.
- А. Образовалось ядро атома другого химического элемента.
 Б. Образовалось ядро с массовым числом 224.
 В. Образовалось ядро с атомным номером 90.

ВАРИАНТ 3

- 1 Выберите из перечисленных явлений то, которое доказывает волновую природу света.
- А. Фотоэффект.
 Б. Дифракция света.
 В. Отражение света.
- 2 На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Стрелкой с какой цифрой обозначен переход с поглощением фотона наименьшей частоты? Укажите правильный ответ.

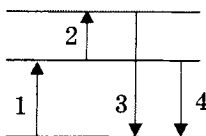


- А. 1.
 Б. 2.
 В. 3.

3. Произошел β -распад изотопа водорода ${}^3\text{H}_1$. Выберите правильное утверждение.
- А. Заряд ядра уменьшился.
 - Б. Образовалось ядро с массовым числом 2.
 - В. Образовалось ядро ${}^3\text{He}_2$.

ВАРИАНТ 4

1. Выберите из перечисленных ниже явлений то, в котором проявляются квантовые свойства света.
- А. Интерференция света.
 - Б. Дисперсия света.
 - В. Фотоэффект.
2. На рисунке показаны три нижних энергетических уровня некоего атома. Стрелки соответствуют переходам между уровнями. Укажите все правильные утверждения.

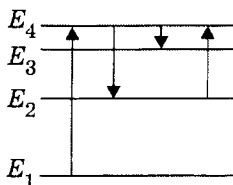


- А. При переходе 3 происходит поглощение фотона.
 - Б. При переходе 1 происходит поглощение фотона.
 - В. Выполняется соотношение $\nu_4 = \nu_3 - \nu_2$.
3. В результате радиоактивного распада ядро плутония ${}^{239}\text{Pu}_{94}$ превратилось в ядро урана ${}^{235}\text{U}_{92}$. Выберите правильное утверждение.
- А. Произошел α -распад.
 - Б. Произошел β -распад.
 - В. Число протонов в ядре уменьшилось на 4.

ВАРИАНТ 5

1. Фотоэлементы входят в состав многих устройств. Укажите все правильные утверждения.
- А. В вакуумных фотоэлементах электроны движутся от катода к аноду.

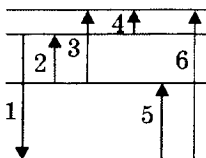
- Б. Фотоэлемент превращает электрический сигнал в световой.
- В. Фотоэлемент практически мгновенно реагирует на изменение освещенности.
- 2 По диаграмме энергетических уровней определите, при каком переходе энергия излучения максимальна. Укажите правильное утверждение.



- А. $E_4 \rightarrow E_2$.
- Б. $E_1 \rightarrow E_4$.
- В. $E_4 \rightarrow E_3$.
- 3 В контейнере находится источник α -частиц. Укажите все правильные утверждения.
- А. α -частицы представляют собой кванты электромагнитного излучения.
- Б. α -частицы представляют собой ядра атомов гелия.
- В. α -частицы имеют положительный электрический заряд.

ВАРИАНТ 6

- 1 Свет обнаруживает как волновые, так и корпускулярные свойства. Выберите из приведенных ниже утверждений правильное.
- А. Дисперсия света свидетельствует о его корпускулярной природе.
- Б. Интерференция света свидетельствует о его корпускулярной природе.
- В. Существование красной границы фотоэффекта можно объяснить на основе квантовой теории.
- 2 На рисунке показаны четыре нижних энергетических уровня. Стрелки соответствуют переходам между уровнями. Укажите все правильные утверждения.



- А. При переходе 2 происходит излучение фотона.
 Б. При переходе 4 происходит излучение фотона.
 В. Выполняется соотношение $\nu_3 = \nu_1 - \nu_4$.
- 3 В обогащенном уране происходит цепная ядерная реакция деления. Выберите правильное утверждение.
- А. Ядра урана делятся на отдельные протоны и нейтроны.
 Б. В результате деления ядра урана образуются два крупных «осколка» и несколько нейтронов.
 В. Цепную ядерную реакцию вызывает γ -излучение.

Средний уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Какие частицы можно назвать элементарными? Укажите их свойства.
- 2 Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:
 $? + {}^1\text{H}_1 \rightarrow {}^{24}\text{Mg}_{12} + {}^4\text{He}_2$
- 3 При переходе электрона в атоме водорода с одной орбиты на другую, более близкую к ядру, излучаются фотоны с энергией $3,03 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите частоту излучения атома.

ВАРИАНТ 2

- 1 Как изменится положение химического элемента в таблице Менделеева после α -распада ядер его атома?
- 2 Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:
 $? + {}^4\text{He}_2 \rightarrow {}^{10}\text{B}_5 + {}^1\text{n}_0$
- 3 При переходе электрона в атоме водорода с третьей стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны, соответствующие длине волны 0,652 мкм (красная линия водородного спектра). Какую энергию теряет при этом атом водорода?

ВАРИАНТ 3

- 1 Почему нейтроны являются лучшими «снарядами» для разрушения ядра атома, чем другие частицы?
- 2 Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:
 ${}^2\text{H}_1 + \gamma \rightarrow ? + {}^1\text{n}_0$

- 3 При какой длине электромагнитной волны энергия фотона была бы равна $9,93 \cdot 10^{-19}$ Дж?

ВАРИАНТ 4

- 1 Как объяснить выбрасывание из ядра радиоактивного вещества электрона во время β -распада, если в состав ядра входят лишь протоны и нейтроны?
- 2 Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:
 ${}^{65}\text{Zn}_{30} + {}^1_0\text{n} \rightarrow ? + {}^4_2\text{He}$
- 3 Глаз человека воспринимает свет длиной волны 500 нм, если световые лучи, попадающие в глаз, несут энергию не менее $20,8 \cdot 10^{-18}$ Дж. Какое количество квантов света при этом ежедневно попадает на сетчатку глаза?

ВАРИАНТ 5

- 1 Как изменится положение химического элемента в таблице Менделеева после β -распада ядер его атомов?
- 2 Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:
 ${}^{198}\text{Hg}_{80} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{198}\text{Au}_{79} + ?$
- 3 Красная граница фотоэффекта для калия соответствует длине волны 600 нм. Определить работу выхода электронов из калия.

ВАРИАНТ 6

- 1 α -частицу поглотило вещество. Куда же делась эта α -частица?
- 2 Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:
 ${}^{41}\text{K}_{19} + ? \rightarrow {}^{44}\text{Ca}_{20} + {}^1_1\text{H}$
- 3 При переходе электронов в атоме водорода с 4-й стационарной орбиты на 2-ю излучается фотон, дающий зеленую линию в спектре водорода. Определить длину волны этой линии, если при излучении фотона теряется 2,53 эВ энергии.

Достаточный уровень

ВАРИАНТ 1

- 1 Написать ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке лития ${}^7\text{Li}_3$ протонами и сопровождающуюся выбиванием нейтронов.

- 2 При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ. Какой длины волну будет излучать атом при переходе в невозбужденное состояние?
- 3 Работа выхода электрона из цинка равна 3,74 эВ. Определите красную границу фотоэффекта для цинка. Какую скорость получают электроны, вырванные из цинка при облучении его ультрафиолетовым излучением с длиной волны 200 нм?

ВАРИАНТ 2

- 1 Написать ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке бериллия ${}^9\text{Be}_4$ α -частицами и сопровождающуюся выбиванием нейтронов.
- 2 Разреженный пар ртути в стеклянной колбе бомбардируется электронами с энергией 4,88 эВ. Какова при этом длина волны излучения ртутных паров, если вся энергия электронов при столкновении с атомами ртути поглощается последними?
- 3 Для некоторого металла красной границей фотоэффекта является свет с длиной волны 690 нм. Определить работу выхода электрона из этого металла и максимальную скорость, которую приобретут электроны под действием излучения с длиной волны 190 нм.

ВАРИАНТ 3

- 1 Какие изотопы имеются у водорода? Есть ли среди них радиоактивные изотопы? Если есть, то как они распадаются?
- 2 Для однократной ионизации атома кислорода необходима энергия около 14 эВ, для двукратной — 49 эВ. Найдите минимальную частоту излучения, которая может вызвать однократную и двукратную ионизацию.
- 3 Какую максимальную скорость приобретут фотоэлектроны, вырванные с поверхности молибдена излучением с частотой $3 \cdot 10^{20}$ Гц? Работа выхода электрона для молибдена 4,27 эВ.

ВАРИАНТ 4

- 1 При бомбардировке бора ${}^{11}\text{B}_5$ быстро движущимися протонами наблюдается три одинаковых трека образовавшихся частиц. Какие это частицы? Напишите ядерную реакцию.

- ② Определить энергию, массу и импульс фотона, длина волны которого 360 нм и соответствует ультрафиолетовому излучению.
- ③ Красная граница фотоэффекта для рубидия равна 0,81 мкм. Какое задерживающее напряжение надо приложить к фотоэлементу, чтобы задержать электроны, вырывающиеся из рубидия ультрафиолетовыми лучами длиной волны 0,1 мкм?

ВАРИАНТ 5

- ① При бомбардировке изотопа алюминия $^{27}\text{Al}_{13}$ α -частицами получается радиоактивный изотоп фосфора $^{30}\text{P}_{15}$, который затем распадается с выделением позитронов. Написать уравнение обеих реакций.
- ② Какую минимальную энергию должен иметь γ -квант для вырывания нейтрона из ядра $^{12}\text{C}_6$?
- ③ Работа выхода электронов из кадмия 4,08 эВ. Какими лучами нужно освещать кадмий, чтобы максимальная скорость вылетающих электронов была $7,2 \cdot 10^5$ м/с?

ВАРИАНТ 6

- ① Определить, как протекает реакция $^{14}\text{N}_7 + ^4\text{He}_2 \rightarrow ^{17}\text{O}_8 + ^1\text{H}_1$. С поглощением или выделением энергии?
- ② Определить энергию, которая выделяется при аннигиляции электрона и позитрона, если масса покоя электрона равна $9,1 \times 10^{-31}$ кг.
- ③ Отрицательно заряженная цинковая пластинка освещалась монохроматическим светом длиной волны 300 нм. Красная граница для цинка составляет 332 нм. Какой максимальный потенциал приобретает цинковая пластинка?

Высокий уровень

ВАРИАНТ 1

- ① Почему летящий протон оставляет в камере Вильсона видимый след, а летящий нейтрон не оставляет?
- ② Через какое время распадается 80% атомов радиоактивного изотопа хрома $^{51}\text{Cr}_{24}$, если его период полураспада 27,8 суток?
- ③ Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон в ядре атома $^{23}\text{N}_{11}$, если масса последнего 22,99714 а.е.м.

- 4 Ядерный реактор за некоторое время использовал 2 кг топлива. Сколько киловатт-часов электроэнергии при этом было произведено, если превращение кинетической энергии осколков деления в электроэнергию имеет КПД 25%?

ВАРИАНТ 2

- 1 После ядерного взрыва в окружающей среде остается много радиоактивных изотопов с самыми разнообразными периодами полураспада. Какие из них представляют наибольшую опасность для людей, попадающих в эту среду через некоторое время после взрыва?
- 2 Через какое время распадется 80% радона, период полураспада которого составляет 3,8 суток?
- 3 Определить энергию связи ядра атома урана $^{235}\text{U}_{92}$.
- 4 Вычислить КПД атомной электростанции, электрическая мощность которой $5 \cdot 10^3$ кВт. Затраты урана составляют 30 г в сутки. Вследствие деления одного ядра урана выделяется 200 МэВ энергии.

ВАРИАНТ 3

- 1 Почему мощность атомного взрыва не может превзойти определенный предел? Имеет ли предел мощность термоядерного взрыва?
- 2 Какая доля радиоактивных ядер изотопа $^{14}\text{C}_6$ распадается за 100 лет, если его период полураспада 5570 лет?
- 3 Вычислить дефект массы ядра изотопа $^{20}\text{Ne}_{10}$.
- 4 Мощность атомного реактора при использовании за сутки 0,2 кг изотопа урана $^{235}\text{U}_{92}$ составляет 32 000 кВт. Какая часть энергии, выделяемой вследствие деления ядер, используется полезно?

ВАРИАНТ 4

- 1 Почему нейтроны негативно влияют на организм, хотя они и не обуславливают радиацию?
- 2 При β -распаде изотопа натрия-24 распадается $9,3 \cdot 10^{18}$ из $2,51 \times 10^{19}$ атомов. Период полураспада 14,8 ч. Определить время и постоянную распада.
- 3 Определить энергию связи в ядре цинка $^{65}\text{Zn}_{30}$.

- 4 Атомный ледокол имеет силовые установки, мощность которых 32 400 кВт. Работая на полную мощность, он затрачивает ежедневно 240 г урана-235. Найдите КПД атомного реактора, установленного на ледоколе, если вследствие деления ядра выделяется энергия 200 МэВ.

ВАРИАНТ 5

- 1 Поясните, почему для осуществления термоядерной реакции удобнее использовать ядра водорода, особенно его тяжелые изотопы: дейтерий и тритий.
- 2 Определить период полураспада радона, если за одни сутки из 10^6 атомов распадается $1,75 \cdot 10^5$ атомов. Чему равна постоянная распада?
- 3 Найти дефект массы для ядра $^{59}\text{Co}_{27}$.
- 4 Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующей в сутки 220 г изотопа урана $^{235}\text{U}_{92}$ и имеющей КПД 25%?

ВАРИАНТ 6

- 1 Можно ли внешними действиями изменить скорость радиоактивного распада атома?
- 2 Изотоп урана $^{238}\text{U}_{92}$ массой 1 г излучает $1,24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Определить период и постоянную распада изотопа.
- 3 Вычислить массу ядра $^9\text{Be}_4$, если энергия связи для него равна 6,46 МэВ/нуклон.
- 4 Мощность атомных установок подводной лодки равна 14,7 МВт. Ядерным топливом служит обогащенный уран (25% ^{235}U). Определить запас топлива, необходимого для месячного плавания лодки, если при делении одного ядра урана выделяется $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж энергии.

ОТВЕТЫ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Самостоятельная работа № 1

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
	6 м/с	0,5 м	0,3 Тл	46 В	6 А	1,4 Тл

Высокий уровень

№	1	2	3
а)	60 мВб/с	0,2 Вб/с; 0,2 В	80
б)	0,57 мкКл	$2,8 \cdot 10^{-5}$ Вт	1,12 Тл/с

№	4	5	6
а)	0,5 с; 5 А	0,4 Кл	30 В
б)	$2,5 \cdot 10^{-7}$ Ом	10 мкА	$6 \cdot 10^{-7}$ Дж

Самостоятельная работа № 2

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	0,4 Гн	30 А/с	1,5 с	135 В	2 мГн	0,4 Вб

Достаточный уровень

№	1	2	3
	10 с	$7,1 \cdot 10^{-4}$ Гн; 3,55 мкВб	$0,18 \cdot 10^{-4}$ Кл

№	4	5	6
	2 мТл	0,1 А	$5,6 \cdot 10^{-6}$ Ом

Самостоятельная работа № 3

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	120 Дж	2,5 Дж	2,7 А	10 Дж	2 А	1,25 Дж

Достаточный уровень

№	1	2	3
	0,32 Гн	0,64 Дж; 3,41 А	1,69 Дж

№	4	5	6
	0,017 с	$1,45 \cdot 10^{-6}$ с	2,5 мкВт

Высокий уровень

№	1	2	3
	1 нДж/с	$2,5 \cdot 10^{-2}$ Вб; 0,13 Дж	0,216 Дж; 0,036 Вб; 0,72 В

№	4	5	6
	в 4 раза	$\Delta\varphi = (0,6t + 0,06)$ В	$L = \mu_0 \frac{R^2 S_1^2}{4\pi l \rho^2}$

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Самостоятельная работа № 4

Средний уровень

№	1	2	3	4
	$5 \cdot 10^{-4}$ с	100 Гц	2200	0,4 с

№	5	6	7	8
	0,2 с; 5 Гц	0,25 с; 4 Гц	10^{-4} с; $6 \cdot 10^5$	комар на 24000 взмахов больше

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	$x = 0,8 \cos \pi t$	$x = 0,08 \cos 2\pi t$	0,4 м; 0,4 с; 0	0,12 м

№	5	6	7	8
	20 м, 2 с, 0,5 Гц	$\frac{1}{6} T$	$x = 0,05 \cos 2\pi t$	$x = 1,2 \cos 0,4\pi t$

Высокий уровень

№	1	2	3
	0,1 м; 4 с; 0,25 Гц	0,06 м; 0,4 с; 2,5 Гц	0,15 м; 4 с; 0,25 Гц

№	4	5	6
	0,2 м; 8 с; 0,125 Гц	0,1 м; 0,2 с; 5 Гц	0,8 м; 8 с; 0,125 Гц

Самостоятельная работа № 5

Средний уровень

№	1	2	3	4
	1 м	4 кг	110 Н/м	0,98 м

№	5	6	7	8
	2 с; 9,81 м/с ²	97 Н/м; 0,5 Гц	6 см	0,2 с

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	$l_1 : l_2 = 9$	1,62 м/с ²	1,7 м/с ² , вниз	уменьшится в 2 раза

№	5	6	7	8
	2 с	0,72 м, 0,5 м	$T_1 : T_2 = 1,8$	± 2 м

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	1,76 см	0,73 с	В 1,6 раза увеличится	2,81 Дж, 3,75 м/с

№	5	6	7	8
	0,25 Гц	1,8 Гц	5,4 м/с ²	18,8 м/с

Самостоятельная работа № 6

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	1,7 м	1,8 м	1450 м/с	0,3 Гц	8 м, 4 с	3 м/с

Высокий уровень

№	1	2	3	4	5	6
	122 км/ч	0; вниз;	200 м/с	0; 0,1 м;	506 м/с	1,5 км

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Самостоятельная работа № 7

Средний уровень

№	1	2	3
	$5,27 \cdot 10^{-6}$ с	5 мГц	$5 \cdot 10^{-11}$ Ф

№	4	5	6
	10^3 с ⁻¹	0,44 с, 2,27 Гц	0,1 мГц

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
6	$2,55 \cdot 10^{-11}$ Ф	$3,6 \cdot 10^{-9}$ Ф	10 мкс	1,6 мм	2350 м	$6,28 \cdot 10^{-7}$ с

Высокий уровень

№	1	2		
	1,26 мкс; 2,51 мкс	а) 1,26 мкс, 800 кГц, б) 2,5 мкс, 400 кГц		
№	3	4	5	6
	4220 м	933 м	266 м	4

Самостоятельная работа № 8

Высокий уровень

№	1	2	3
	0,05 Гн	1,12 мГн, $6 \cdot 10^4$ м	0,5 МГц; 0,1 Гн
№	4	5	6
	$4 \cdot 10^{-3}$ с, 4 мкФ, $2 \cdot 10^{-5}$ Дж	800 нФ, 0,56 мкДж, 0,56 мкДж,	1 мГн, 4,5 мДж

Самостоятельная работа № 9

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	0,25	44 В	35	10 А	1000	30 В, 0,29

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
б	0,2; 3500	82 %	$1/3$, 2520	440; 84	95 %	6,7 В

Высокий уровень

№	1	2	3	4	5	6
б	231 В, 196 В	72	20 В	21,5 В	400	0,09; 91 %

Самостоятельная работа № 10

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	45 км	60 м	10^7 Гц	6 м	10 МГц; 10^{-7} с	1 МГц; 300 м

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
б	750 м	500	200 м	1,5 км	5000	$2,25 \cdot 10^8$ м/с; 13,3 см

Высокий уровень

№	1	2	3	4	5	6
б	18 км; $n \leq 8,3 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$	9000; 225 м	73 км	1600	37 км; $4 \cdot 10^3$	10,1 км; $6,7 \cdot 10^{-5} \text{ с}$

Контрольная работа № 1

Начальный уровень

№	1	2	3	4	5	6
1	0,01 Гн	3 мВб	5 Дж	8 В	16 В	0,01 В

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
1	0,8 В	0,2 Гн	1 В	3 А	0,15 Вб/с	5 м/с
2	4 с	0,6 с	9,89 м/с ²	22 м/с	3,2 с	110 Н/м

Достаточный уровень

№	1	2	3
3	0,05 МГц; 4 мкГн	100 Ом	$9,4 \cdot 10^{-3}$ А
4	1,45 кг	1,42 с; 15 мДж	1 м/с

№	4	5	6
3	0,13 Гн	6,4 Дж; 4,34 А	223 В
4	12,5 м/с	0,63 с	уменьшится на 0,49 Гц

Высокий уровень

№	1	2	3
2	0,3 Кл	0,4 с, 20 А	1,6 Тл/с
3	11,1 мА	0,87; 0,08	3 мкФ
4	5 мм	3,9 см	1,3 с

№	4	5	6
2	2,5 мкВт	50 мкКл	155°
3	266 м	2450 м	4 мс; 4 мкФ; $2 \cdot 10^{-15}$ Дж
4	0,9 с	0,8 с	7 Гц

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Самостоятельная работа № 11

Средний уровень

№	5	6
	45°	12 м

Достаточный уровень

№	1
	$v_T = \frac{H}{H-h} v_q$, т.е. тень перемещается с постоянной скоростью

№	2	3		
	66 см	диаметр тени 15 см, внешний диаметр полутени 35 см		
№	4		5	6
	диаметр полутени 1 м		3,2 км	3,6 м

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	4 м	900 м	около 7000 км	ширина полоски 3 см, длина – 9 см
№	5		6	
	9,7 м, 49°		6 м × 4,5 м; 6 м × 10,5 м	

Самостоятельная работа № 12

Достаточный уровень

№	1	2
б	под углом 45° к горизонту	под углом 75° к горизонту

№	3
б	расположить зеркало на пути лучей под углом 78° или 120° к горизонту

№	4
б	зеркало должно составлять с горизонтальной поверхностью стола угол 25°

№	5	6
б	выше 160 см	65°

Высокий уровень

№	1	2	3	4	5	6
б	$x = \frac{\alpha}{2}$	изменится на противоположное	2φ	10 см	120°	90°

Самостоятельная работа № 14

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
б	4 м	59°; 36°	0,84 м	0,19 м	1,7 м	97 см

Высокий уровень

№	1	2	3	4	5	6
	5,2 м	в 1,33 раза	$1,5 \cdot 10^3 \text{ см}^2$	3 м	5,63 см	5 м

Самостоятельная работа № 15

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	1 см	5,8 см	0,1 см	3,3 см	1,57	4 см

Достаточный уровень

№	1	2	3
	луч выйдет через грань AC под углом 37°	1,5	3,1 см

№	4
	луч выйдет через грань BC нормально к грани

№	5	6
	60° ; 3,7 см	50° ; 0,72 см

Высокий уровень

№	1	2	3
	47° , 27° , 9°	смещение луча — 3,5 см	36° , 72°

№	4	5
	на 5,3 см позади передней стороны пластинки	1,8

№	6
	это возможно только в том случае, если луч испытывает полное отражение от основания призмы

Самостоятельная работа № 17

Средний уровень

№	1	2	3	4
	4,5 см	-0,1 м	0,15 м; 6,6 дптр	-0,6 м

№	5	6	7	8
	0,5 м	0,6 м	0,22 м	0,1 м

Достаточный уровень

№	1
	если изображение предмета действительное — 0,135 м; если изображение мнимое — 0,54 м

№	2	3	4	5
	2	16 см	6 см	12 см

№	6	7	8
	6 см/с, скорости предмета и изображения направлены в противоположные стороны	4,5 см	-8,3 дптр

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	на расстоянии 8 см от одного и 24 см от другого источника	0,1 м	0,9 м	0,6 м

№	5	6	7	8
	$4,995 \cdot 10^3$ с	$h = \sqrt{h_1 h_2}$	10 см	$\left(\begin{array}{l} \frac{L}{2} + \sqrt{\frac{L^2}{4} - FL} \\ \frac{L}{2} - \sqrt{\frac{L^2}{4} - FL} \end{array} \right)$

Самостоятельная работа № 18

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	6,8 дптр	0,15 м	320 м	640	69,5 м	28 м

Достаточный уровень

№	1	2
	мнимое 8-кратное увеличение	действительное перевернутое изображение предмета АВ высотой 3,5 см получается за рассеивающей линзой на расстоянии 22 см от нее

№	3	4	5	6
	10 дптр; 5 дптр	-6,7 дптр	60 см	-1 дптр

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	0,25 м; 1/9 м; 0,2 м	со стороны собирающей линзы на расстоянии 90 см от нее, либо в плоскости рассеивающей линзы	15 см	6 см

№	5	6	7	8
	-5 дптр	$F_{\text{общ}} = \frac{F_2(l - F_1)}{l - F_1 - F_2}$	68 см	5 см

Контрольная работа № 2

Достаточный уровень

№	1	2	3
3	действительным, перевернутым, увеличенным	20 м	может в обоих случаях
4	18 см	0,16 м	а) 7,5 см; б) 15 см

№	4	5	6
3	30 м	$d > 20$ см; перевернутым	1,8 м
4	50 м	0,63 м	$d_1 = 84,5$ см, $d_2 = 35,5$ см

Высокий уровень

№	1	2	3
2	3 м	0,15 м; 7 дптр	20
4	48 см	—	30°

№	4	5	6
2	3 см	$2,2 \cdot 10^{-3}$ с	6 см
4	5	0,56 см	60°

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Самостоятельная работа № 19

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	526 нм	1,33	377 нм	579 нм	1,6	571 нм

Достаточный уровень

№	1	2	3
	380 нм	530 нм	для красного в 1,01 раза

№	4	5	6
	$1,92 \cdot 10^8$ м/с; 378 нм	750 нм	480 мкм; 360 мкм

Высокий уровень

№	1	2	3
	$1,86 \cdot 10^5 - 1,79 \cdot 10^5$ км/с	1°	$5 \cdot 10^{14}$ Гц

№	4	5	6
	увеличится на 19 нм	417 нм	$L \leq 1,8 \text{ м}$

Самостоятельная работа № 20

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	усиление света	ослабление света	усиление света	ослабление света	ослабнет	усилится

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
	усиление света	$8,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}$	3,6 мм	300 нм	720 нм	470 нм

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	590 нм	1,2 мм	1,8 мм; не обязательно	Концентрические темные и светлые кольца; темная полоса

№	5	6
	$h = h_0(2k+1)$, где $h_0 = \frac{\lambda}{4\sqrt{n}} = 0,1 \text{ мкм}$	6 м

Самостоятельная работа № 21

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	15	400 нм	$1^\circ 10'$; $2^\circ 20'$	600 нм	162 нм	575 нм

Достаточный уровень

№	1	2	3
	550 нм	760 нм; 6,7 см	$\lambda_2 = 4,47 \cdot 10^{-5} \text{ см}$

№	4	5	6
	500	982; 9,8 мм	170 нм

Высокий уровень

№	1	2
	610 нм	в фокальной плоскости линзы; 5 см

№	3	4
	перекрытия не будет	$d(\sin \varphi - \sin \alpha) = k\lambda$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

№	5	6
	$d = 4,95 \cdot 10^{-6} \text{ м}; 2,02 \text{ см}^{-1}; 13; 65^\circ$	420 нм; $8,3 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$

Контрольная работа № 3

Средний уровень

№	1	2	3
2	уменьшится в 1,5 раза	$2 \cdot 10^6$	1,45
3	$2^\circ 20'$	1,08 мкм	575 нм

№	4	5	6
2	1,33	$4,3 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$	$7,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$
3	9°	$1^\circ 10'$	3

Достаточный уровень

№	1	2	3
2	$3^\circ 35'; 7^\circ 11'$	$k = 2$	$0,45^\circ$
4	амплитуда минимальная	700 нм	$k = 24$, в отраженном свете пластинка будет видна черной

№	4	5	6
2	600 нм	15° ; 7 максимумов	430 нм
4	3	11,4 см	490 нм

Высокий уровень

№	1	2	3
2	700 нм	675 нм — на красную линию спектра	440 нм в спектре третьего порядка
3	589 нм	130 нм	1,2 мм
4	$h = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{4n(\lambda_1 - \lambda_2)}$	750 нм	580 нм; 23

№	4	5	6
2	$33^\circ; 56^\circ$	$2,89 \cdot 10^{-5} \text{ см}$	3,6 м
3	500 нм	4	0,5 м
4	500 нм	$d_2 = \sqrt{3}d_1 = 3,5 \text{ мм}$	$2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Самостоятельная работа № 22

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	27,8 нс	0,976 с	0,96 с	$\frac{12}{13}c$	0,988 с	0,912 с

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5
	0,966 с	$\frac{3}{2}c$	0,96 с	0,8 с	0,357 с

Высокий уровень

№	1	2	3
	$v_1 = u; v_2 = \frac{2uc^2}{c^2 + u^2}$	$u = \frac{v}{1 + \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	Световой сигнал будет принят раньше на 4 с.

№	4	5	6
	$u = 0,5 c,$ $M = 2,3 m$	$v_1 = \frac{v+u}{1 + \frac{vu}{c^2}}, v_2 = \frac{v-u}{1 + \frac{vu}{c^2}}$	4 см/сут

Самостоятельная работа № 23

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	0,8 м	0,99	1,74 м	23 года	0,101 м	$2,6 \cdot 10^8$ м/с

Достаточный уровень

№	1	2	3
	$2,6 \cdot 10^8$ м/с	$2,9 \cdot 10^8$ м/с	3,57 года

№	4	5	6
	$2 \cdot 10^8$ м/с	$2,6 \cdot 10^8$ м/с	$2,8 \cdot 10^8$ м/с

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	10 лет	в 7, 1 раза	2 км	0,8 м; $1,2 \cdot 10^4$ кг/м ³ ; 7,5 лет

№	5	6
	$2,985 \cdot 10^8$ м/с	44,4 года; 19,4 года

Самостоятельная работа № 24

Средний уровень

№	1	2	3
	$2,9 \cdot 10^{-27}$ кг	$1,06 \cdot 10^{-30}$ кг	в 7,09 раз

№	4	5	6
	$2,9 \cdot 10^8$ м/с	$2,6 \cdot 10^8$ м/с	$2,9 \cdot 10^8$ м/с

Достаточный уровень

№	1	2	3
	0,866 с; не изменится	$9,2 \cdot 10^7$ м/с	на 5,18 а.е.м.

№	4	5	6
	0,89 с	в 1,155 раза	0,968 с

Высокий уровень

№	1	2	3
	увеличилась в 2 раза	увеличилась в 2,8 раза	$2,6 \cdot 10^8$ м/с

№	4	5	6
	на 3,2 мг	$1,055 \cdot 10^{11}$ КД/кг	8,33 кг; $2,2 \cdot 10^4$ кг/м ³

Самостоятельная работа № 25

Средний уровень

№	1	2	3
	$4,65 \cdot 10^{-17}$ кг	931,5 МэВ	$4,2 \cdot 10^9$ кг

№	4	5	6
	$2,5 \cdot 10^{-9}$ кг	в 2,95 раза	$2 \cdot 10^{-14}$ Дж

Достаточный уровень

№	1	2	3
	$8,4 \cdot 10^{-12}$ кг	$5 \cdot 10^{-17}$ кг	10^{-11} кг

№	4	5	6
	$3,7 \cdot 10^{-12}$ кг	$3,7 \cdot 10^{-11}$ кг	$3,2 \cdot 10^{-10}$ кг

Высокий уровень

№	1	2	3
	$3 \cdot 10^{-14}$ кг	$6,7 \cdot 10^{-9}$ кг	$2,6 \cdot 10^8$ м/с

№	4	5
	$3,28 \cdot 10^{-13}$ Дж; $1,34 \cdot 10^{-21}$ Н·с	в 10 раз

№	6
	$W = c\sqrt{p^2 + m_0^2 c^2}, W_k = W - m_0 c$

СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ

Самостоятельная работа № 26

Средний уровень

№	1	2	3
	$3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж	$6,5 \cdot 10^5$ м/с	$2,34 \cdot 10^{-7}$ м

№	4	5	6
	$3,02 \cdot 10^{-19}$ Дж	$3,93 \cdot 10^{-17}$ Дж	3,14 эВ

№	7	8
	94,4 нм	$7,2 \cdot 10^{-19}$ Дж; $9,1 \cdot 10^5$ м/с

Достаточный уровень

№	1	2	3
	2 эВ	$1,43 \cdot 10^{15}$ Гц	6,104 эВ; $2,1 \cdot 10^{-11}$ м

№	4	5	6	7	8
	$2,84 \cdot 10^{-19}$ Дж	1,76 В	330 нм	7,9 В	$4,1 \cdot 10^4$ В

Высокий уровень

№	1	2	3	4	5
	250 нм	308,5 В	60 %	$7,27 \cdot 10^{-18}$ А	0,51 В

Самостоятельная работа № 27

Средний уровень

№	1	2	3
	310 нм	0,3 нм – рентгеновский диапазон	601 нм – видимый диапазон

№	4	5	6
	$1,24 \cdot 10^{20}$ Гц; 2,43 нм	$1,6 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с	$5,5 \cdot 10^{14}$ Гц; $3,6 \cdot 10^{-19}$ Дж; 2,4 эВ;

№	7	8
	2 эВ	$2,62 \cdot 10^{-19}$ Дж; $5,23 \cdot 10^{-19}$ Дж;

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	$6,3 \cdot 10^{15}$	53	$5 \cdot 10^{18}$	0,1 Вт

№	5	6
	9700 м/с	$9,9 \cdot 10^{-7}$ м

№	7	8
	$3,15 \cdot 10^{-9}$ К/с	$2,4 \cdot 10^{-12}$ м; $2,1 \cdot 10^8$ м/с; $\sqrt{2}$

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	на 1,21 нм	22,43 нм	28,8°	0,1 МэВ

№	5	7
	$4,44 \cdot 10^{-29}$ кг · м/с	0,1 МэВ; $1,6 \cdot 10^8$ м/с; 33°; 58°

№	8
	$v = c \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2)}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2}$, если углы $\theta_{1,2}$ не равны 0 или π .

Самостоятельная работа № 28

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	$4,2 \cdot 10^{-6}$ Па	141 кДж	$4,6 \cdot 10^{-6}$ Па	$3,86 \cdot 10^{-7}$ Па

№	5	6
	1,67 Па	$2,9 \cdot 10^{21}$ м ⁻² · с ⁻¹

Высокий уровень

№	1	2	3
	0,7 мкПа; 0,35 мкПа	12 мкПа	58 сут; 125000 км

№	4	5	6
	930 Н	$4 \cdot 10^{-7}$ Н	$2 \cdot 10^{-7}$ Н

АТОМНАЯ ФИЗИКА

Самостоятельная работа № 29

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	486 нм	85,3 нм	$4,4 \cdot 10^{-19}$ Дж	$3 \cdot 10^{-19}$ Дж
№	5		6	
	$3 \cdot 10^{-19}$ Дж		$6,6 \cdot 10^{-7}$ м	

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	662 нм	$3,4 \cdot 10^{-15}$ Гц	13 эВ	253 нм
№	5		6	
	на третий; три линии		$1,24 \cdot 10^{-7}$ м	

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Самостоятельная работа № 30

Высокий уровень

№	1	2	3	4	5	6
	4 сут	30	11 сут	2,3 %; $7,3 \cdot 10^{-10}$ с ⁻¹	7,24	80 сут

Самостоятельная работа № 33

Средний уровень

№	1	2
	0,12 а.е.м.; $1,99 \cdot 10^{-28}$ кг	0,07 а.е.м.; 65,2 МэВ
№	3	4
	$4,4 \cdot 10^{-12}$ Дж	$3,5 \cdot 10^{-11}$ Дж
№	5	6
	$2,84 \cdot 10^{-10}$ Дж	92,2 МэВ; 7,68 МэВ

Достаточный уровень

№	1	2
	4,47 МэВ	$1,822348 \cdot 10^{-28}$ кг; 102,25 МэВ; 7,3 МэВ

№	3		
	39,2 МэВ и 5,6 МэВ для лития; 225 МэВ и 8,3 МэВ для алюминия		

№	4	5	6
	39,2 МэВ	1,1 МэВ; 8 МэВ; 7,25 МэВ	7,28 МэВ

Самостоятельная работа № 34

Средний уровень

№	1	2	3
	4,9 МэВ	3,3 МэВ	15 МэВ

№	4	5	6
	-1,27 МэВ	14,3 МэВ	17,4 МэВ

Достаточный уровень

№	1	2	3
	поглощается	выделяется	поглощается

№	4	5	6
	поглощается	поглощается	поглощается

Высокий уровень

№	1	2	3
	8,15 МэВ; ${}^4\text{He}_2$	${}^4\text{He}_2$; 8,6 МэВ	3 МэВ

№	4	5	6
	5 МэВ	0,17 МэВ	2,8 МэВ

Самостоятельная работа № 35

Достаточный уровень

№	4	5	6
	17,6 МэВ	$4,23 \cdot 10^{14}$ Дж	$3,2 \cdot 10^{19}$ Дж

№	7	8
	$1,13 \cdot 10^{10}$ Дж	17,6 МэВ

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	100 т	80 %	$8,2 \cdot 10^{14}$ Дж; $2,8 \cdot 10^3$ кг	5,3 кг

№	5	6	7	8
	$5,3 \cdot 10^7$ Вт	20 %	31 г	1,67 т

Самостоятельная работа № 36

Высокий уровень

№	1	2	3	4
	2,4 нм	$1,63 \cdot 10^{22}$ Гц	180° ; $1,2 \cdot 10^{20}$ Гц	120°

№	5	6
	$3 \cdot 10^{-11}$ Дж	$7,3 \cdot 10^{19}$ Гц

№	7	8
	$2,7 \cdot 10^{19}$ Гц	2,2 МэВ; $5,3 \cdot 10^{20}$ Гц

Контрольная работа № 4

Средний уровень

№	1	2	3
3	$4,6 \cdot 10^{15}$ Гц	$3 \cdot 10^{-19}$ Дж	0,2 мкм

№	4	5	6
3	53	$33,1 \cdot 10^{-20}$ Дж	490 нм

Достаточный уровень

№	1	2
2	0,253 мкм	0,254 мкм
3	332 нм; $9,3 \cdot 10^5$ м/с	$2,9 \cdot 10^{-19}$ Дж; $1,3 \cdot 10^6$ м/с

№	3	4
2	$3,4 \cdot 10^{15}$ Гц; $1,2 \cdot 10^{16}$ Гц	$5,5 \cdot 10^{-19}$ Дж; $6 \cdot 10^{-36}$ кг; $1,8 \cdot 10^{-27}$ кг · м/с
3	$2,85 \cdot 10^8$ м/с	10,8 В

№	5	6
2	18,6 МэВ	1,02 МэВ
3	223 нм	0,4 В

Высокий уровень

№	1	2	3
2	64,5 сут	8,8 сут	1,2 %
3	8,1 МэВ	$29,34 \cdot 10^{-11}$ Дж	$2,882 \cdot 10^{-28}$ кг
4	$1,1 \cdot 10^7$ кВт · час	12 %	17 %

№	4	5
2	7,9 ч; $1,3 \cdot 10^{-5}$ с ⁻¹	4 сут; $2 \cdot 10^{-6}$ с ⁻¹

3	$1,94 \cdot 10^{-11}$ Дж	0,5554 а.е.м.
4	14 %	5,3 МВт

№	6
2	$4,5 \cdot 10^9$ лет; $5 \cdot 10^{-18}$ с ⁻¹
3	$1,5 \cdot 10^{-23}$ кг
4	1,98 кг

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *И. М. Гельфгат, Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик.* 1001 задача по физике с решениями. Х-М., 2000.
2. *И. М. Мартынов, Э. Н. Хозяинова, В. А. Буров.* Дидактический материал по физике, 10 класс. М., 1980.
3. *М. Е. Тульчинский.* Качественные задачи по физике в средней школе. М., 1972.
4. *А. П. Рымкевич.* Сборник задач по физике. 9 — 11 классы. М., 1998.
5. *Н. И. Гольдфарб.* Сборник вопросов и задач по физике. М., 1997.
6. *С. И. Кашина, Ю. И. Сезонов.* Сборник задач по физике. М., 1983.
7. *Г. А. Бендриков и др.* Задачи по физике для поступающих в ВУЗы. С-П., 1995.
8. *И.М.Гельфгат, Л.А. Кирик.* Тесты для тематического контроля. Физика-11. Киев, 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

<i>Самостоятельная работа № 1</i>	
Явление электромагнитной индукции	4
<i>Самостоятельная работа № 2</i>	
Индуктивность	9
<i>Самостоятельная работа № 3</i>	
Энергия магнитного поля	11

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

<i>Самостоятельная работа № 4</i>	
Основные характеристики гармонических колебаний	14
<i>Самостоятельная работа № 5</i>	
Колебания математического маятника и груза на пружине	18
<i>Самостоятельная работа № 6</i>	
Длина волны. Скорость распространения волн	21

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

<i>Самостоятельная работа № 7</i>	
Свободные электрические колебания в контуре	26
<i>Самостоятельная работа № 8</i>	
Переменный электрический ток	29
<i>Самостоятельная работа № 9</i>	
Трансформатор	33
<i>Самостоятельная работа № 10</i>	
Электромагнитные волны	37
<i>Контрольная работа № 1</i>	
Электромагнитная индукция. Механические колебания и волны. Электромагнитные колебания и волны	41

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

<i>Самостоятельная работа № 11</i>	
Прямолинейное распространение света	54
<i>Самостоятельная работа № 12</i>	
Закон отражения света	56

<i>Самостоятельная работа № 13</i>	
Изображение в плоском зеркале	59
<i>Самостоятельная работа № 14</i>	
Закон преломления света	62
<i>Самостоятельная работа № 15</i>	
Преломление света в плоскопараллельной пластинке и призме	66
<i>Самостоятельная работа № 16</i>	
Построение изображений в линзах	69
<i>Самостоятельная работа № 17</i>	
Формула тонкой линзы	78
<i>Самостоятельная работа № 18</i>	
Оптические приборы и оптические системы	80
<i>Контрольная работа № 2</i>	
Геометрическая оптика	84

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

<i>Самостоятельная работа № 19</i>	
Дисперсия света. Скорость света	95
<i>Самостоятельная работа № 20</i>	
Интерференция света	98
<i>Самостоятельная работа № 21</i>	
Дифракция света	103
<i>Контрольная работа № 3</i>	
Волновая оптика	107

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

<i>Самостоятельная работа № 22</i>	
Релятивистский закон сложения скоростей	118
<i>Самостоятельная работа № 23</i>	
Относительность промежутков времени и расстояний	121
<i>Самостоятельная работа № 24</i>	
Зависимость массы от скорости	124
<i>Самостоятельная работа № 25</i>	
Закон взаимосвязи массы и энергии	126

СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ

<i>Самостоятельная работа № 26</i>	
Фотоэффект	129

<i>Самостоятельная работа № 27</i>	
Фотоны. Эффект Комптона	132
<i>Самостоятельная работа № 28</i>	
Давление света. Опыты Лебедева	135

АТОМНАЯ ФИЗИКА

<i>Самостоятельная работа № 29</i>	
Квантовые постулаты Бора	137

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

<i>Самостоятельная работа № 30</i>	
Методы регистрации заряженных частиц	
Закон радиоактивного распада	141
<i>Самостоятельная работа № 31</i>	
Радиоактивность. Правила смещения	144
<i>Самостоятельная работа № 32</i>	
Состав атомных ядер. Ядерные реакции	146
<i>Самостоятельная работа № 33</i>	
Дефект массы. Энергия связи	149
<i>Самостоятельная работа № 34</i>	
Энергетический выход ядерных реакций	151
<i>Самостоятельная работа № 35</i>	
Деление ядер урана. Ядерный реактор.	
Термоядерные реакции	154
<i>Самостоятельная работа № 36</i>	
Элементарные частицы	157
<i>Контрольная работа № 4</i>	
Квантовая физика. Физика атома и атомного ядра	160
ОТВЕТЫ	170
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	190

Кирик Леонид Анатольевич

Физика-11

Разноуровневые самостоятельные и контрольные работы

Художественный редактор *А.В. Терлецкий*

Компьютерная верстка *С.И. Удалов*

Корректор *И.И. Кирик*

Подписано в печать 19.11.2008. Формат 60×88/16.

Усл.-печ. л. 11,73. Тираж 10 000 экз. Заказ 4568.

ООО «Илекса», 105187, г. Москва, Измайловское шоссе, 48а,

сайт: www.ilexa.ru, E-mail: real@ilexa.ru,

факс 8(495) 365-30-55, телефон 8(495) 984-70-83

Отпечатано в ОАО ордена Трудового Красного Знамени

«Чеховский полиграфический комбинат»

142300, г. Чехов Московской области,

сайт: www.chpk.ru, E-mail: marketing@chpk.ru,

факс 8(49672) 6-25-36, факс 8(499) 270-73-59