

ПРЕДИСЛОВИЕ

Результаты единого государственного экзамена исключительно важны для выпускника и будущего абитуриента — они учитываются в школьном аттестате и при поступлении в вузы. Получить максимальный балл на ЕГЭ непросто, но с каждым годом увеличивается количество выпускников, которые блестяще с этим справляются.

Перед вами уникальное учебное пособие, одинаково необходимое выпускникам, их родителям и учителям.

Уважаемые выпускники!

Чтобы успешно сдать ЕГЭ, необходимы глубокие знания по физике и умение организовывать свою работу.

Итак,

- 1. Что вы знаете?** Выполните пробный тест. Это реальный «Демонстрационный вариант контрольных измерительных материалов для проведения в 2011 году единого государственного экзамена по физике. На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий. Часть 1 включает 25 заданий с выбором одного правильного ответа из 4 вариантов. Часть 2 состоит из 4 заданий, которые предполагают краткий ответ в виде набора цифр. Часть 3 включает 6 заданий, которые требуют развернутого ответа. В экзаменационной работе представлены задания разного уровня сложности: базового, повышенного и высокого. Максимальное количество баллов — 51. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов. Будьте честны с собой! Как вы усвоили материал школьной программы? Если вы не набрали максимального количества баллов, то...
- 2. Что делать?** Весь материал пособия разделен на 100 занятий. Тестовые задания упорядочены в соответствии с «Кодификатором элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения в 2011 году единого государственного экзамена по физике. На выполнение заданий каждого занятия вы потратите не более 30 минут.
- 3. Будьте внимательны.** Прочитайте вопрос или задание и постарайтесь понять его смысл. После этого читайте варианты ответов. Если вы поняли вопрос (задание), то, скорее всего, знаете и ответ на него. Останется только выбрать правильный вариант. Если же готового ответа нет, прочитайте еще раз варианты ответов и попробуйте мысленно отбросить те, которые, по вашему мнению, не подходят. Продумайте ход выполнения задания (решения задачи), вспомните необходимые формулы, понятия, законы, свойства.
- 4. Рассуждаем вместе.** Переверните страницу. Образец решения поможет вам научиться находить правильный ответ, даже если вопрос или задание вызвали у вас определенные трудности.
- 5. Репетируем ЕГЭ.** Представьте себя на экзамене. Пройдите последний тест, подобный тому, который вы будете проходить во время ЕГЭ, в условиях, максимально приближенных к условиям экзамена. Сидя дома, за рабочим столом, представьте себя на экзамене — тогда на ЕГЭ вы будете чувствовать себя как дома.

Верьте в свои силы! Желаем удачи!

Уважаемые родители!

Чем вы можете помочь своему ребенку?

1. Организовать будущему абитуриенту систематическую и последовательную подготовку к ЕГЭ. Большинство подростков еще не могут правильно планировать свое время, все откладывают «на потом». От правильного планирования занятий во многом зависит результат всей подготовки. Повторить 100 тем за 100 дней легче, чем весь материал за несколько дней до экзамена.
2. Создать благоприятную психологическую обстановку дома. Даже для самого ответственного ученика экзамен — это испытание, стресс. «Домашняя психотерапия» — это помощь любящих и заботливых близких людей, родителей, которые проверят, напомнят, убедят, уберегут от бессонных ночей накануне экзамена, успокоят и поддержат.
3. Быть рядом. Мы не призываем родителей учить вместе с ребенком теоретический материал и выполнять задания. Это первое «взрослое» испытание для ребенка, а не для его родителей! Принимайте участие в делах вашего ребенка, интересуйтесь его душевным состоянием, настроением. Стараясь помочь, вы дадите своим детям уроки любви, сочувствия, взаимопомощи, научите спокойно и уверенно преодолевать трудности.

Желаем вам удачи и терпения!

Уважаемые коллеги-учителя!

Большая часть заданий нашего пособия взята с официального сайта ФИПИ (открытый сегмент ФБТЗ) и упорядочены в соответствии с «Кодификатором элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения в 2011 году единого государственного экзамена по физике». Каждому разделу и элементу содержания, проверяемых на ЕГЭ, соответствуют несколько типов заданий (кстати, их можно использовать как раздаточный материал при проведении самостоятельных работ). Два тренировочных теста помогут каждому учащемуся определить свой уровень подготовки.

Конечно, ЕГЭ не требует специальной подготовки по предмету — готовиться нужно к самой форме проведения экзамена. Но при этом необходимы обобщение и систематизация изученного материала. Особое внимание следует обратить на пробелы в знаниях учащегося, допущенные при изучении школьной программы, и устранить их. Надеемся, что наше пособие будет полезно вам в вашей ежедневной работе.

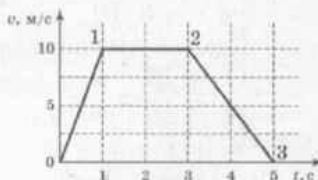
Желаем творческих успехов!

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ТЕСТ № 1¹

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1—A25) поставьте знак «x» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

- A1.** На рисунке представлен график зависимости скорости v автомобиля от времени t . Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с.



- 1) 0 м 3) 30 м
2) 20 м 4) 35 м

1 2 3 4 A1

- A2.** Самолет летит по прямой с постоянной скоростью на высоте 9000 м. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. Какое из следующих утверждений о силах, действующих на самолет в этом случае, верно?

- 1) На самолет не действует сила тяжести.
2) Сумма всех сил, действующих на самолет, равна нулю.
3) На самолет не действуют никакие силы.
4) Сила тяжести равна силе Архимеда, действующей на самолет.

1 2 3 4 A2

- A3.** При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ от силы нормального давления $F_{\text{д}}$ были получены следующие данные:

$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	0,2	0,4	0,6	0,8
$F_{\text{д}}, \text{Н}$	1,0	2,0	3,0	4,0

Из результатов исследования можно заключить, что коэффициент трения скольжения равен

- 1) 0,2 2) 2 3) 0,5 4) 5

1 2 3 4 A3

- A4.** Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы величиной 4 Н за 2 с импульс тела увеличился и стал равен 20 кг·м/с. Первоначальный импульс тела равен

- 1) 4 кг·м/с 3) 12 кг·м/с
2) 8 кг·м/с 4) 18 кг·м/с

1 2 3 4 A4

¹ Тренировочный тест № 1 является демонстрационным вариантом КИМ ЕГЭ 2010 г. (www.fipi.ru).

1 2 3 4 A5

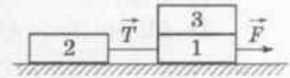
- A5.** Первоначальное удлинение пружины равно Δl . Как изменится потенциальная энергия пружины, если ее удлинение станет вдвое больше?
- 1) увеличится в 2 раза 3) уменьшится в 2 раза
2) увеличится в 4 раза 4) уменьшится в 4 раза

1 2 3 4 A6

- A6.** Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени в соответствии с уравнением $v = 3 \cdot 10^{-2} \sin 27\pi t$, где все величины выражены в СИ. Какова амплитуда колебаний скорости?
- 1) $3 \cdot 10^{-2}$ м/с 3) 2 м/с
2) $6 \cdot 10^{-2}$ м/с 4) 2π м/с

1 2 3 4 A7

- A7.** Одинаковые бруски, связанные нитью, движутся под действием внешней силы F по гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок).



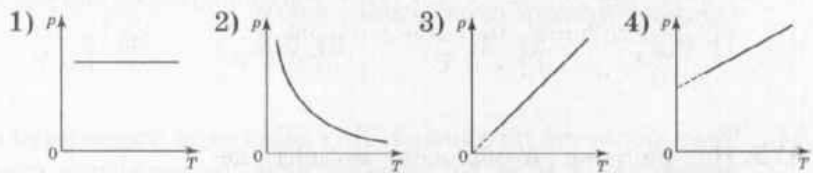
- Как изменится сила натяжения нити T , если третий брусок переложить с первого на второй?
- 1) уменьшится в 1,5 раза 3) увеличится в 2 раза
2) уменьшится в 2 раза 4) увеличится в 3 раза

1 2 3 4 A8

- A8.** В результате нагревания неона абсолютная температура газа увеличилась в 4 раза. Средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул при этом
- 1) увеличилась в 4 раза
2) увеличилась в 2 раза
3) уменьшилась в 4 раза
4) не изменилась

1 2 3 4 A9

- A9.** На рисунке приведены графики зависимости давления 1 моль идеального газа от абсолютной температуры для различных процессов. Какой из графиков соответствует изохорному процессу?

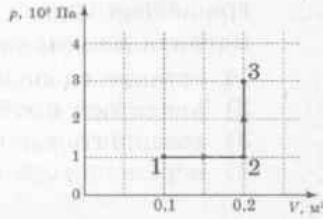


1 2 3 4 A10

- A10.** При каком из перечисленных ниже процессов остается неизменной внутренняя энергия 1 моль идеального газа?
- 1) при изобарном сжатии
2) при адиабатном сжатии
3) при адиабатном расширении
4) при изотермическом расширении

A11. Какую работу совершает газ при переходе из состояния 1 в состояние 3 (см рисунок)?

- 1) 10 кДж
- 2) 20 кДж
- 3) 30 кДж
- 4) 40 кДж



1 2 3 4 A11

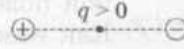
A12. Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно 227°C , а температура холодильника 27°C . Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу, равную 10 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

- 1) 2,5 Дж
- 2) 11,35 Дж
- 3) 11,35 кДж
- 4) 25 кДж

1 2 3 4 A12

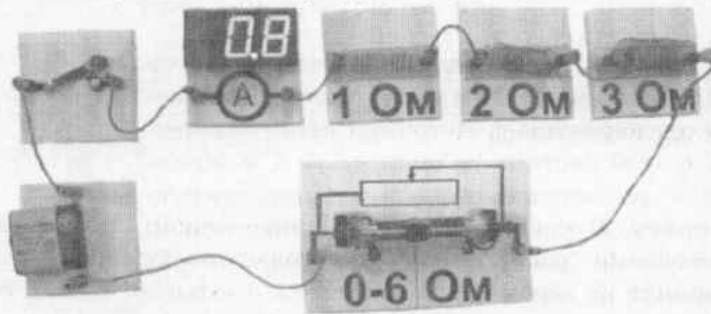
A13. Точечный положительный заряд q помещен между разноименно заряженными шариками (см. рисунок). Куда направлена равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд q ?

- 1) \rightarrow
- 2) \downarrow
- 3) \uparrow
- 4) \leftarrow



1 2 3 4 A13

A14. На фотографии электрическая цепь. Показания включенного в цепь амперметра даны в амперах.

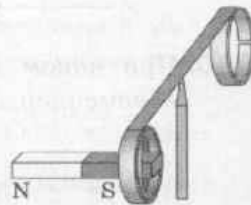


Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, если его подключить параллельно резистору 3 Ом?

- 1) 0,8 В
- 2) 1,6 В
- 3) 2,4 В
- 4) 4,8 В

1 2 3 4 A14

A15. На рисунке изображен момент демонстрационного эксперимента по проверке правила Ленца, когда все предметы неподвижны. Южный полюс магнита находится внутри сплошного металлического кольца, но не касается его. Коромысло с металлическими кольцами может свободно



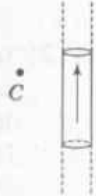
1 2 3 4 A15

вращаться вокруг вертикальной опоры. При выдвигении магнита из кольца оно будет

- 1) оставаться неподвижным
- 2) двигаться против часовой стрелки
- 3) совершать колебания
- 4) перемещаться вслед за магнитом

1 2 3 4 A16

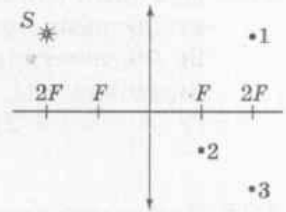
A16. На рисунке изображен цилиндрический проводник, по которому течет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции создаваемого током магнитного поля в точке C ?



- 1) в плоскости рисунка вверх
- 2) в плоскости рисунка вниз
- 3) от нас перпендикулярно плоскости рисунка
- 4) к нам перпендикулярно плоскости рисунка

1 2 3 4 A17

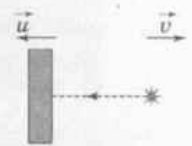
A17. Где находится изображение светящейся точки S (см. рисунок), создаваемое тонкой собирающей линзой?



- 1) в точке 1
- 2) в точке 2
- 3) в точке 3
- 4) на бесконечно большом расстоянии от линзы

1 2 3 4 A18

A18. В инерциальной системе отсчета свет от неподвижного источника распространяется со скоростью c . Источник света движется в этой системе со скоростью v , а зеркало — со скоростью u в противоположную сторону. С какой скоростью относительно источника распространяется свет, отраженный от зеркала?



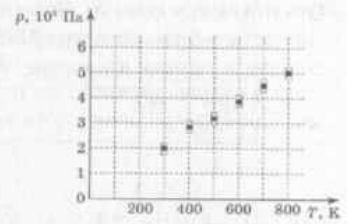
- 1) $c - v$
- 2) $c + v + u$
- 3) $c + v$
- 4) c

1 2 3 4 A19

A19. Две частицы, отношение зарядов которых $\frac{q_2}{q_1} = 2$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найдите отношение масс частиц $\frac{m_2}{m_1}$, если их кинетические энергии одинаковы, а отношение радиусов траектории $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{2}$.

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 8
- 4) 4

A25. На рисунке показаны результаты измерения давления постоянной массы разреженного газа при повышении его температуры. Погрешность измерения температуры $\Delta T = \pm 10$ К, давления $\Delta p = \pm 2 \cdot 10^4$ Па. Газ занимает сосуд объемом 5 л. Чему примерно равно число молей газа?



- 1) 0,2 3) 1,0
2) 0,4 4) 2,0

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1

В1. В сосуде неизменного объема находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Температура газов в сосуде поддерживалась неизменной. Как изменились в результате парциальные давления газов и их суммарное давление? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось
2) уменьшилось
3) не изменилось

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Парциальное давление первого газа	Парциальное давление второго газа	Давление смеси газов в сосуде

А	Б

 В2

В2. Установите соответствие между физическими явлениями и приборами, в которых используются или наблюдаются эти явления.

- | <i>Физические явления</i> | <i>Прибор</i> |
|---------------------------|---------------------------|
| А) Ионизация газа | 1) Дифракционная решетка |
| Б) Линейчатый спектр | 2) Просветленный объектив |
| | 3) Счетчик Гейгера |
| | 4) Призмный спектроскоп |

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

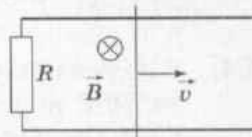
В3. Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.

 В3

В4. В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ наливают $m = 1$ кг воды с температурой $t_2 = 44^\circ\text{C}$. Какая масса льда Δm расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.

 В4

В5. Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надежный контакт с ними. Известны величины: индукция магнитного поля $B = 0,1$ Тл, расстояние между рельсами $l = 10$ см, скорость движения перемычки $v = 2$ м/с, сопротивление контура $R = 2$ Ом. Какова сила индукционного тока в контуре? Ответ выразите в миллиамперах (мА).


 В5

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланк ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1. Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на длинной шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза припела в движение. Опишите движение гильзы и объясните его, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано.


 С1

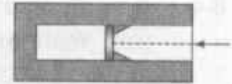
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

С2

- С2.** Тело, свободно падающее с некоторой высоты без начальной скорости, за время $\tau = 1$ с после начала движения проходит путь в $n = 5$ раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найдите полное время движения.

С3

- С3.** В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр с поршнем. В цилиндре находится 0,1 моль гелия. Поршень удерживается упорами и может скользить влево вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нем. Температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении возрастает на 64 К. Какова масса поршня? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с поршнем и цилиндром.



С4

- С4.** Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника $\varepsilon = 6$ В, его внутреннее сопротивление $r = 2$ Ом. Сопротивление реостата можно изменять в пределах от 1 Ом до 5 Ом. Чему равна максимальная мощность тока, выделяемая на реостате?

С5

- С5.** В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора 2,5 нКл. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

С6

- С6.** Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из металлической пластины светом с длиной волны $\lambda = 3 \cdot 10^{-1}$ м, если красная граница фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}} = 540$ нм?

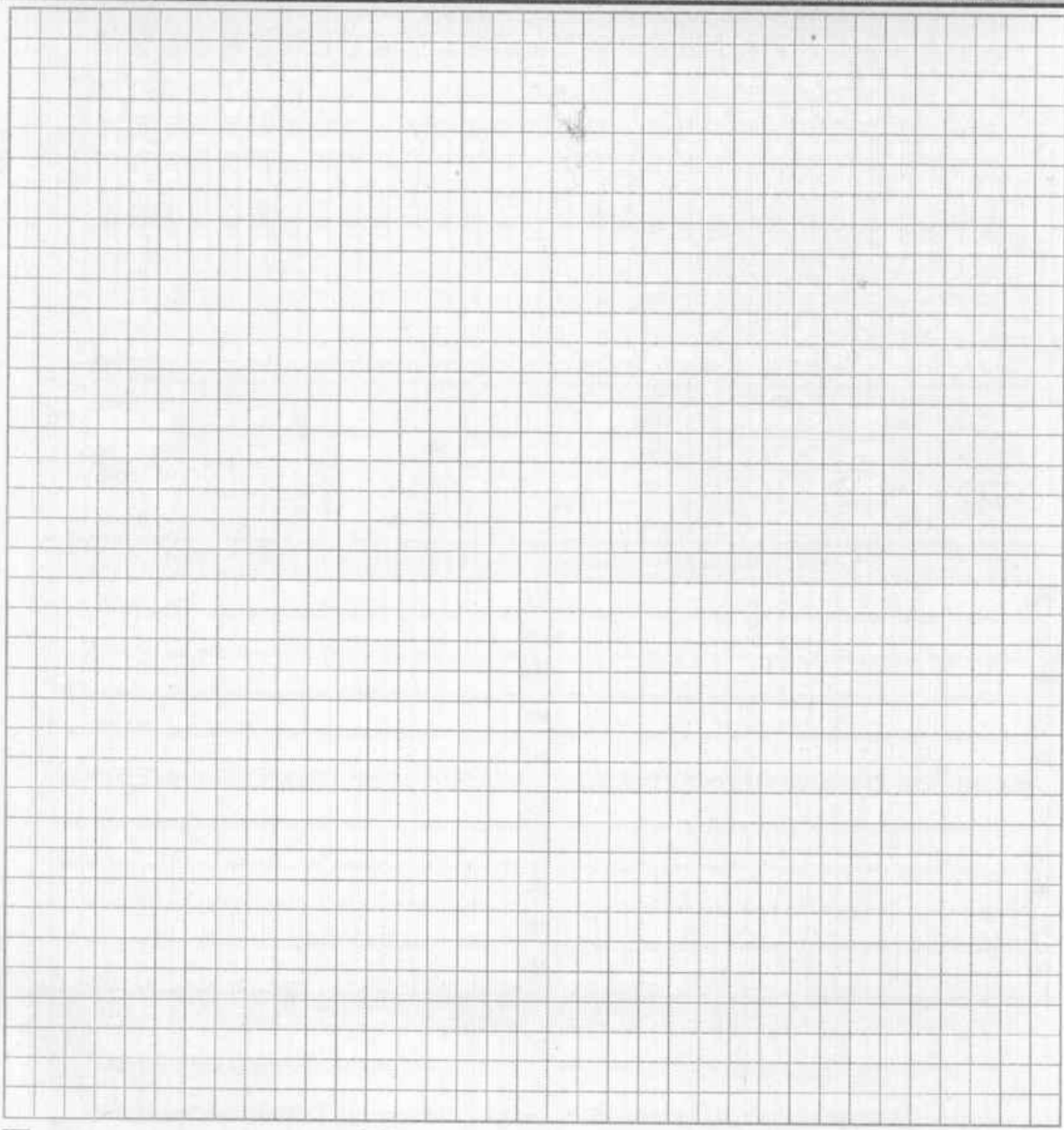
Бланк ответов №2



Регион	Код предмета	Название предмета	Размер - 8
Дополнительный бланк ответов №2		Лист № 1	

Перенесите значения полей «регион», «код предмета», «название предмета» из БЛАНКА РЕГИСТРАЦИИ.
Отвечая на задание типа С, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвечаете: например С1.
Условия задания переписывать не нужно.

ВНИМАНИЕ! Все бланки и листы с контрольными измерительными материалами рассматриваются в комплекте.



Бланк ответов №2



Регион	Код предмета	Название предмета	Резерв - 6
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Дополнительный бланк ответов №2	<input type="text"/>	Лист № 1	<input type="text"/>
---------------------------------	----------------------	----------	----------------------

Перепишите значения полей «регион», «код предмета», «название предмета» из БЛАНКА РЕГИСТРАЦИИ.
Отвечая на задание типа С, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвечаете, например С1.
Условия задания переписывать не нужно.

ВНИМАНИЕ! Все бланки и листы с контрольными измерительными материалами рассматриваются в комплекте.

Ответы к тренировочному тесту №1

За правильный ответ на каждое задание части 1 ставится 1 балл. Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	4	A14	3
A2	2	A15	4
A3	1	A16	4
A4	3	A17	3
A5	2	A18	4
A6	1	A19	1
A7	3	A20	4
A8	1	A21	2
A9	3	A22	2
A10	4	A23	2
A11	1	A24	3
A12	4	A25	2
A13	1		

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1, В2 правильно указана последовательность цифр, в заданиях В3, В4, В5 — число.

За полный правильный ответ на задания В1, В2 ставится 2 балла, 1 балл — допущена одна ошибка; за неверный ответ или его отсутствие — 0 баллов.

За правильный ответ на задания В3, В4, В5 ставится 1 балл, за неверный ответ или его отсутствие — 0 баллов.

№ задания	Ответ
В1	123
В2	34
В3	60
В4	560
В5	10

1 2 3 A1

- A1. Путь, пройденный автомобилем, равен площади под графиком зависимости скорости от времени.

$$S = S_{01} + S_{01} + S_{03}, \quad S_{01} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10 = 5 \text{ м},$$

$$S_{12} = (3 - 1) \cdot 10 = 20 \text{ м}, \quad S_{23} = \frac{1}{2} (5 - 3) \cdot 10 = 10 \text{ м},$$

$$S = 5 + 20 + 10 = 35 \text{ м}.$$

1 3 4 A2

- A2. На самолет в полете действуют сила тяжести, подъемная сила, сила тяги двигателя и сила сопротивления воздуха. Согласно второму закону Ньютона

$$\sum \vec{F}_i = m\vec{a},$$

где m — масса самолета, \vec{a} — ускорение.

Поскольку скорость самолета постоянна, как и высота, а сам самолет летит по прямой, то его ускорение равно нулю, а значит равна нулю и сумма сил, действующих на него.

 2 3 4 A3

- A3. Сила трения скольжения равна

$$F_{\text{тр}} = k \cdot N,$$

где k — коэффициент трения скольжения, N — реакция опоры, равная силе нормального давления

$$N = F_{\text{н}}.$$

Тогда $F_{\text{тр}} = k \cdot F_{\text{н}}$, следовательно,

$$k = \frac{F_{\text{тр}}}{F_{\text{н}}} = \frac{0,2}{1} = 0,2.$$

1 2 4 A4

- A4. При движении по прямой скорость изменяется по закону

$$v = v_0 + at,$$

где v_0 — начальная скорость, a — ускорение, равное по второму закону

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

Импульс тела изменяется по закону

$$p = mv = mv_0 + m \cdot a \cdot t = p_0 + m \cdot \frac{F}{m} \cdot t = p_0 + F \cdot t,$$

тогда начальный импульс

$$p_0 = p - F \cdot t = 20 - 4 \cdot 2 = 12 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

1 3 4 A5

- A5. Потенциальная энергия деформированной пружины равна

$$E_{\text{к}} = \frac{k \cdot (\Delta l)^2}{2},$$

где k — коэффициент упругости пружины, Δl — ее удлинение.

После увеличения удлинения вдвое

$$E'_n = \frac{k \cdot (2 \cdot \Delta l)^2}{2} = \frac{4k \cdot \Delta l^2}{2} = 4 \cdot E_n,$$

т. е. потенциальная энергия увеличится в 4 раза.

- A6.** В общем виде закон изменения скорости тела при гармонических колебаниях

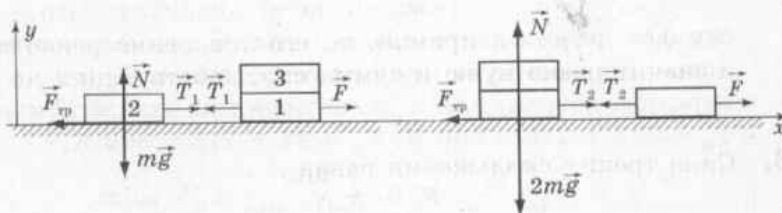
$$v = v_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где v_m — амплитуда колебаний скорости, ω — циклическая скорость колебаний, φ_0 — начальная фаза. Тогда амплитуда в выражении

$$v = 3 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi t,$$

равна $v_m = 3 \cdot 10^{-2}$ м/с.

A7.



Согласно второму закону Ньютона в первом случае

$$\vec{T}_1 + \vec{F}_{\text{сп}} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

в проекциях на оси координат

$$x: T_1 - F_{\text{сп}} = T_1 - k \cdot N = 0; T_1 = kN.$$

$$y: N - mg = 0; N = mg; T_1 = kmg.$$

Во втором случае

$$\vec{T}_2 + \vec{F}_{\text{сп}} + \vec{N} + 2m\vec{g} = 0$$

$$x: T_2 - F_{\text{сп}} = 0; T_2 = F_{\text{сп}} = kN.$$

$$y: N - 2mg = 0; N = 2mg; T_2 = 2kmg = 2T_1.$$

Ответ: 3) увеличится в 2 раза.

- A8.** Кинетическая энергия теплового движения молекул газа:

$$E_n = \frac{3}{2} kT. \text{ Тогда } \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{\frac{3}{2} k \cdot T_2}{\frac{3}{2} k \cdot T_1} = \frac{T_2}{T_1} = 4,$$

т. е. энергия увеличится в 4 раза.

- A9.** При изохорическом процессе

$$V = \text{const}, \frac{P}{T} = \text{const}.$$

График такой зависимости в координатах P - T — прямая, проходящая через начало координат, изображенная на графике 3.

2 3 4 **A6**

1 2 4 **A7**

2 3 4 **A8**

1 2 4 **A9**

1 2 3 A10

A10. Внутренняя энергия газа $U = \frac{3}{2}RT$.

Она остается постоянной при неизменной температуре, т. е. при изотермическом процессе.

2 3 4 A11

A11. В процессе с увеличением объема газа работа, совершаемая им, равна площади под графиком, построенным в координатах P - V :

$$A_{13} = A_{12} + A_{23} = 10^{23} \cdot (0,2 - 0,1) + 0 = 10^4 \text{ Дж} = 10 \text{ кДж.}$$

1 2 3 A12

A12. КПД двигателя Карно

$$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{T_n - T_x}{T_n},$$

где A — работа двигателя за цикл, Q_n — количество теплоты, получаемое за цикл от нагревателя, T_n и T_x — температура нагревателя и охлаждения по шкале Кельвина.

$$T_n = 227 + 273 = 500 \text{ К}, T_x = 27 + 273 = 300 \text{ К},$$

$$Q_n = A \cdot \frac{T_n}{T_n - T_x} = 10 \cdot \frac{500}{500 - 300} = 25 \text{ кДж.}$$

2 3 4 A13

A13. Вектор напряженности электрического поля направлен от положительного заряда к отрицательному. Поскольку $q > 0$, то вектор равнодействующей кулоновских сил

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \uparrow \uparrow \vec{E},$$

т. е. направлен от положительного заряда к отрицательному, т. е. слева направо.

1 2 4 A14

A14. Идеальный вольтметр, подключенный параллельно резистору 3 Ом , покажет величину падения напряжения $\Delta U = I \cdot R = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ В}$.

1 2 3 A15

A15. При выдвигании магнита из кольца магнитный поток через кольцо уменьшается. В кольце создается индукционный ток, создающий собственное магнитное поле, которое согласно правилу Ленца должно препятствовать уменьшению магнитного потока через кольцо, чего можно достичь только перемещением кольца вслед за магнитом.

1 2 3 A16

16. Согласно правилу буравчика вектор магнитной индукции создаваемого током магнитного поля в точке C будет направлен к нам перпендикулярно плоскости рисунка.

A17. По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{F},$$

где u и v — расстояние от объекта и изображения до линзы.

Тогда $\frac{1}{v} = \frac{1}{F} - \frac{1}{u} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F} = \frac{1}{2F}$, $v = 2F$.

На рисунке $v_1 > 2F$, $v_2 = F$, $v_3 = 2F$, поэтому изображение точки S будет в точке 3.

1 2 4 A17

A18. Скорость света c — фундаментальная постоянная, не зависящая от выбора инерциальной системы отчета, поэтому свет, отраженный от зеркала, также будет распространяться со скоростью c .

1 2 3 A18

A19. Траекторией частицы массой m с зарядом q в однородном магнитном поле при движении перпендикулярно линиям магнитной индукции будет окружность радиуса R , при этом кинетическая энергия частицы $E_k = \frac{mv^2}{2}$,

а центростремительное ускорение $a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{F_L}{m}$,

где $F_L = qvB$ — сила Лоренца, B — магнитная индукция поля. Тогда

$$v^2 = \frac{qvBR}{m}, \quad v = \frac{qBR}{m}, \quad E_k = \frac{1}{2} m \cdot \left(\frac{qBR}{m} \right)^2 = \frac{q^2 R^2}{m} \cdot \frac{B^2}{2}.$$

Отношение кинетических энергий частиц

$$\frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{q_2^2 \cdot R_2^2}{m_2} \cdot \frac{m_1}{q_1^2 \cdot R_1^2} = 1,$$

откуда $\frac{m_2}{m_1} = \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^2 \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 = 2^2 \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^2 = 1.$

2 3 4 A19

A20. Энергия фотона

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda},$$

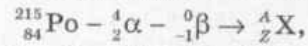
где h — постоянная Планка, ν — частота излучения, λ — длина волны излучения, c — скорость света. Тогда соотношение энергий фотонов излучений

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\frac{h \cdot c}{\lambda_1}}{\frac{h \cdot c}{\lambda_2}} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{10 \cdot 10^{-10}} = 4000.$$

1 2 3 A20

1 3 4 A21

A21. Уравнение реакции распада, описанного в задаче:



где $A = 215 - 4 - 0 = 211$, $Z = 84 - 2 - (-1) = 83$.

1 3 4 A22

A22. Периодом полураспада называется время, за которое количество нерасставшихся частиц уменьшается вдвое. Начальное количество частиц $N_0 = 160 \cdot 10^{25}$, периоду полураспада соответствует $N_1 = \frac{N_0}{2} = 80 \cdot 10^{25}$. Согласно графику $T_1 = 50$ ч.

1 3 4 A23

A23. По формуле Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2},$$

где h — постоянная Планка, ν — частота падающего излучения, $A_{\text{вых}}$ — работа выхода, $\frac{mv^2}{2}$ — кинетическая энергия вылетающего электрона. При этом число электронов равно числу падающих фотонов, однако явление фотоэффекта прекращается, если $h\nu < A_{\text{вых}}$. После уменьшения частоты излучения

$$h\nu = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{6 \cdot 10^{14}}{2} = 1,988 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

Поскольку $h\nu < A_{\text{вых}} = 3,4 \cdot 10^{-19}$ Дж, явление фотоэффекта прекратится, число фотоэлектронов станет равным нулю.

1 2 4 A24

A24. Необходимо поставить два опыта с одной и той же призмой, но с разными углами падения пучка света. Этим условиям соответствуют эксперименты, схемы которых показаны на рисунках А и Б.

1 3 4 A25

A25. Согласно уравнению Клапейрона — Менделеева

$$P \cdot V_m = R \cdot T,$$

где P — давление газа, $V_m = \frac{V}{\nu}$ — молярный объем газа, V — объем газа, ν — количество газа в молях, T — температура газа, R — универсальная газовая постоянная.

Выберем одну из точек на рисунке:

$P = 5 \cdot 10^5$ Па, $R = 800$ К, тогда

$$\frac{PV}{\nu} = RT, \quad \nu = \frac{PV}{RT} = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{8,31441 \cdot 800} = 0,376.$$

С учетом указанных погрешностей ΔP и ΔT правильным ответом будет 0,4 моля.

- B1.** Согласно уравнению Клапейрона — Менделеева для смеси газов

$$PV = (n_1 + n_2)RT, \quad P_1V = n_1RT, \quad P_2V = n_2RT.$$

В результате манипуляций с газами n_1 растет, n_2 уменьшается, а сумма $n_1 + n_2$ остается неизменной, поэтому парциальное давление первого газа увеличивается, а второго — уменьшается, а суммарное давление не изменяется.

- B2.** При попадании в счетчик Гейгера происходит ударная ионизация газа, которым наполнен стеклянный баллон прибора. Призмный спектроскоп используется для наблюдения линейчатых спектров испускания различных элементов.

- B3.** По закону сохранения энергии при спуске

$$mgh = \frac{mv^2}{2},$$

где m — масса лыжника, g — ускорение свободного падения, h — высота спуска, v — скорость после спуска.

При горизонтальном движении силы сопротивления совершают работу по торможению лыжника, равную

$$A = F \cdot s = \frac{mv^2}{2} = mgh,$$

где F — сила сопротивления, s — путь, пройденный до остановки. Тогда

$$F = \frac{A}{s} = \frac{mgh}{s} = \frac{60 \cdot 10 \cdot 20}{200} = 60 \text{ Н.}$$

- B4.** Тепловое равновесие наступит тогда, когда температура долитой воды уменьшится до $t_1 = 0^\circ\text{C}$. При этом по закону сохранения энергии

$$Q_{\text{д}} = \Delta m \cdot v = Q_{\text{в}} = mc(t_2 - t_1),$$

где $v = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг — удельная теплота плавления льда, c — удельная теплоемкость воды, $c = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/кг.

Тогда

$$\Delta m = \frac{m \cdot c(t_2 - t_1)}{v} = \frac{1 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot (44 - 0)}{3,3 \cdot 10^5} = 0,56 \text{ кг} = 560 \text{ г.}$$

- B5.** Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея Э. Д. С. в контуре

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\vec{B} \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = -\vec{B} \cdot \vec{v}l = B \cdot vl.$$

Сила индукционного тока по закону Ома

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B \cdot v \cdot l}{R} = \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 0,1}{2} = 0,01 \text{ А} = 10 \text{ мА.}$$

123

B1

34

B2

60

B3

560

B4

10

B5

Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

- С1.** 1) Гильза притянется к пластине, коснется ее, а потом отскочит и зависнет в отклоненном состоянии.
 2) Под действием электрического поля пластины изменится распределение электронов в гильзе и произойдет ее электризация: та ее сторона, которая ближе к пластине (левая), будет иметь отрицательный заряд, а противоположная сторона (правая) — положительный. Поскольку сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с увеличением расстояния между ними, притяжение к пластине левой стороны гильзы будет больше отталкивания правой стороны гильзы. Гильза будет притягиваться к пластине и двигаться, пока не коснется ее.
 3) В момент касания часть электронов перейдет с гильзы на положительно заряженную пластину, гильза приобретет положительный заряд и оттолкнется от теперь уже одноименно заряженной пластины.
 4) Под действием силы отталкивания гильза отклонится вправо и зависнет в положении, когда равнодействующая силы электростатического отталкивания, силы тяжести и силы натяжения нити станет равна нулю.

Баллы
3
2

Критерии оценки выполнения задания
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае — <i>описание движения гильзы, п. 1</i>), и полное верное объяснение (в данном случае — <i>п. 2–4</i>) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае — <i>электризация во внешнем поле и при контакте с заряженным телом, взаимодействие заряженных тел</i>).</p>
<p>Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: — в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. ИЛИ — рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты. ИЛИ — указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.</p>

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

— приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ.

ИЛИ

— приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан.

ИЛИ

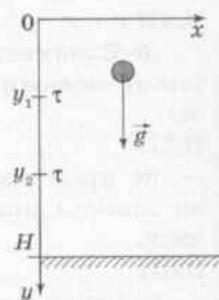
— представлен только правильный ответ без обоснований.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

- C2.** 1) Свободно падающее тело движется равноускоренно с ускорением свободного падения g . В системе отсчета, связанной с землей (см. рис.), при указанных начальных условиях закон движения тела с постоянным ускорением (зависимость координаты тела от времени) имеет вид: $y(t) = \frac{gt^2}{2}$.



- 2) Положение точки в момент $t_1 = \tau$ отмечено на рисунке $y(t_1) = y_1$, а в момент времени $t_2 = T - \tau$ отмечено $y(t_2) = y_2$. Здесь T — полное время движения:

$y(T) = \frac{gT^2}{2} = H$. Это приводит к системе уравнений

$$\begin{cases} y_1 = \frac{gt_1^2}{2} = \frac{g\tau^2}{2}, \\ y_2 = \frac{gt_2^2}{2} = \frac{g(T-\tau)^2}{2}. \end{cases}$$

- 3) В соответствии с условием задачи путь S , пройденный за последнюю секунду

$$S = H - y_2 = \frac{g}{2} [T^2 - (T - \tau)^2] = \frac{g\tau}{2} (2T - \tau),$$

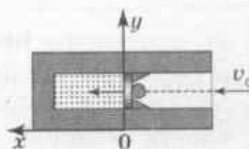
в n раз больше, чем за первую $y_1 = \frac{g\tau^2}{2}$: $S = ny_1$.

Отсюда получаем соотношение $2T - \tau = n\tau$, позволяющее вычислить полное время движения $T = \frac{n+1}{2} \tau$.

Ответ: $T = 3$ с.

Баллы	Критерии оценки выполнения задания
3	<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>уравнение движения для свободно падающего тела</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>
2	<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>
1	<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>— представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— в решении отсутствует <i>одна</i> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— в <i>одной</i> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>
0	<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>

- С3.** 1) Гелий в цилиндре можно рассматривать, как идеальный газ, изменение температуры ΔT которого пропорционально изменению внутренней энергии ΔU :



$$\Delta U = \nu \frac{3}{2} R \Delta T.$$

Здесь ν — количество молей гелия. Изменение внутренней энергии, в соответствии с первым началом термодинамики, пропорционально количеству теплоты, подведенной к газу Q и работе A силы давления поршня, сжимающего газ: $\Delta U = Q + A$. В задаче теплообменом пренебрегают, поэтому $\Delta U = A$.

2) При движении поршня от начала его движения в результате неупругого соударения с пулей и до остановки, изменение его кинетической энергии равно работе всех сил, действующих на поршень. Так как трения нет, то эта работа равна по модулю и противоположна по знаку работе силы давления. В инерциальной системе отсчета, связанной с цилиндром (см. рис.), это приводит к выражению

$$\frac{(m + M)v_n^2}{2} = A.$$

Здесь m и M — соответственно масса пули и масса поршня, v_n — скорость поршня сразу после попадания пули. Скорость поршня сразу после попадания в него пули можно определить при помощи закона сохранения проекции импульса системы «поршень-пуля» на горизонтальную ось за время соударения, поскольку импульс внешних сил (силы давления газа и действия упоров) пренебрежимо мал за это время: $mv_0 = (m + M)v_n$.

Здесь v_0 — скорость пули перед соударением.

3) Из приведенных выражений получаем:

$$\frac{m}{M + m} \frac{mv_0^2}{2} = \nu \frac{3}{2} R \Delta T,$$

что позволяет определить массу поршня:

$$M = \frac{m^2 v_0^2}{3R\nu\Delta T} - m.$$

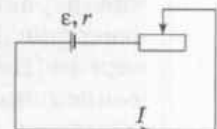
Ответ: $M \approx 90$ г.

Критерии оценки выполнения задания
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон сохранения импульса, формула для внутренней энергии идеального одноатомного газа, закон сохранения энергии);</p>

Баллы
3

	<p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>
2	<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> — в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.
1	<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> — представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — в решении отсутствует <i>одна</i> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — в <i>одной</i> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.
0	<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>

- С4.** 1) Мощность, выделяющаяся на реостате при прохождении по нему тока, равна произведению силы тока I на напряжение U на нем: $P = IU$.



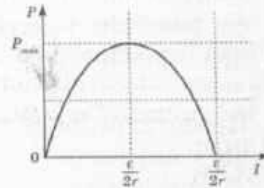
2) В соответствии с законом Ома для полной цепи сила тока определяется выражением $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, а напряжение на реостате можно определить с помощью закона Ома для участка цепи:

$$U = IR.$$

Здесь R — сопротивление части реостата, включенной в цепь.

С помощью приведенных выражений напряжение на реостате можно выразить как функцию силы тока $U(I) = \varepsilon - Ir$, что позволяет записать формулу для мощности как функцию силы тока в цепи $P(I) = I(\varepsilon - Ir)$.

3) Полученная функция — квадратичная зависимость мощности от силы тока $P(I) = -I^2r + \varepsilon I$, график которой — парабола. Ее ветви направлены вниз, а корни уравнения $P(I) = -I^2r + \varepsilon I = 0$ расположены симметрично относительно положения максимума функции.



Так как эти корни:

$$I_1 = 0, I_2 = \frac{\varepsilon}{r},$$

то максимум функции мощности $P(I)$ достигается при

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{2r},$$

отсюда

$$P_{\max} = P(I_0) = \frac{\varepsilon^2}{4r}.$$

Ответ: $P_{\max} = 4,5$ Вт.

Критерии оценки выполнения задания
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон Ома для полной цепи и для участка цепи, формула для мощности тока);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>

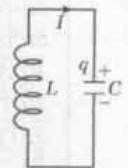
Баллы
3

2	<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> — в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.
1	<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> — представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — в решении отсутствует <i>одна</i> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — в <i>одной</i> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.
0	<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>

C5. 1) Энергия заряженного конденсатора определяется выражением $E_c = \frac{q^2}{2C}$, а энергия магнитного поля тока в катушке индуктивности

$$E_L = \frac{LI^2}{2}.$$

Здесь q — заряд на пластине конденсатора емкостью C , а I — ток заряда конденсатора, текущий по катушке индуктивностью L (см. рисунок).



2) В идеальном контуре суммарная энергия конденсатора и катушки сохраняется, периодически переходя из энергии конденсатора в энергию катушки и обратно:

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = E_0.$$

Закон сохранения энергии позволяет найти зависимость заряда конденсатора как функцию силы тока I :

$$q(I) = \sqrt{2CE_0 - LI^2}.$$

3) В момент времени, когда зарядный ток обращается в ноль, заряд конденсатора достигает максимального значения, и его энергия равна полной энергии системы:

$$\frac{q_m^2}{2C} = E_0,$$

откуда

$$2CE_0 = q_m^2.$$

При колебаниях в контуре в некоторый момент заряд конденсатора обращается в ноль, а ток через катушку достигает максимального значения I_m . При этом энергия магнитного поля катушки равна полной энергии:

$$\frac{LI_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C},$$

что приводит к соотношению

$$LC = \frac{q_m^2}{I_m^2}.$$

С учетом полученных выражений заряд конденсатора можно записать в виде:

$$q(I) = q_m \sqrt{1 - \frac{I^2}{I_m^2}}.$$

Ответ: заряд конденсатора в момент времени t : $q = 2,0$ нКл.

Критерии оценки выполнения задания
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формула для энергии заряженного конденсатора и энергии магнитного поля катушки с током, закон сохранения энергии);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>

Баллы
3

2	<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>
1	<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>
0	<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>

С6. 1) Максимальная скорость u фотоэлектронов, выбитых из пластины, может быть определена из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2},$$

где ν — частота падающих фотонов, $A_{\text{вых}}$ — работа выхода электронов. Отсюда же нетрудно определить «красную границу» фотоэффекта, т. е. минимальную частоту фотонов ν_{min} , при которой возможно выбивание фотоэлектронов, т. е. кинетическая энергия вылетевших электронов равна нулю: $h\nu_{\text{min}} = A_{\text{вых}}$.

2) Частота фотонов связана с длиной волны падающего света соотношением:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

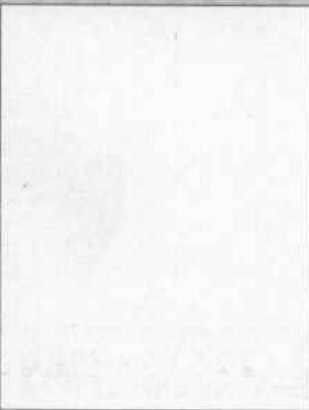
3. Отсюда максимальная скорость фотоэлектронов

$$v = \sqrt{\frac{2hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)}{m}}$$

где $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_{\min}}$ — длина волны красной границы света.

Ответ: $v = 800$ км/с.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формула, связывающая частоту и длину волны фотона</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>— Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p>	1



0

ИЛИ

— В решении отсутствует *одна* из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

ИЛИ

— В *одной* из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения) допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

Ответы:

Скорость при равномерном движении тела

$$v = \frac{S}{t}, [v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Перемещение тела равно произведению скорости на время, затраченное на это перемещение:

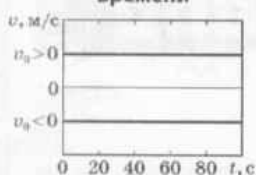
$$S = vt.$$

Путь равен модулю перемещения!

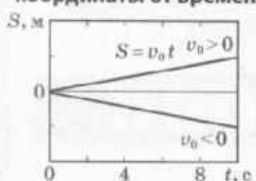
Координата в конечный момент времени:

$$x = x_0 + S, \\ x = x_0 + vt.$$

Графическое изображение зависимости скорости движения от времени



Графическое изображение зависимости координаты от времени



Перемещение численно равно площади под графиком зависимости скорости от времени.

1. Механическое движение — движение относительное. Относительными являются скорость, ускорение, траектория, путь. Они зависят от выбранной системы отсчета: системы координат, связанной с системой отсчета, относительно которой производятся наблюдения или измерения, и часами. Поскольку в данной задаче точка на конце лопасти винта вертолета рассматривается относительно системы отсчета, связанной с винтом, вращающимся вместе с этой лопастью, то данная точка остается неподвижной. Траектория изображается точкой.

Ответ: 1.

2. Из графика движения автомобиля видно, что движение автобуса из пункта А в пункт В и обратно было равномерным (линейные зависимости), т.е. скорости движения были постоянными: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. По графику находим, что из пункта В в пункт А автобус двигался $\Delta t = 0,6$ ч. Следовательно, $v = \frac{30}{0,6} = 50$ км/ч.

Ответ: 2.

3. Скоростью \vec{v} точки называется предел отношения перемещения $\Delta \vec{r}$ к промежутку времени Δt , в течение которого это перемещение произошло, при стремлении Δt к нулю:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (1)$$

Таким образом, определенное понятие скорости называют также мгновенной скоростью. Это определение скорости справедливо для любых видов движения — от *криволинейного неравномерного* до *прямолинейного равномерного*. Когда говорят о скорости при неравномерном движении, то имеют в виду именно мгновенную скорость. Из этого определения непосредственно следует векторный характер скорости, поскольку *перемещение* — векторная величина. Модуль скорости v , как следует из (1), равен производной пути по времени: $v = s'$.

Из условия задачи следует, что тело движется неравномерно (скорость тела меняется со временем), поскольку заданная зависимость координаты x от времени не линейна, т.е. речь идет о мгновенной скорости. Поэтому

$$Y = x' = (8t - t^2)' = 8 - 2t = 0$$

Отсюда находим, что $t = 4$ с.

Ответ: 2.

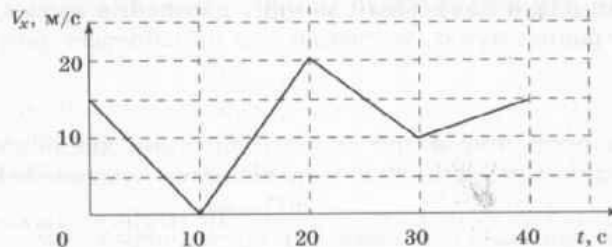
4. Ответ: 3.

5. Ответ: 4.

День 2

1.1.2. Ускорение. Уравнения прямолинейного равноускоренного движения

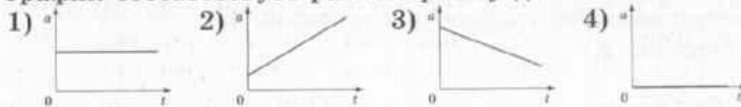
1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени.



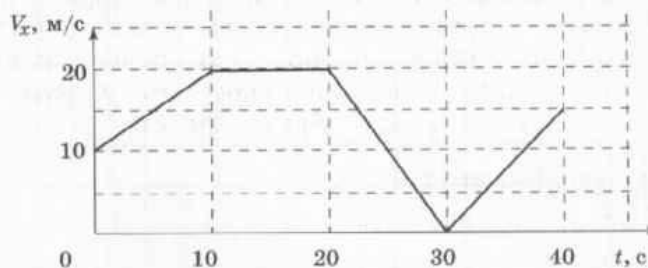
Модуль ускорения максимален на интервале времени

- 1) от 0 до 10 с 3) от 20 до 30 с
2) от 10 до 20 с 4) от 30 до 40 с
2. Скорость пули при вылете из ствола пистолета равна 250 м/с. Длина ствола — 0,1 м. Каково примерно ускорение пули внутри ствола, если считать ее движение равноускоренным?
- 1) 312 км/с² 3) 1248 м/с²
2) 114 км/с² 4) 100 м/с²

3. На рисунках изображены графики зависимости модуля ускорения от времени для разных видов движения. Какой график соответствует равномерному движению?



4. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени.



Модуль ускорения автомобиля максимален на интервале времени

- 1) от 0 до 10 с 3) от 20 до 30 с
2) от 10 до 20 с 4) от 30 до 40 с

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

Ответы:

Скорость линейно зависит от времени:

$$v = at + v_0.$$

Путь, пройденный телом при прямолинейном равноускоренном движении

$$s(t) = v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

Ускорение тела

Изменение скорости в единицу времени. Ускорение a вычисляется как отношение изменения скорости тела к промежутку времени, за который это изменение произошло:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0},$$

$$[a] = \text{м/с}^2.$$

1. Линейные зависимости скорости v от времени t во всех четырех временных интервалах означают движение с постоянными ускорениями. Так как $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, то максимальным будет ускорение в интервале времени с наибольшим углом наклона участка графика к оси времени, т.е. в интервале 10...20 с.

Ответ: 2.

2. Так как в начальный момент движения путь s_0 и скорость v_0 равны нулю, то уравнение приобретает вид

$$s(t) = \frac{at^2}{2}. \quad (1)$$

Скорость точки при равноускоренном движении с нулевой начальной скоростью определяется уравнением

$$v(t) = at. \quad (2)$$

Находя из уравнения (2) время через ускорение и подставляя его в (1), получаем выражение для ускорения

$$a = \frac{v^2}{2s}. \quad (3)$$

Подставляя в формулу (3) численные значения получим

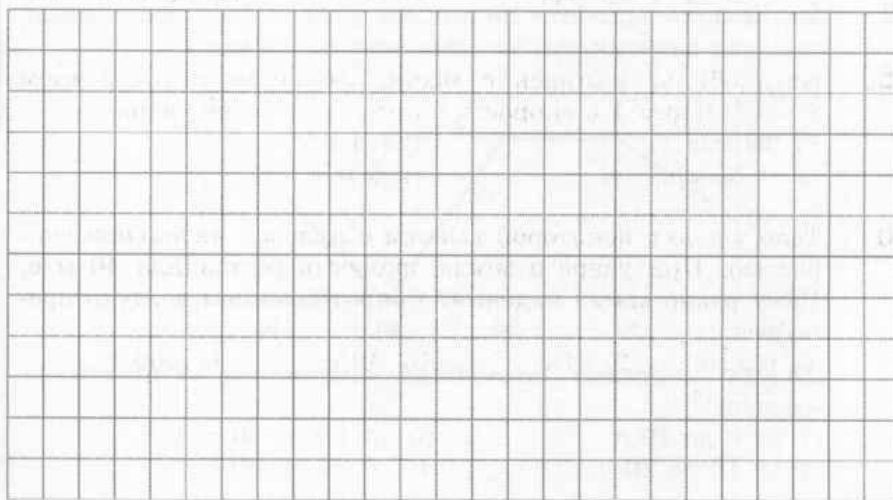
$$a = \frac{50^2}{2 \cdot 0,1} = 312,5 \text{ км.}$$

Ответ: 1.

3. Движение с неизменным по модулю ускорением — это равнопеременное движение, т.е. равноускоренное либо равнозамедленное (см. рисунок). При равномерном движении скорость точки не меняется со временем, следовательно, ускорение равно нулю в течение всего времени движения. Отсюда следует, что равномерному движению соответствует график под номером 4.

Ответ: 4.

4. Ответ: 3.



День 3

1.1.3. Уравнения прямолинейного равноускоренного движения. Свободное падение

1. Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с². На каком расстоянии от остановки мотоциклист догонит грузовик?
2. Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту? Трением пренебречь.
1) 10 м 2) 20 м 3) 80 м 4) 40 м
3. Мотоциклист и велосипедист одновременно начинают равноускоренное движение из состояния покоя. Ускорение мотоциклиста в 3 раза больше, чем велосипедиста. Во сколько раз больше времени понадобится велосипедисту, чтобы достичь скорости 50 км/ч?
1) в 1/3 раза 3) в 3 раза
2) в $\sqrt{3}$ раза 4) в 9 раз
4. Одной из характеристик автомобиля является время t его разгона с места до скорости 100 км/ч. Два автомобиля имеют такие времена разгона, что $t_1 = 2t_2$. Ускорение первого автомобиля по отношению к ускорению второго автомобиля
1) меньше в 2 раза 3) больше в 2 раза
2) больше в $\sqrt{2}$ раз 4) больше в 4 раза
5. Автомобиль, трогаясь с места, движется с ускорением 3 м/с². Через 4 с скорость автомобиля будет равна
1) 12 м/с 3) 48 м/с
2) 0,75 м/с 4) 6 м/с
6. Тело упало с некоторой высоты с нулевой начальной скоростью. При ударе о землю скорость составляла 40 м/с. Чему равно время падения? Сопротивлением воздуха пренебречь.
1) 0,25 с 2) 4 с 3) 40 с 4) 400 с

1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

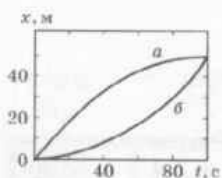
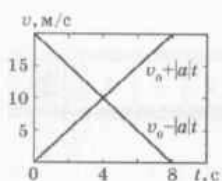
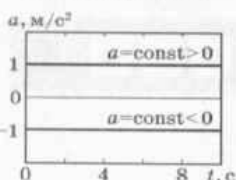
1 2 3 4 6

Ответы:

Уравнение
прямолинейного
равномерного движения

$$s = s_0 + vt.$$

Графическое изображение зависимости ускорения, скорости и координаты от времени



$$a - x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

$$б - x = x_0 + v_0 t - \frac{|a|t^2}{2}$$

Свободное падение тел

Высота тела над землей

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

Скорость тела

$$v = \sqrt{2gh}$$

Движение вертикально брошенного тела

Высота подъема тела

$$h = h_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

Скорость тела

$$v = v_0 - gt$$

1. Так как скорость грузовика постоянна, то расстояние, которое пройдет грузовик от остановки до места встречи:

$$s = s_0 + vt. \quad (1)$$

где $s_0 = 0$. (Начало координат помещаем в место расположения остановки). Здесь время t равно времени t_1 , необходимому мотоциклисту, чтобы проехать от остановки до места встречи, плюс время $t_2 = 5$ с, на которое мотоциклист «запаздывает» с отъездом: $t = t_1 + t_2$. Поскольку он движется с постоянным ускорением, то это же расстояние s для мотоциклиста определяется из уравнения для прямолинейного равноускоренного движения с нулевой начальной скоростью

$$s = \frac{at_1^2}{2}. \quad (2)$$

В правую часть уравнения (1) вместо t подставляем $t_1 + t_2$ и приравниваем ее правой части уравнения (2). Решая полученное квадратное уравнение

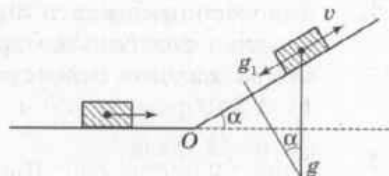
$$at_1^2 - 2vt_1 + 2t_2 = 0,$$

находим время $t_1 = 10$ с. Подставляем это значение в (1):

$$s = (10 + 5) \cdot 10 = 150 \text{ м.}$$

Ответ: 150.

2. Движение автомобиля с некоторой начальной скоростью вверх по склону горы — прямолинейное равнозамедленное движение с ускорением, абсолютное значение которого определяется



составляющей ускорения свободного падения g на направление, параллельное склону горы: $g \cos(90^\circ - \alpha)$, где $\alpha = 30^\circ$ — угол между склоном горы и горизонтом (см. рис.). Конечная скорость автомобиля равна нулю, поэтому связь между абсолютным значением ускорения, начальной скоростью и пройденным путем аналогично задаче 2 (см. с. 38) находим по формуле

$$s = \frac{v^2}{2g \sin \alpha} = 40 \text{ м.}$$

Ответ: 4.

3. Уравнение для скорости равноускоренного движения с нулевой начальной скоростью имеет вид:

$$v = at. \quad (1)$$

Поскольку конечные скорости у мотоциклиста и велосипедиста одинаковы, то $a_m t_m = a_b t_b$. Подставив в последнее выражение $a_b = \frac{a_m}{3}$ согласно условию задачи, получим $\frac{t_b}{t_m} = 3$.

Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 1.

6. Ответ: 2.

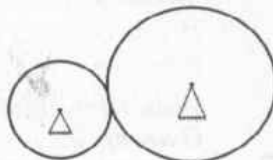
День 4

1.1.4. Движение в поле тяжести Земли, движение по окружности. Центробежное ускорение

1. Камень, брошенный вертикально вверх с поверхности Земли со скоростью 20 м/с, упал обратно на Землю. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Камень находился в полете примерно

1) 1 с 2) 2 с 3) 4 с 4) 8 с

2. Две шестерни, сцепленные друг с другом, вращаются вокруг неподвижных осей (рисунок). Большая шестерня радиусом 10 см делает 20 оборотов за 10 с, а частота вращения меньшей шестерни равна 5 с^{-1} . Каков радиус меньшей шестерни? Ответ укажите в сантиметрах.



3. Тело брошено вертикально вверх. Через 0,5 с после броска его скорость 20 м/с. Какова начальная скорость тела? Сопротивлением воздуха пренебречь.

1) 15 м/с 2) 20,5 м/с 3) 25 м/с 4) 30 м/с

4. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Каков модуль скорости тела через 0,5 с после начала движения? Сопротивление воздуха не учитывать.

1) 10 м/с 2) 15 м/с 3) 17,5 м/с 4) 20 м/с

5. Точка движется по окружности радиуса R со скоростью v . Как изменится центростремительное ускорение точки, если скорость уменьшить в 2 раза, а радиус окружности увеличить в 2 раза?

1) уменьшится в 2 раза 3) уменьшится в 8 раз
2) увеличится в 2 раза 4) не изменится

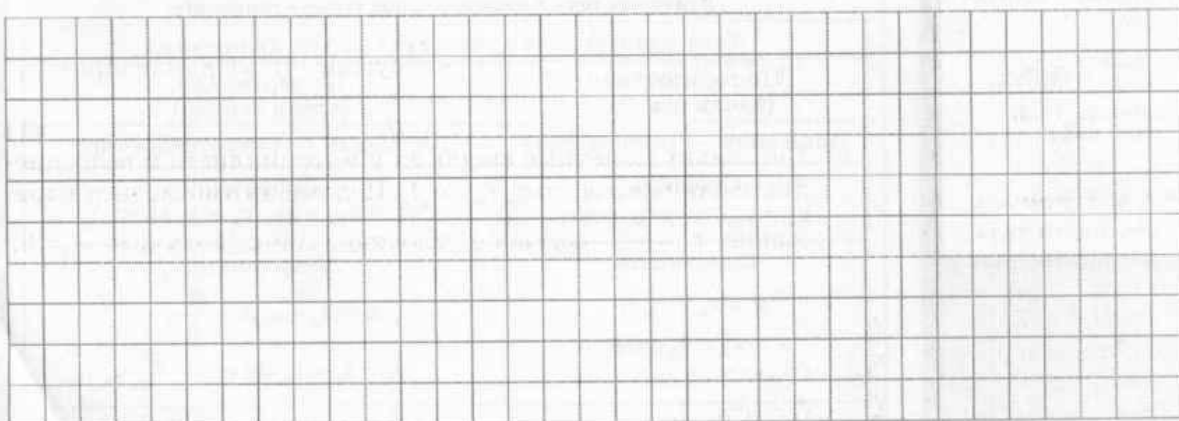
1 2 3 4 1

2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5



Равномерное движение тела по окружности

Линейная скорость

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{L}{T} = \frac{2\pi R}{T} = \omega \cdot R = \text{const}$$

$$[v] = \text{м/с}$$

Угловая скорость

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f =$$

$$= \frac{v}{R} = \text{const}$$

$$[\omega] = \text{рад/с}$$

Частота вращения ν

Число полных оборотов за единицу времени.

Период вращения T

Время одного полного оборота.

$$T = \frac{1}{\nu};$$

$$[T] = \text{с};$$

$$[\nu] = \frac{1}{\text{с}} = \text{с}^{-1}$$

Связь между линейной v и угловой ω скоростями и центростремительным ускорением a определяется соотношениями:

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu;$$

$$v = \omega R;$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$$

1. Движение камня, брошенного вертикально вверх с поверхности Земли со скоростью 20 м/с, — прямолинейное равнозамедленное с ускорением свободного падения $g = -10 \text{ м/с}^2$ (до верхней точки пути, где скорость становится равной нулю). Затем при падении камня после остановки в верхней точке пути движение становится равноускоренным с тем же ускорением, взятым с обратным знаком, с нулевой начальной скоростью и конечной скоростью, равной скорости бросания камня. Скорость тела при равнопеременном движении определяется формулой

$$v = v_0 \pm gt.$$

Таким образом, время, потраченное на половину пути,

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{20}{10} = 2.$$

Весь путь пройден примерно за 4 с.

Ответ: 3.

2. Поскольку шестерни сцеплены (при вращении не проскальзывают), то линейные скорости в точке соприкосновения двух шестеренок при вращении одинаковы: $v_6 = v_m$. Линейная скорость вращения точки выражается через частоту обращения ν : $v = 2\pi R\nu$. Частота обращения ν — это число оборотов n в единицу времени: $\nu = \frac{n}{t}$. Отсюда следует, что $2\pi R_6 \nu_6 = 2\pi R_m \nu_m$, т. е. радиусы шестеренок обратно пропорциональны частотам их вращения.

$$\text{Тогда } \frac{R_m}{R_6} = \frac{\nu_6}{\nu_m}; \quad R_m = R_6 \frac{\nu_6}{\nu_m} = R_6 \frac{n_6}{t\nu_m}.$$

Подставляя численные значения, приведенные в задаче, находим 4 см.

Ответ: 4.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 3.

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Тело одновременно участвует в двух движениях

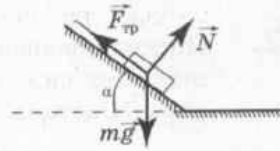
По горизонтали (вдоль оси Ox)	По вертикали (вдоль оси Oy)
Движение — равномерное	Движение — равноускоренное
Скорость $v_x = v_{0x}, v_x = v_0 \cos \alpha$	Скорость $v_y = v_{0y} - gt, v_y = v_0 \sin \alpha$
Координата $x = x_0 + v_{0x} t,$ $x = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t$	Координата $h = h_0 + v_{0y} t - \frac{gt^2}{2},$ $h = h_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

День 5

1.2. Динамика

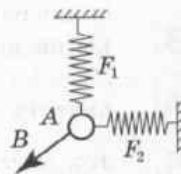
1.2.1. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Сила. Принцип суперпозиции сил

1. Брусок лежит на шероховатой наклонной опоре (рисунок). На него действуют три силы — сила тяжести $m\vec{g}$, сила упругости опоры \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{тр}$. Если брусок покоится, то модуль равнодействующей сил $\vec{F}_{тр}$ и \vec{N} равен



- 1) mg 2) $F_{тр} + N$ 3) $N \cos \alpha$ 4) $F_{тр} \sin \alpha$

2. Ученик собрал на столе установку (рисунок). Тело A под действием трех сил находится в равновесии. Чему равна сила упругости нити AB , если силы $F_1 = 3 \text{ Н}$ и $F_2 = 4 \text{ Н}$ перпендикулярны друг другу?



- 1) 3 Н 3) 5 Н
2) 4 Н 4) 7 Н

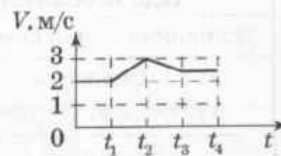
3. Какая из физических характеристик не меняется при переходе от одной инерциальной системы к другой?

- 1) ускорение 3) траектория
2) перемещение 4) кинетическая энергия

4. Самолет летит по прямой с постоянной скоростью на высоте 9 000 м. Систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной. В этом случае

- 1) на самолет не действует сила тяжести
2) сумма всех сил, действующих на самолет, равна нулю
3) на самолет не действуют никакие силы
4) сила тяжести равна силе Архимеда, действующей на самолет

5. На рисунке изображен график зависимости модуля скорости вагона от времени в инерциальной системе отсчета. В течение каких промежутков времени суммарная сила, действующая на вагон со стороны других тел, равнялась нулю, если вагон двигался прямолинейно?



- 1) $0 - t_1, t_3 - t_4$ 3) $t_1 - t_2, t_2 - t_3$
2) $0 - t_4$ 4) таких промежутков времени нет

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

Ответы:

Сила

физическая величина, которая является мерой взаимодействия тел и приводит к изменению скорости тел.

Единица измерения силы — Ньютон: $[F] = \text{Н} = \text{кг} \cdot (\text{м}/\text{с}^2)$.

I закон Ньютона

В инерциальных системах отсчета тела, покоящиеся или движущиеся равномерно и прямолинейно, не изменяют своего состояния, если на них не действуют силы

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{const}$$

1. Если брусок находится в состоянии покоя, то согласно первому закону Ньютона на него не действуют никакие силы или равнодействующая (векторная сумма) всех приложенных к телу сил равна нулю:

$$\vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} + \vec{N} = 0.$$

Отсюда находим модуль равнодействующей сил:

$$|\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}| = |-m\vec{g}| = mg.$$

Ответ: 1.

2. Поскольку тело находится в равновесии, то равнодействующая всех сил, приложенных к нему, согласно первому закону Ньютона равна нулю:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_H = 0.$$

Следовательно, абсолютное значение вектора силы натяжения нити находится по теореме Пифагора:

$$F_H = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 5 \text{ Н}.$$

Ответ: 3.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 1.

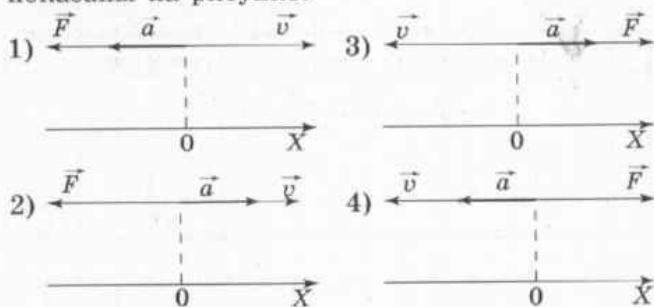
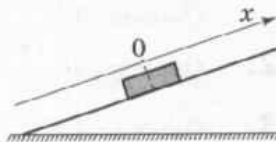
Примеры сил в механике

Сила тяжести вблизи поверхности Земли	 <p>Ускорение свободного падения \vec{g}</p> $\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}$
Сила натяжения	 $\vec{F}_{\text{упр}} = -k\Delta x$ $\vec{F}_{\text{упр}} = -\vec{F}_{\text{тяж}}$ $\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}$
Сила трения	 <p>Сила реакции опоры \vec{N}</p> $\vec{F}_{\text{тр}} = \mu\vec{N}$ $\vec{F}_{\text{тр}} = -\vec{F}_{\text{тяги}}$

День 6

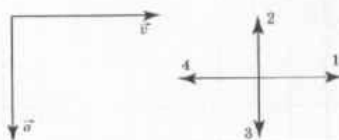
1.2.2. Равнодействующая сила. Взаимодействие. Второй закон Ньютона

1. После толчка брусок скользит вверх по наклонной плоскости. В системе отсчета, связанной с плоскостью, направление оси Ox показано на рисунке. Направления векторов скорости \vec{v} бруска, его ускорения \vec{a} и равнодействующей силы \vec{F} правильно показаны на рисунке.



1 2 3 4 1

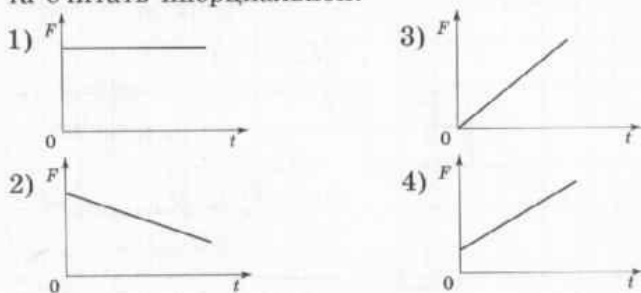
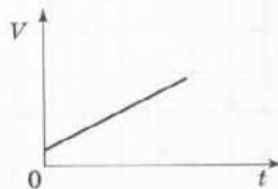
2. На левом рисунке представлены векторы скорости и ускорения тела. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора равнодействующей всех сил, действующих на это тело?



- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

1 2 3 4 2

3. На рисунке изображен график зависимости скорости тела от времени при прямолинейном движении. Какой из графиков выражает зависимость модуля равнодействующей всех сил, действующих на тело, от времени движения? Систему отсчета считать инерциальной.



1 2 3 4 3

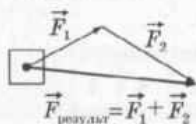
II закон Ньютона

Ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей всех сил, приложенных к телу, и обратно пропорционально его массе; направление ускорения совпадает с направлением равнодействующей всех сил:

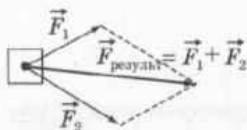
$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{M}$$

Сложение векторов

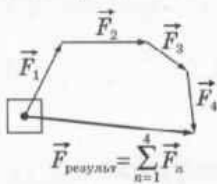
Правило треугольника



Правило параллелограмма



Правило многоугольника



1. Согласно второму закону Ньютона

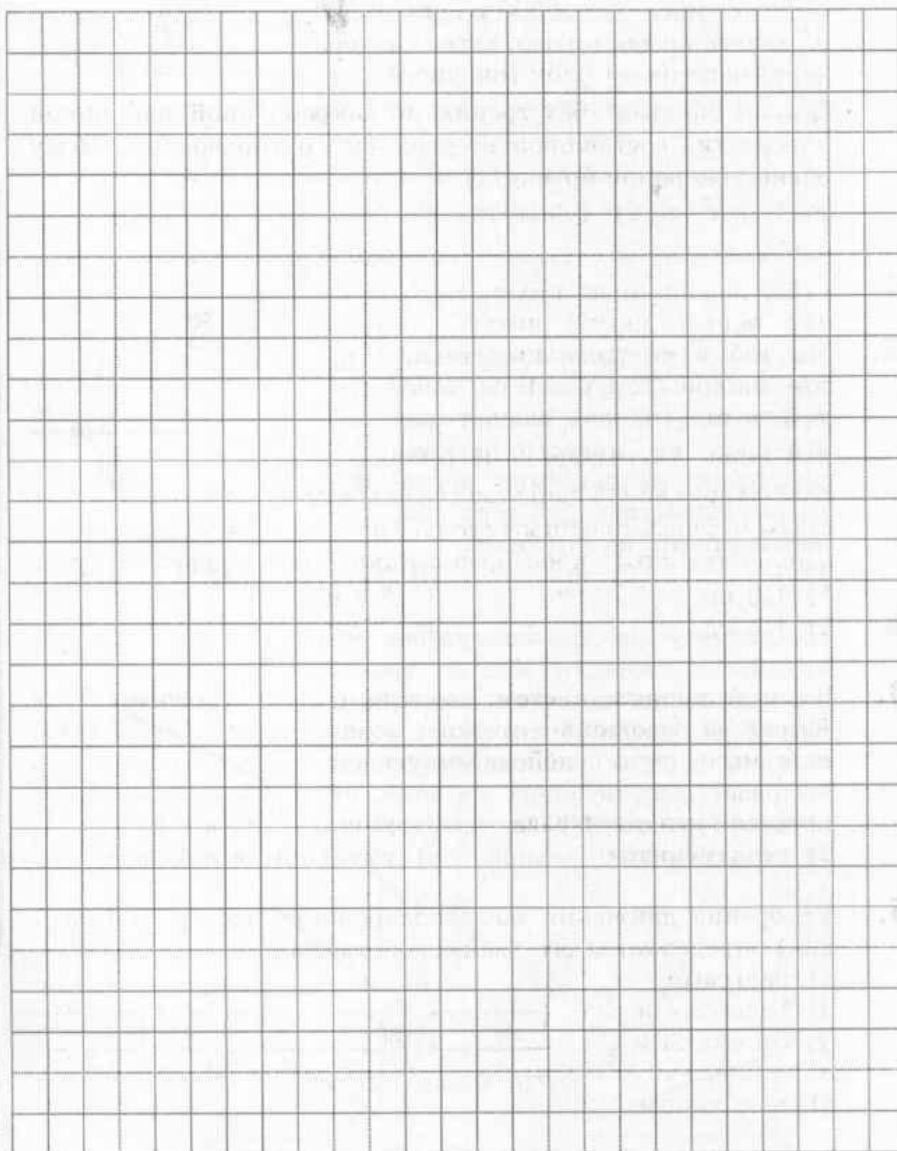
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Здесь действуют две силы: сила трения, всегда направленная противоположно скорости, и составляющая силы тяжести, также направленная в сторону, противоположную движению, т.е. результирующая сила направлена в сторону, противоположную скорости и оси Ox .

Ответ: 1.

2. Ответ: 3.

3. Ответ: 1.



Ответы:

III закон Ньютона

Два тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, равными по модулю и противоположными по направлению:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

1. На брусок действуют сила тяжести (mg) и сила натяжения нити F_H . Составляем уравнение второго закона Ньютона для каждого бруска, выбрав ось X , направленную вертикально вверх:

$$-mg + F_H = am;$$

$$-Mg + F_H = -aM.$$

Из этих уравнений находим модуль ускорения движения

$$a = \frac{M - m}{M + m} g = \frac{300 - 200}{300 + 200} \cdot 10 = 2 \text{ м/с}.$$

Ответ: 1.

2. Запишем второй закон Ньютона для бруска и груза:

$$Mg \sin \alpha - F_H = aM,$$

$$mg - F_H = -am,$$

где F_H — сила натяжения нити. Решая эти уравнения, находим ускорение бруска

$$a = \frac{g(M \sin \alpha - m)}{M - m} = \frac{10(300 \cdot 0,5 - 100)}{300 + 200} = 1 \text{ м/с}.$$

Ответ: 1.

3. Составляем уравнения второго закона Ньютона для первого груза массой M и второго массой m :

$$F - F_H = aM,$$

$$-mg + F_H = am,$$

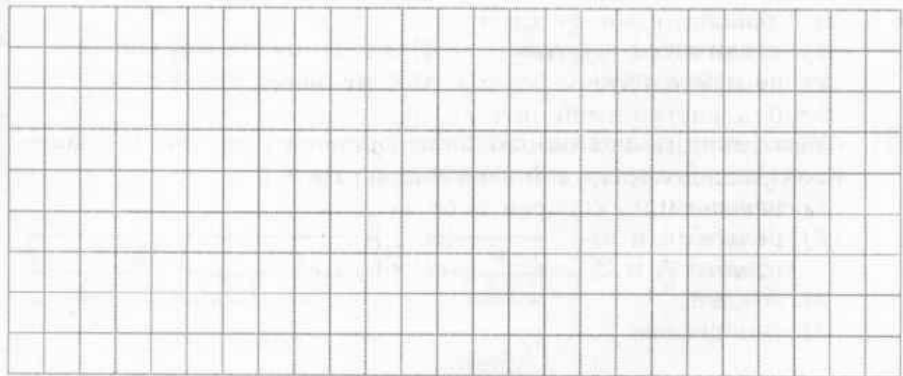
где F_H — сила натяжения нити, одинаковая для обоих грузов, в силу ее нерастяжимости. Оба уравнения составлены в проекциях на соответствующие направления движения грузов. Суммируя первое и второе уравнения, находим массу первого груза

$$M = \frac{(F - m(g - a))}{a} = \frac{(9 - 0,25(10 + 2))}{2} = 3.$$

Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

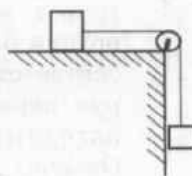
5. Ответ: 2.



День 8

1.2.4. Второй закон Ньютона. Сила трения

1. По горизонтальному столу из состояния покоя движется брусок массой 0,8 кг, соединенный с грузом массой 0,2 кг невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (рисунок). Груз движется с ускорением $1,2 \text{ м/с}^2$. Коэффициент трения бруска о поверхность стола равен

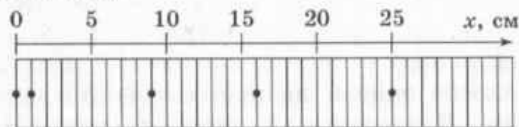


- 1) 0,10 2) 0,13 3) 0,22 4) 0,88

2. Груз массой m тянут за нить по горизонтальной шероховатой поверхности. На какое расстояние S переместится груз после обрыва нити, если его скорость в момент обрыва равна v , а коэффициент трения груза о поверхность равен μ ? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

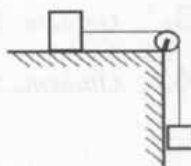
- 1) $\frac{2v^2}{\mu g}$ 2) $\frac{v^2}{\mu g}$ 3) $\frac{v^2}{2\mu g}$ 4) $\frac{4v^2}{\mu g}$

3. С помощью специального фотоаппарата зафиксировали положение движущегося тела через равные промежутки времени (рисунок).



В начальный момент времени тело покоилось. Сила, действующая на тело:

- 1) увеличивалась со временем
 2) была равна нулю
 3) была постоянна и не равна нулю
 4) уменьшалась со временем
4. По горизонтальному столу из состояния покоя движется брусок массой 0,7 кг, соединенный с грузом массой 0,3 кг невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (рисунок). Коэффициент трения бруска о поверхность стола равен 0,2. Ускорение бруска



- 1) $1,0 \text{ м/с}^2$ 3) $2,3 \text{ м/с}^2$
 2) $1,6 \text{ м/с}^2$ 4) $3,0 \text{ м/с}^2$

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

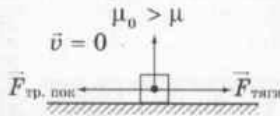
1 2 3 4 4

Ответы:

Сила трения

Между соприкасающимися телами возникают силы трения. Эти силы мешают телам: 1) начать движение относительно друг друга.

Это — трение покоя.

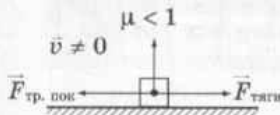


$$\bar{v} = 0, F_{\text{тр}} = \mu_0 N,$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} \uparrow \downarrow \vec{F}$$

2) двигаться относительно друг друга.

Это — трение скольжения.

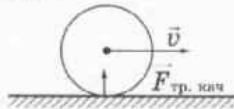


$$\bar{v} \neq 0, F_{\text{тр}} = \mu N,$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} \uparrow \downarrow \bar{v}$$

3) катиться друг по другу.

Это — трение качения.



Шероховатости создают силу трения качения, момент которой мешает колесу катиться.

1. Составляем уравнения второго закона Ньютона для бруска массой M и груза массой m :

$$-F_{\text{тр}} + F_{\text{н}} = aM,$$

$$mg - F_{\text{н}} = am,$$

где $F_{\text{н}}$ — сила натяжения нити, одинаковая для обоих грузов в силу ее нерастяжимости, $F_{\text{тр}}$ — сила трения бруска о стол. Оба уравнения составлены в проекциях на соответствующие направления движения грузов. Суммируя первое и второе уравнения и подставляя $F_{\text{тр}} = \mu mg$, находим $\mu = 0,1$.

Ответ: 1.

2. *Первый способ*

После обрыва нити груз движется равнозамедленно с начальной скоростью v и конечной скоростью, равной нулю (поскольку на него действует сила торможения, обусловленная трением). Пройденный путь s при таком движении, как известно из кинематики, связан с начальной (конечной) скоростью и ускорением a :

$$s = \frac{v^2}{2a}. \quad (1)$$

Ускорение определяется из второго закона Ньютона: $F = am$. Учитывая, что в данном случае $F = F_{\text{тр}} = \mu mg$, находим выражение для ускорения

$$a = \mu g. \quad (2)$$

Подставляя формулу (2) в (1), находим выражение для пройденного пути

$$s = \frac{v^2}{2\mu g}. \quad (3)$$

Второй способ

Этот способ основан на использовании закона сохранения энергии. Кинетическая энергия, которой обладает груз после обрыва нити $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$, полностью расходуется на работу силы трения, совершенной на пути s : $F_{\text{тр}}s = \mu mgs$. Приравнявая эти два выражения, снова приходим к формуле (3).

Ответ: 3.

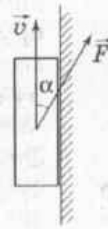
3. Ответ: 3.

4. Ответ: 2.

День 9

1.2.5. Сила трения

1. Брусок массой m прижат к вертикальной стене силой \vec{F} , направленной под углом α к вертикали (рисунок). Коэффициент трения между бруском и стеной равен μ . При какой величине силы \vec{F} брусок будет двигаться по стене вертикально вверх с постоянной скоростью?

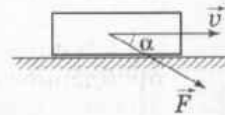


- 1) $\frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$ 3) $\frac{\mu mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$
 2) $\frac{mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$ 4) $\frac{mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$

2. После удара клюшкой шайба массой 0,15 кг скользит по ледяной площадке. При этом ее скорость меняется в соответствии с уравнением $V = 20 - 3t$. Коэффициент трения шайбы о лед равен

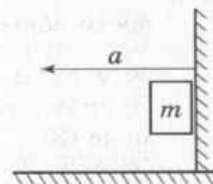
- 1) 0,15 2) 0,2 3) 3 4) 0,3

3. Тело массой 1 кг движется по горизонтальной плоскости. На тело действует сила $F = 10$ Н под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между телом и плоскостью равен 0,4. Каков модуль силы трения, действующей на тело?



- 1) 3,4 Н 2) 0,6 Н 3) 0 Н 4) 6 Н

4. К подвижной вертикальной стенке приложили груз массой 10 кг. Коэффициент трения между грузом и стенкой равен 0,4. С каким минимальным ускорением надо передвигать стенку влево, чтобы груз не соскользнул вниз?



- 1) $4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$ 3) 25 м/с^2
 2) 4 м/с^2 4) 250 м/с^2

5. Санки массой 5 кг скользят по горизонтальной дороге. Сила трения скольжения их полозьев о дорогу 6 Н. Каков коэффициент трения скольжения саночных полозьев о дорогу?

- 1) 0,012 2) 0,83 3) 0,12 4) 0,083

6. Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения, действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?

- 1) 0,35 Н 2) 1,4 Н 3) 3,5 Н 4) 14 Н

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

1. Рассмотрим силы, действующие на брусок: сила \vec{F} , с которой брусок прижат к стене; сила тяжести $\vec{F}_{\text{тяж}} = m\vec{g}$, направленный вниз; сила реакции опоры \vec{N} , направленная в сторону, противоположную \vec{F} , и равная ей по величине; и, наконец, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, направленная в сторону, противоположную движению, и по абсолютному значению равная нормальной составляющей силы реакции опоры, умноженной на коэффициент трения $\mu N \sin \alpha$. Поскольку по условию задачи брусок движется вверх по стене с постоянной скоростью, то сумма всех перечисленных выше сил согласно первому закону Ньютона равна нулю:

$$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{N} + \vec{F} = 0.$$

Выберем ось \vec{X} , направленную вертикально вверх, и составим аналогичное уравнение для проекций сил на эту ось:

$$F \cos \alpha - mg - \mu F \sin \alpha = 0.$$

Отсюда находим

$$F = \frac{mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}.$$

Ответ: 4.

2. После удара шайба начинает двигаться равнозамедленно с ускорением, которое находим из уравнения для скорости $v = 20 - 3t$: $a = 3$. Это ускорение обеспечивается силой трения. Согласно второму закону Ньютона $F_{\text{тр}} = am$. Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N$, где μ — коэффициент трения скольжения, N — реакция опоры на нормальное давление. В данном случае $N = mg$. Таким образом,

$$\mu = \frac{am}{mg} = \frac{3}{10} = 0,3.$$

Ответ: 4.

3. Сила трения по определению равна нормальной составляющей реакции опоры, умноженной на коэффициент трения

$$\vec{F}_{\text{тр}} = \mu N. \quad (1)$$

$$\text{В свою очередь, } N = mg + F \sin \alpha. \quad (2)$$

Подставляя уравнение (1) в (2), находим $\vec{F}_{\text{тр}} = 6$ Н.

Ответ: 4.

4. Ответ: 3.

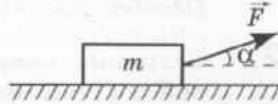
5. Ответ: 3.

6. Ответ: 4.

День 10

1.2.5. Сила трения

1. Брусок массой 1 кг движется равноускоренно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10$ Н, как показано на рисунке. Коэффициент трения скольжения равен 0,4, а угол $\alpha = 30^\circ$. Модуль силы трения равен
- 1) 8,5 Н 3) 3,4 Н
2) 2 Н 4) 6 Н

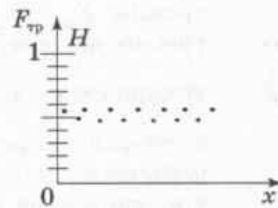
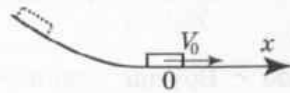


1 2 3 4 1

2. При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 40 кг действует сила трения скольжения 10 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз, если коэффициент трения не изменится?
- 1) 1 Н 2) 2 Н 3) 4 Н 4) 5 Н

1 2 3 4 2

3. Ученик исследовал движение бруска массой 0,1 кг по столу после разгона его по наклонной плоскости (рисунок). Перед пуском тела он измерил силу трения между бруском и столом в разных местах (рис.). На каком расстоянии от точки O окажется брусок через 0,2 с, если его начальная скорость $v_0 = 2$ м/с?
- 1) 20 см 3) 10 см
2) 30 см 4) 5 см



1 2 3 4 3

4. Автомобиль совершает поворот на горизонтальной дороге по дуге окружности. Каков минимальный радиус окружности траектории автомобиля, если его скорость 18 м/с, а коэффициент трения автомобильных шин о дорогу 0,4?
- 1) 81 м 3) 45,5 м
2) 9 м 4) 90 м

1 2 3 4 4

5. При исследовании зависимости силы трения скольжения $\vec{F}_{тр}$ от силы нормального давления $\vec{F}_д$ были получены следующие данные:

$F_{тр}, \text{ Н}$	0,2	0,4	0,6	0,8
$F_д, \text{ Н}$	1,0	2,0	3,0	4,0

Из результатов исследования можно сделать вывод, что коэффициент трения скольжения равен:

- 1) 0,2 2) 2 3) 0,5 4) 5

1 2 3 4 5

Ответы:

1. Сила трения по определению равна нормальной составляющей реакции опоры N , умноженной на коэффициент трения μ :

$$F_{\text{тр}} = \mu N. \quad (1)$$

В свою очередь

$$N = mg - F \sin \alpha. \quad (2)$$

Находим N из выражения (1) и подставляем в (2). Окончательно получаем

$$F_{\text{тр}} = \mu(mg - F \sin \alpha) = 2 \text{ Н.}$$

Ответ: 2.

2. Величина силы трения по определению равна нормальной составляющей реакции опоры (силе нормального давления), умноженной на коэффициент трения $F_{\text{тр}} = \mu N$. В данном случае сила нормального давления равна весу тела $P = mg$, следовательно, $F_{\text{тр}} = \mu mg$. Отсюда следует, что сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз будет равна 2 Н.

Ответ: 2.

3. Брусок движется по столу с начальной скоростью $v_0 = 2 \text{ м/с}$, при этом на него действует постоянная сила трения $F_{\text{тр}} = 0,5 \text{ Н}$ (рисунок). Таким образом, брусок согласно второму закону Ньютона движется с постоянным ускорением $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{тр}}}{m}$. Сила трения направлена всегда в сторону, противоположную движению. Следовательно, ускорение также направлено противоположно скорости, т.е. движение равнозамедленное. Уравнение для пути при равнозамедленном движении $s = vt - \frac{at^2}{2}$.

Вместо a подставляем в него $\frac{F_{\text{тр}}}{m}$, а затем и численные значения, получаем

$$s = vt - \frac{F_{\text{тр}} t^2}{2m} = \frac{2 \cdot 0,2 - 5 \cdot 0,04}{2 \cdot 0,1} = 0,3 \text{ м} = 30 \text{ см.}$$

Ответ: 2.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 1.

Ответы:

Сила упругости

Сила, действующая со стороны деформированного тела на тело, действие которого вызывает деформацию, и направленная в сторону, противоположную перемещению частей тела при его деформации.

Закон Гука

Сила упругости прямо пропорциональна удлинению тела Δl :

$$\vec{F} = -k\vec{\Delta l},$$

где k — коэффициент жесткости, $[k] = \text{Н/м}$; Δl — величина изменения длины тела.

Сила упругости направлена противоположно направлению сжатия (растяжения).

1. Жесткость пружины k находят из закона Гука $F = k\Delta l$, т.е. чем больше деформация Δl при данной силе F , тем меньше жесткость. Деформация убывает, а жесткость возрастает в такой последовательности: 2, 3, 1.
Ответ: 3.

2. Согласно закону Гука $F = k\Delta l$. По условию задачи $F = k_1\Delta l_1 = k_2\Delta l_2$. Отсюда находим

$$\Delta l_1 = \frac{k_2\Delta l_2}{k_1} = \frac{k_2\Delta l_2}{1,5k_2} = 0,67.$$

Ответ: 2.

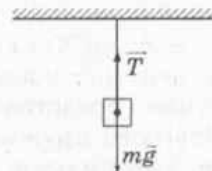
3. Ответ: 3.

4. Ответ: 3.

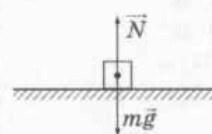
5. Ответ: 3.

Некоторые виды сил упругости

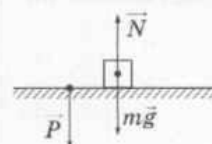
\vec{T} — сила натяжения



\vec{N} — сила реакции опоры



\vec{P} — сила нормального давления (вес)



Ответы:

Закон всемирного тяготения

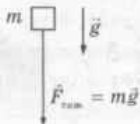
Между любыми телами возникает сила гравитационного притяжения, которая определяется массами этих тел:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

где G — гравитационная постоянная, равная $6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$.

Сила притяжения направлена по прямой, которая соединяет взаимодействующие точки.

Гравитационное поле планеты Земля
Вблизи поверхности



Ускорение свободного падения

$$\begin{aligned} ma &= F_{\text{притяж}} = \\ &= G \frac{mM}{R^2} \equiv mg \Rightarrow \\ &\Rightarrow g = \frac{M}{R^2} \end{aligned}$$

Радиус орбиты равен радиусу Земли.

Первая космическая скорость

$$\begin{aligned} mg &= \frac{mv_1^2}{R} \Rightarrow \\ &\Rightarrow v_1 = \sqrt{gR} \end{aligned}$$

Тело покидает поле Земли.

Вторая космическая скорость

$$\begin{aligned} G \frac{mM}{R} \equiv mgR &= \frac{mv_{\text{II}}^2}{2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow v_{\text{II}}^2 = \sqrt{2gR} \end{aligned}$$

1. Для решения задачи используем закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{M_a m_p}{r^2}. \quad (1)$$

На земной поверхности расстояние r между центром Земли и ракетой равно радиусу Земли R и сила притяжения определяется так:

$$F_1 = G \frac{M_a m_p}{R^2}. \quad (2)$$

Разделив уравнение (1) на (2) и заменив F на $\frac{F_1}{4}$, получим $r = 2R$. Следовательно, искомое расстояние равно R .
Ответ: 1.

2. Так как космический корабль движется равномерно по круговой орбите, то его центростремительное ускорение a по абсолютной величине равно

$$a = \frac{v^2}{R}, \quad (1)$$

где v — скорость корабля, R — радиус его орбиты. Это ускорение телу сообщает сила тяготения Земли

$$F = G \frac{Mm}{R^2}. \quad (2)$$

Здесь $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ — гравитационная постоянная, $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ — масса Земли, m — масса космического корабля.

Согласно второму закону Ньютона

$$a = \frac{F}{m} = G \frac{M}{R^2}, \quad (3)$$

откуда, приравнявая правые части (1) и (3) и подставляя численные значения параметров в полученное выражение для скорости, находим

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}} = 4,5 \text{ км/с.}$$

Ответ: 1.

3. Ответ: 4.
4. Ответ: 4.
5. Ответ: 1.

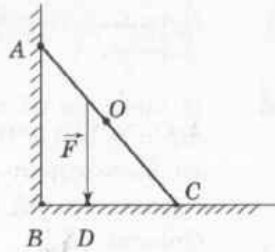
День 13

1.3. Статика

1.3.1. Момент силы. Плечо силы

1. На рисунке схематически изображена лестница AC , прислоненная к стене. Каков момент силы тяжести \vec{F} , действующей на лестницу, относительно точки C ?

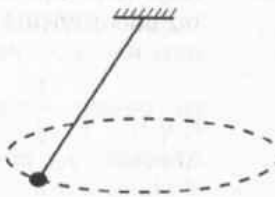
- 1) $F \cdot OC$; 3) $F \cdot AC$;
2) $F \cdot OD$; 4) $F \cdot DC$



1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

2. Грузик массой $0,1$ кг привязан к нити длиной 1 м и вращается в горизонтальной плоскости по окружности радиусом $0,2$ м. Момент силы тяжести относительно точки подвеса равен

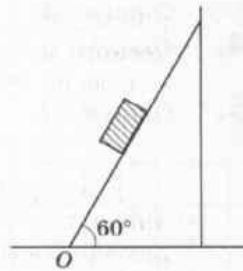
- 1) $0,2$ Н·м 3) $0,8$ Н·м
2) $0,4$ Н·м 4) $1,0$ Н·м



1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. При выполнении лабораторной работы ученик установил наклонную плоскость под углом 60° к поверхности стола. Длина плоскости равна $0,6$ м. Момент силы тяжести бруска массой $0,1$ кг относительно точки O при прохождении им середины наклонной плоскости равен

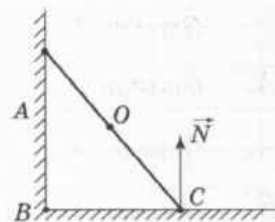
- 1) $0,15$ Н·м 3) $0,45$ Н·м
2) $0,30$ Н·м 4) $0,60$ Н·м



1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

4. На рисунке схематически изображена лестница AC , прислоненная к стене. Каков момент силы реакции опоры \vec{N} , действующей на лестницу, относительно точки C ?

- 1) $N \cdot OC$ 3) $N \cdot AC$
2) 0 4) $N \cdot BC$



1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

5. Груз массой $0,1$ кг, привязанный к нити длиной 1 м, совершает колебания. Чему равен момент силы тяжести относительно точки подвеса при отклонении нити от вертикали на угол 30° ?

- 1) $0,25$ Н·м 3) $0,75$ Н·м
2) $0,50$ Н·м 4) $1,00$ Н·м

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Ответы:

Момент силы

Величина, характеризующая действие силы на тело, которое может поворачиваться вокруг заданной оси.

По величине момент силы равен произведению величины силы F на плечо этой силы L :

$$M = F \cdot L,$$
$$[M] = \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Точка приложения



Ось вращения

Плечо силы L — расстояние от линии действия силы до оси вращения.

Знак момента силы выбирается в зависимости от направления, в котором сила вызывает вращение.

1. По определению моментом силы относительно точки называется физическая величина, равная произведению силы на ее плечо. Плечо силы — это кратчайшее расстояние от линии действия силы до данной точки. Следовательно,

момент силы тяжести \vec{F} , действующей на лестницу, относительно точки C равен $F \cdot DC$.

Ответ: 4.

2. Момент силы тяжести равен произведению силы тяжести $mg = 0,1 \cdot 9,8 \text{ Н}$ на плечо силы, равное радиусу окружности R , которую описывает грузик:

$$M_T = mgR = 0,1 \cdot 9,8 \cdot 0,2 \approx 0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ответ: 1.

3. Плечо силы тяжести бруска относительно точки O — OC при прохождении им середины наклонной плоскости равно $\frac{l}{2} \cos 60^\circ$, где l — длина

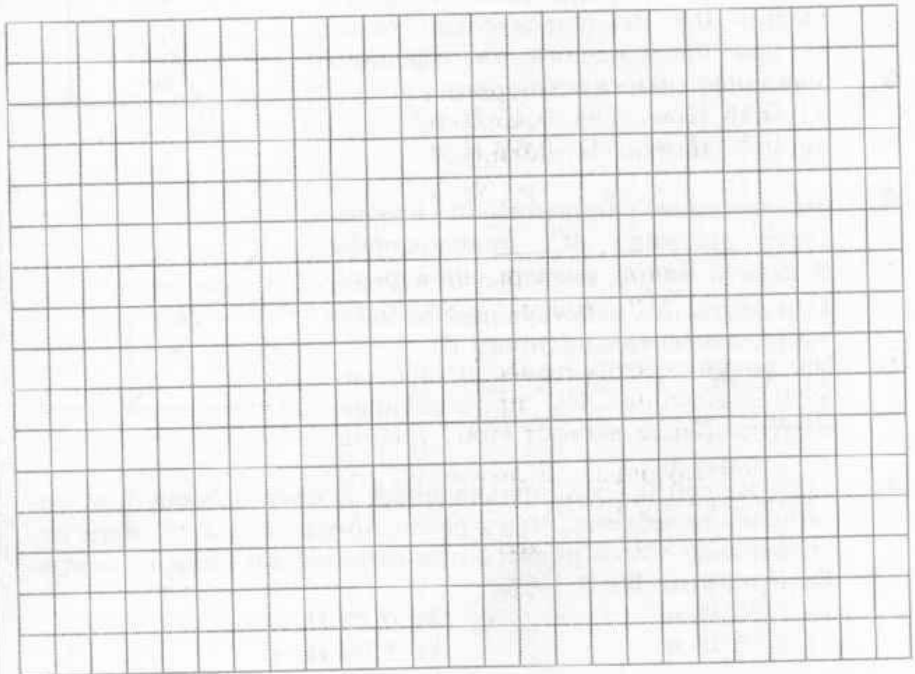
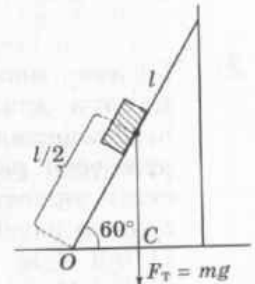
плоскости, равная $0,6 \text{ м}$. Следовательно, момент силы равен

$$M = \frac{l}{2} \cos 60^\circ \cdot mg = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,15 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ответ: 1.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 2.

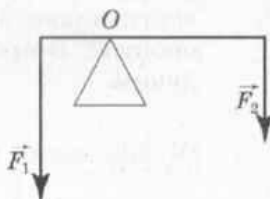


День 14

1.3.2. Условие равновесия твердого тела. Рычаг

1. На рычаг, находящийся в равновесии, действуют силы $F_1 = 10$ Н и $F_2 = 4$ Н (рисунок). С какой силой рычаг давит на опору? Массой рычага пренебречь.

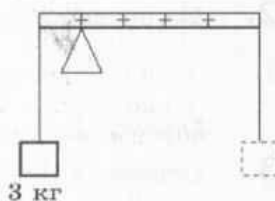
- 1) 14 Н 3) 6 Н
2) 10 Н 4) 4 Н



1 2 3 4 1

2. К левому концу невесомого стержня прикреплен груз массой 3 кг (рисунок). Стержень расположен на опоре, отстоящей от груза на 0,2 длины. Какой массы груз надо подвесить к правому концу, чтобы стержень находился в равновесии?

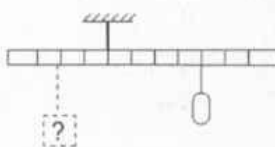
- 1) 0,6 кг 3) 6 кг
2) 0,75 кг 4) 7,5 кг



1 2 3 4 2

3. Тело массой 0,2 кг подвешено к правому плечу невесомого рычага (рисунок). Какой массы груз надо подвесить ко второму делению левого плеча рычага для достижения равновесия?

- 1) 0,1 кг 3) 0,3 кг
2) 0,2 кг 4) 0,4 кг



1 2 3 4 3

4. Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия рычага. Результаты, которые он получил, занесены в таблицу.

F_1 , Н	l_1 , м	F_2 , Н	l_2 , м
30	?	15	0,4

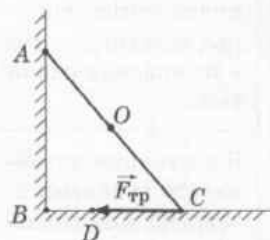
Каково плечо l_1 , если рычаг находится в равновесии?

- 1) 1 м 2) 0,2 м 3) 0,4 м 4) 0,8 м

1 2 3 4 4

5. На рисунке схематически изображена лестница AC, прислоненная к стене. Каков момент силы трения $\vec{F}_{тр}$, действующей на лестницу, относительно точки C?

- 1) 0 3) $F_{тр} \cdot AB$;
2) $F_{тр} \cdot BC$; 4) $F_{тр} \cdot CD$.



1 2 3 4 5

Условие равновесия тел

Тело остается в состоянии равновесия относительно инерционной системы отсчета, если векторная сумма всех приложенных сил равна нулю:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$$

Тело не поворачивается относительно заданной оси, если сумма всех приложенных к телу моментов равна нулю:

$$\sum_n M_n = 0.$$

1. Поскольку рычаг находится в равновесии, то согласно первому условию равновесия твердого тела геометрическая сумма сил, действующих на него, равна нулю. На рычаг действуют три силы: $F_1 = 10$ Н, $F_2 = 4$ Н и сила реакции опоры N , приложенная в точке O , направленная вертикально вверх и численно равная силе давления на опору F . В проекциях на ось Ox , направленную вниз, получим

$$F_1 + F_2 - N = 0.$$

Отсюда легко находим силу давления на опору

$$F = N = F_1 + F_2 = 10 + 4 = 14 \text{ Н.}$$

Ответ: 1.

2. Из правила равновесия рычага $F_1 l_1 = F_2 l_2$, находим

$$F_2 = \frac{F_1 l_1}{l_2} = \frac{3 \cdot 0,2}{0,8} = 0,75 \text{ кг.}$$

Ответ: 2.

3. Ответ: 4.

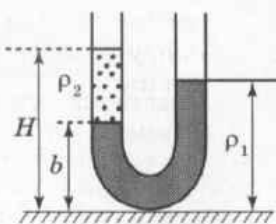
4. Ответ: 2.

5. Ответ: 1.

Виды равновесия		
Устойчивое	Безразличное	Неустойчивое
При отклонении тела от положения равновесия возникает сила, которая возвращает тело в положение равновесия	При отклонении от положения равновесия не возникает сил, действующих на тело	При отклонении тела от положения равновесия возникает сила, которая отклоняет тело от положения равновесия
В состоянии устойчивого равновесия энергия минимальна	Вблизи состояния безразличного равновесия энергия постоянна	В состоянии неустойчивого равновесия энергия максимальна

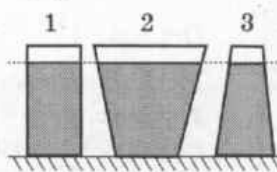
1.3.3. Закон Паскаля. Гидростатическое давление

1. В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты керосин плотностью $\rho_1 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и вода плотностью $\rho_2 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (рисунок). На рисунке $b = 10 \text{ см}$, $H = 30 \text{ см}$. Расстояние h равно
- 1) 16 см
 - 2) 20 см
 - 3) 24 см
 - 4) 26 см



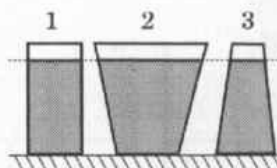
1 2 3 4 1

2. На рисунке изображены три сосуда с водой. Площади дна сосудов равны. В первом сосуде находится вода ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$), во втором — керосин ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$), в третьем — спирт ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$). Сравните давления p_1 , p_2 , и p_3 жидкостей на дно сосуда.
- 1) $p_1 = p_2 = p_3$
 - 2) $p_2 = p_3 > p_1$
 - 3) $p_2 = p_3 > p_1$
 - 4) $p_1 > p_2 = p_3$



1 2 3 4 2

3. На рисунке изображены три сосуда с водой. Площади дна сосудов равны. Сравните давления p_1 , p_2 и p_3 на дно сосуда.
- 1) $p_1 = p_2 = p_3$
 - 2) $p_1 < p_2 < p_3$
 - 3) $p_1 = p_3 < p_2$
 - 4) $p_1 = p_3 > p_2$



1 2 3 4 3

4. Чему примерно равно давление, созданное водой, на глубине 2 м?
- 1) 200 Па
 - 2) 2000 Па
 - 3) 5000 Па
 - 4) 20000 Па

1 2 3 4 4

5. С какой силой давит воздух на поверхность письменного стола, длина которого 120 см, а ширина — 60 см, если атмосферное давление равно 10^5 Па ?
- 1) $72 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$
 - 2) 10^5 Н
 - 3) $72 \cdot 10^3 \text{ Н}$
 - 4) $72 \cdot 10^7 \text{ Н}$

1 2 3 4 5

Плотность

величина, равная отношению массы однородного тела к его объему (масса единицы объема):

$$\rho = \frac{m}{V}, [\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Давление

величина, равная отношению модуля силы, действующей перпендикулярно к поверхности, к площади этой поверхности:

$$P = \frac{F}{S},$$

$$[P] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}.$$

Закон Паскаля

Давление внутри жидкости или газа:

- одинаково в каждой точке жидкости или газа (однородно);
- в каждой точке одинаково во всех направлениях.

Давление на заданной глубине в поле тяжести (формула гидростатического давления)

равно отношению силы тяжести к площади основания:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh,$$

где h — высота столба жидкости, S — площадь основания столба жидкости.

1. Следствием из закона сообщающихся сосудов является соотношение между плотностями разных жидкостей и высотой этих жидкостей в разных коленах сосуда (рисунок):

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2, \quad (1)$$

где согласно рисунку

$$h_1 = H - b,$$

$$h_2 = h - b.$$

Подставив эти равенства в уравнение (1), находим выражение

$$h = \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right) (H - b) + b.$$

Подставив численные значения входящих в последнюю формулу величин, получим

$$h = 26 \text{ см}.$$

Ответ: 4.

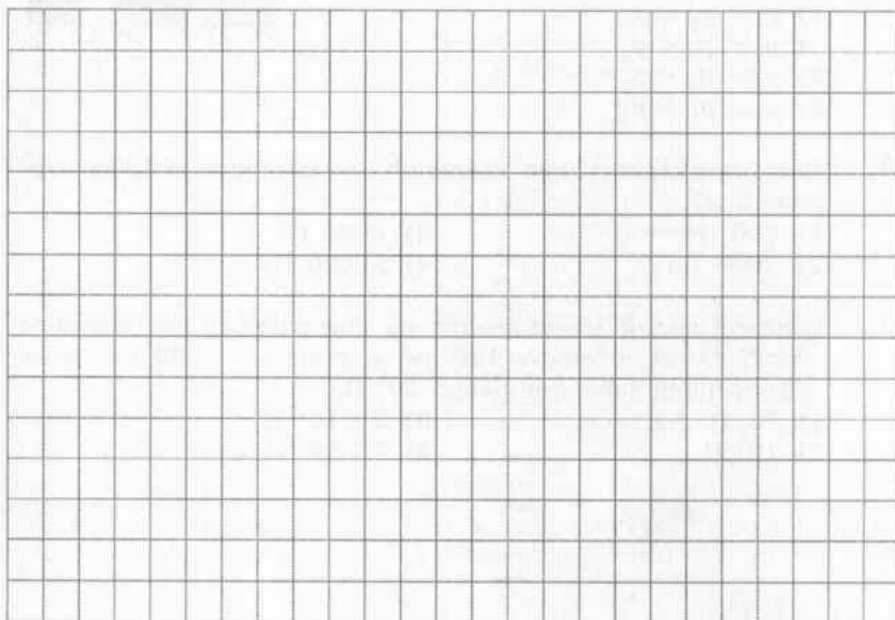
2. Гидростатическое давление определяется формулой $p = \rho gh$, где h — высота столба жидкости, g — ускорение свободного падения. От площади дна сосуда оно не зависит. Поскольку в данном случае высота жидкости во всех сосудах одинакова, сравнительная величина гидростатического давления будет определяться плотностью соответствующей жидкости $\rho_1 > \rho_2 = \rho_3$.

Ответ: 4.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 3.



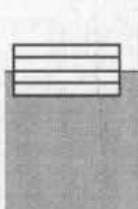
День 16

1.3.4. Закон Архимеда

1. Груз массой 0,1 кг подвешен к нити и опущен в воду. На груз действует выталкивающая архимедова сила 0,3 Н. Сила натяжения нити равна
 1) 0,3 Н 2) 0,7 Н 3) 1 Н 4) 1,3 Н

1 2 3 4 1

2. Четыре одинаковых листа фанеры толщиной L каждый, связанные в стопку, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между двумя средними листами. Если в стопку добавить еще один такой же лист, то глубина ее погружения увеличится на



- 1) $\frac{L}{4}$ 2) $\frac{L}{3}$ 3) $\frac{L}{2}$ 4) L

1 2 3 4 2

3. Аэростат объемом 1000 м^3 заполнен гелием. Плотность гелия — $0,18 \text{ кг/м}^3$. Плотность воздуха — $1,29 \text{ кг/м}^3$. На аэростат действует выталкивающая сила
 1) 1,29 кН 2) 12,9 кН 3) 180 кН 4) 1,8 кН

1 2 3 4 3

4. В сосуде находятся три жидкости, не смешивающиеся между собой. Кусочек льда, брошенный в сосуд, будет плавать на уровне



- 1) 1–1 3) 3–3
 2) 2–2 4) 4–4

1 2 3 4 4

5. Однородное тело плавает, частично погружившись в воду, если его плотность

- 1) равна плотности воды
 2) больше плотности воды
 3) меньше плотности воды
 4) равна или меньше плотности воды

1 2 3 4 5

6. Шесть одинаковых брусков толщиной h каждый, связанные в стопку, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между двумя средними брусками. Если из стопки убрать два бруска, то глубина ее погружения уменьшится на

- 1) h 2) $\frac{1}{2}h$ 3) $\frac{1}{3}h$ 4) $\frac{1}{4}h$

1 2 3 4 6

7. Во время опыта по исследованию выталкивающей силы ученик в 3 раза уменьшил глубину погружения тела, не вынимая его из воды. При этом выталкивающая сила

- 1) не изменилась 3) уменьшилась в 3 раза
 2) увеличилась в 3 раза 4) увеличилась в 9 раз

1 2 3 4 7

Закон Архимеда

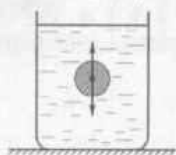
На тело, погруженное в жидкость (газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (газа), вытесненной телом:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{т}},$$

где $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, $V_{\text{т}}$ — объем части тела, погруженной в жидкость.

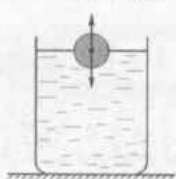
Тело полностью находится под водой. Объем погруженной части тела равен объему тела:

$$\bar{F}_A = \rho g V_{\text{т}}.$$



Тело не полностью находится под водой. Объем погруженной части тела меньше объема тела:

$$\bar{F}_A = \rho g V_{\text{погруж}}.$$



1. На тело действуют три силы: сила тяжести mg , направленная вниз, архимедова сила F_A и сила натяжения нити $F_{\text{н}}$, направленные вверх и уравновешивающие силу тяжести:

$$mg = F_A + F_{\text{н}}.$$

Подставив численные значения сил, можно вычислить, что $F_{\text{н}} = 0,7 \text{ Н}$.

Ответ: 2.

2. Условие плавания тел: $\rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}} = \rho_{\text{т}} V_{\text{т}}$, где $\rho_{\text{ж}}$ и $\rho_{\text{т}}$ — плотности жидкости и тела; $V_{\text{ж}}$ и $V_{\text{т}}$ — объем жидкости, вытесненной телом, или, другими словами, объем погруженной в жидкость части тела и объем всего тела. Отсюда следует, что часть объема тела данной плотности, погруженного в данную жидкость, не зависит от формы и веса

тела и остается величиной постоянной: $\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{т}}} = \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{ж}}}$. Согласно условию задачи $\frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{т}}} = \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{1}{2}$. (В жидкость погружена половина объема тела.)

Добавление к стопке одного листа не должно менять этого соотношения. Следовательно, если в стопку добавить еще один лист, то глубина ее погружения увеличится на $\frac{1}{2} L$.

Ответ: 3.

3. Согласно закону Архимеда выталкивающая сила

$$F_A = \rho_{\text{в}} V g = 1000 \text{ м}^3 \cdot 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 12,9 \text{ кН}.$$

Ответ: 2.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 4.

6. Ответ: 1.

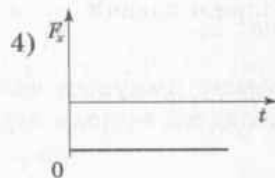
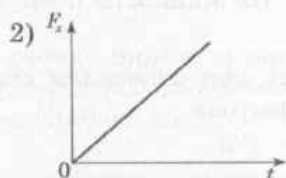
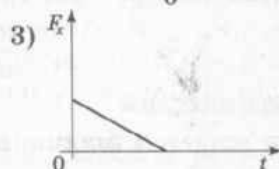
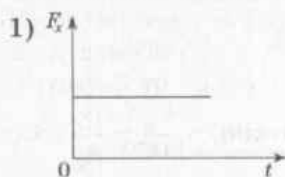
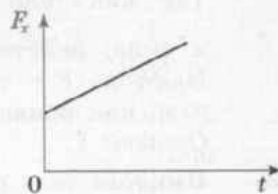
7. Ответ: 1.

День 17

1.4. Законы сохранения в механике

1.4.1. Импульс тела. Импульс силы

1. На графике показана зависимость проекции импульса p_x тележки от времени. Какой вид имеет график изменения проекции равнодействующей всех сил F_x , действующих на тележку, от времени?



2. Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями $v_1 = 108$ км/ч и $v_2 = 54$ км/ч. Масса автомобиля $m_1 = 1000$ кг. Какова масса грузовика m_2 , если отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля равно 1,5?

1) 3000 кг 2) 4500 кг 3) 1500 кг 4) 1000 кг

3. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы величиной 4 Н за 2 с импульс тела увеличился и стал равен 20 кг·м/с. Первоначальный импульс тела равен

1) 4 кг·м/с 2) 8 кг·м/с 3) 12 кг·м/с 4) 28 кг·м/с

4. Молоток массой 0,8 кг ударяет по небольшому гвоздю и забивает его в доску. Скорость молотка перед ударом 5 м/с, после удара равна 0, продолжительность удара равна 0,2 с. Средняя сила удара молотка

1) 40 Н 2) 20 Н 3) 80 Н 4) 8 Н

5. Два автомобиля с одинаковой массой m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем?

1) $3mv$ 2) $2mv$ 3) mv 4) 0

6. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы 5 Н импульс тела уменьшился от 25 до 15 кг·м/с. Для этого потребовалось

1) 1 с 2) 2 с 3) 3 с 4) 4 с

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

Импульс тела

вектор, направленный вдоль скорости тела и по величине равный произведению массы тела на величину его скорости.

$$\vec{p} = m\vec{v},$$

$$[p] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \text{Н} \cdot \text{с}$$

II закон Ньютона (в импульсной форме)

Сила определяет изменение импульса тела в единицу времени:

$$m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \sum \vec{F}.$$

Импульс силы (произведение силы на время ее действия):

$$\Delta \vec{p} = \sum \vec{F} \cdot \Delta t.$$

Если внешняя сила равна нулю, то импульс тела не изменяется:

$$\Delta \vec{p} = 0.$$

Закон сохранения импульса в механике

Полный импульс системы тел, на которую не действуют внешние силы, сохраняется.

- 1.** Импульс тела $p = mv$. Линейная зависимость импульса от времени означает движение со скоростью, увеличивающейся пропорционально времени. А это, в свою очередь, означает движение с постоянным ускорением $a = \frac{dv}{dt} = \text{const}$. Так как тело движется с постоянным ускорением, то и сила, действующая на него (согласно второму закону Ньютона $F = ma$), постоянна, т.е. не меняется со временем, как показано на графике 1.

Ответ: 1.

- 2.** Импульс тела $p = mv$. Согласно условию задачи

$$\frac{m_2 v_2}{m_1 v_1} = 1,5.$$

Отсюда находим

$$m_2 = \frac{1,5 m_1 v_1}{v_2} = \frac{1,5 \cdot 1000 \cdot 108}{54} = 3000 \text{ кг}.$$

Ответ: 1.

- 3.** Изменение импульса тела $p = mv$ под действием силы F определяется вторым законом Ньютона

$$\Delta p = p_2 - p_1 = F \Delta t.$$

Подставив численные значения величин, находим

$$p_1 = 12 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ: 3.

- 4.** Изменение импульса тела $\Delta p = \Delta(mv)$ за время Δt равно импульсу силы $F \Delta t$:

$$\Delta p = F \Delta t = m \Delta v = m(v_1 - v_2).$$

Отсюда

$$F = \frac{m(v_1 - v_2)}{\Delta t}.$$

Подставив численные значения, получим 20 Н.

Ответ: 2.

- 5.** Ответ: 1.

- 6.** Ответ: 2.

День 18

1.4.2. Закон сохранения импульса

1. На сани, стоящие на гладком льду, с некоторой высоты прыгает человек массой 50 кг. Проекция скорости человека на горизонтальное направление в момент соприкосновения с санями 4 м/с. Скорость саней с человеком после прыжка составила 0,8 м/с. Какова масса саней?

1 2 3 4 1

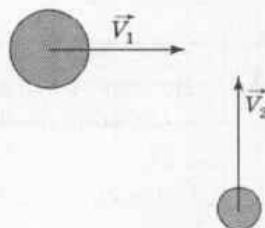
2. Снаряд, летящий с некоторой скоростью, разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 50 м/с, а второй — под углом 30° со скоростью 100 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

2

3. На стоящие на льду сани массой 200 кг с некоторой высоты прыгает человек со скоростью, проекция которой на горизонтальное направление в момент касания саней равна 4 м/с. Скорость саней после прыжка составила 0,8 м/с. Какова масса человека?

1 2 3 4 3

4. Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Как будет направлен импульс шаров после столкновения?



1 2 3 4 4

- 1) ↗ 3) ↘
2) ↑ 4) →

5. Тело свободно падает на Землю. Изменяются ли при падении импульс тела, импульс Земли и суммарный импульс системы «тело — Земля», если считать эту систему замкнутой?

1 2 3 4 5

- 1) импульс тела, импульс Земли и импульс системы «тело — Земля» не изменяются
2) импульс тела изменяется, а импульс Земли и импульс системы «тело — Земля» не изменяются
3) импульс тела и импульс Земли изменяются, а импульс системы «тело — Земля» не изменяется
4) импульс тела, импульс Земли и импульс системы «тело — Земля» изменяются

1 2 3 4 6

6. Мальчик массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает груз массой 8 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с. Какую скорость приобретет мальчик?

- 1) 5,8 м/с 2) 1,36 м/с 3) 0,8 м/с 4) 0,4 м/с

Ответы:

1. Для решения задачи используем закон сохранения импульса. Проекция импульса системы на горизонтальное направление до соприкосновения человека с санями равна импульсу системы после прыжка:

$$m_ч v_ч = (m_ч + m_с) v_ч + c.$$

Из этого уравнения находим $m_с = 200$ кг.

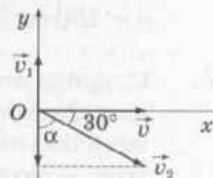
Ответ: 2.

2. Направим ось Ox вдоль скорости снаряда (рисунок). Тогда для проекций импульсов двух осколков на ось Oy согласно закону сохранения импульса можно записать

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 \cos \alpha = 0,$$

где $\alpha = 60^\circ$ (как видно из рисунка).

$$\text{Отсюда: } \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2 \cos \alpha}{v_1} = \frac{100 \cdot 0,5}{50} = 1.$$



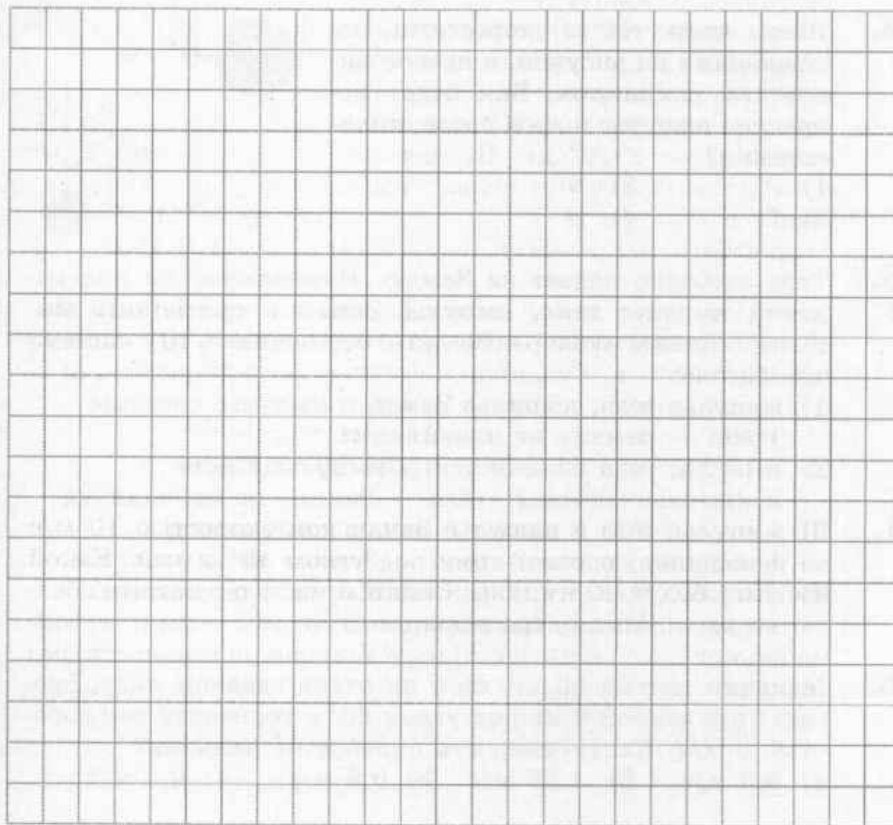
Ответ: 1.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 3.

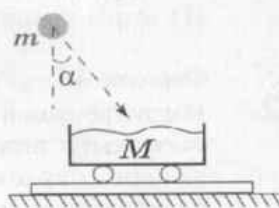
6. Ответ: 4.



День 19

1.4.2. Закон сохранения импульса

1. Камень массой $m = 4$ кг падает под углом $\alpha = 30^\circ$ к вертикали со скоростью 10 м/с в тележку с песком общей массой $M = 16$ кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах. Скорость тележки с камнем после падения в нее камня равна

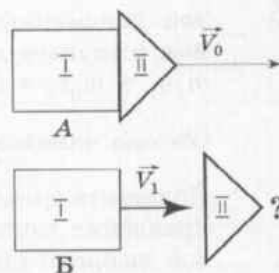


- 1) $1,0$ м/с 3) $1,73$ м/с
2) $1,25$ м/с 4) $2,0$ м/с

2. Сани с охотником покоятся на очень гладком льду. Охотник стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда $0,03$ кг. Скорость саней после выстрела $0,15$ м/с. Общая масса охотника, ружья и саней равна 120 кг. Какова скорость заряда при его вылете из ружья

- 1) 1200 м/с 3) 240 м/с
2) 4 м/с 4) 600 м/с

3. Ракета, состоящая из двух ступеней, двигалась со скоростью $v_0 = 6$ км/с (рисунок А). Первая ступень после отделения движется со скоростью $v_1 = 2$ км/с (рисунок Б). Масса первой ступени $m_1 = 1 \cdot 10^3$ кг, масса второй $m_2 = 2 \cdot 10^3$ кг. Вторая ступень после отделения первой имеет скорость



- 1) 2 км/с 2) 4 км/с 3) 6 км/с 4) 8 км/с

4. Навстречу друг другу летят шарики из пластилина. Модули их импульсов равны соответственно $5 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с и $3 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с. Столкнувшись, шарики слипаются. Импульс слипшихся шариков равен

- 1) $8 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с 3) $2 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с
2) $4 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с 4) $34 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с

5. Шар массой 200 г падает с начальной скоростью 10 м/с на неподвижную платформу под углом 45° к ней. Какой импульс будут иметь шар и платформа в результате абсолютно неупругого удара шара о платформу, если платформа может скользить по горизонтальной поверхности без трения?

- 1) 0 кг·м/с 3) $\sqrt{2}$ кг·м/с
2) 2 кг·м/с 4) $2\sqrt{2}$ кг·м/с

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

Ответы:

1. Горизонтальная составляющая импульса до падения камня равна $-mv_k \sin \alpha$, тележки — 0. Уравнение закона сохранения импульса для системы «камень-тележка» имеет вид

$$mv_k \sin \alpha = (m + M)v_{т+к}.$$

Из этого уравнения находим

$$v_{т+к} = 1 \text{ м/с.}$$

Ответ: 1.

2. Импульс саней с охотником до выстрела был равен нулю, поскольку они находились в состоянии покоя. В силу закона сохранения импульса суммарный импульс саней с охотником и вылетевшего заряда после выстрела должен оставаться равным нулю:

$$m_s \vec{v}_s + m_o \vec{v}_o = 0.$$

Индексы «о» относятся к «общей» массе или скорости саней, охотника и ружья. Отсюда следует, что направления скоростей пули и саней с охотником противоположные. Скорость заряда

$$\vec{v}_o = \frac{-m_s \vec{v}_s}{m_o} = \frac{120 \cdot 0,15}{0,03} = 600 \text{ м/с.}$$

Ответ: 4.

3. Считая направление второй ступени после отделения первой неизменным, составляем уравнение закона сохранения импульса для проекций на направление движения:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_0.$$

$$\text{Отсюда находим } v_2 = \frac{((m_1 + m_2)v_0 - m_1 v_1)}{m_2} = 8 \text{ км/с.}$$

Положительный знак скорости указывает на то, что направление движения второй ступени после отделения первой выбрано правильно.

Ответ: 4.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 3.

День 20

1.4.3. Работа силы

1. Мальчик везет своего друга на санках по горизонтальной дороге, прикладывая силу 60 Н. Скорость санок постоянна. Веревка санок составляет с горизонталью угол 30° . На некотором участке пути мальчик совершил механическую работу, равную 6000 Дж. Какова длина этого участка пути?

- 1) $180000\sqrt{3}$ м 3) $50\sqrt{3}$ м
2) $\frac{200}{\sqrt{3}}$ м 4) $\frac{\sqrt{3}}{200}$ м

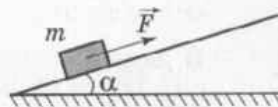
2. Мальчик везет санки за веревку с силой 50 Н. Протащив санки на расстояние 1 м, он совершил механическую работу 50 Дж. Каков угол между веревкой и дорогой?

- 1) 0° 2) 30° 3) 45° 4) 90°

3. Тело массой 1 кг бросили с поверхности Земли со скоростью 20 м/с под углом 45° к горизонту. Какую работу совершила сила тяжести за время полета тела (от броска до падения на землю)? Сопротивлением воздуха пренебречь.

4. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . Вверх по этой плоскости тащат ящик массой 90 кг, прикладывая к нему силу, направленную параллельно плоскости и равную 600 Н. Коэффициент полезного действия наклонной плоскости

- 1) 67 % 3) 80 %
2) 75 % 4) 100 %



5. Коэффициент полезного действия наклонной плоскости равен 80 %. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . Чтобы тащить вверх по этой плоскости ящик массой 120 кг, к нему надо приложить силу, направленную параллельно плоскости и равную

- 1) 480 Н 2) 600 Н 3) 750 Н 4) 1040 Н

6. Человек, равномерно поднимая веревку, достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре — 10 кг. Какова работа силы упругости веревки?

- 1) 1150 Дж 3) 1000 Дж
2) 1300 Дж 4) 850 Дж

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

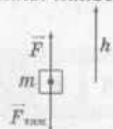
1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

Ответы:

Работа против действия силы тяжести

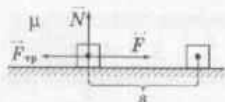


$$|F| = |F_{тяж}| = mg$$

Если мы поднимаем тело на высоту h и прикладываем к нему силу, равную по величине силе тяжести этого тела $F = mg$, то мы затрачиваем работу, равную

$$A = Fh = mgh.$$

Работа против действия силы трения



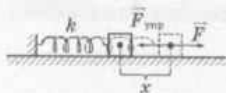
Если мы сдвинули на расстояние S тело, прикладывая к нему силу, равную по величине действующей на тело силе трения:

$$F = F_{тр} = \mu N,$$

то мы совершили работу, равную

$$A = FS = F_{тр}S = \mu NS.$$

Работа против действия силы упругости



Если при растягивании пружины на величину x мы прикладываем силу, равную по величине силе упругости $F = F_{упр} = -kx$, то мы совершили работу, равную

$$A = -\frac{kx^2}{2}.$$

1. Механическая работа A силы F на пути s определяется формулой:

$$A = Fs \cos(\vec{F}, \vec{s}).$$

$$\text{Отсюда находим } s = \frac{A}{F \cos 30^\circ} = \frac{6000}{60 \sqrt{\frac{3}{2}}} = \frac{200}{\sqrt{3}}.$$

Ответ: 2.

2. Механическая работа A силы F на пути s определяется формулой $A = Fs \cos(\vec{F}, \vec{s}) = Fs \cos \alpha$.

Отсюда находим, что угол α между веревкой (направление силы) и дорогой (направление перемещения)

$$\alpha = \arccos\left(\frac{A}{Fs}\right) = \arccos\left(\frac{50}{50 \cdot 1}\right) = 0^\circ.$$

Ответ: 1.

3. Работа A силы тяжести не зависит от траектории, а только от разности высот между начальным и конечным положениями тела и выражается формулой $A = mgh$. Поскольку разность высот h в данном случае равна нулю, то и работа равна нулю.

Ответ: 0.

4. Коэффициент полезного действия механизма η определяется отношением полезной работы $A_{п}$ ко всей проделанной работе A :

$$\eta = \frac{A_{п}}{A}. \quad (1)$$

В данном случае полезная работа — это работа по подъему груза на некоторую высоту h :

$$A_{п} = mgh. \quad (2)$$

В свою очередь, реально совершаемая работа (вся работа) с помощью наклонной плоскости определяется произведением силы F , приложенной к телу и направленной параллельно плоскости, умноженной на расстояние l , пройденное телом:

$$A = Fl. \quad (3)$$

Учитывая, что отношение высоты h к расстоянию l равно синусу угла наклона плоскости α ,

$$\frac{h}{l} = \sin \alpha. \quad (4)$$

Решая уравнения (1)—(4) относительно η , получаем

$$\eta = \frac{mgh \sin \alpha}{Fl} = \frac{90 \cdot 10 \cdot 0,5}{600} \cdot 100\% = 75\%.$$

Ответ: 2.

5. Ответ: 3.

6. Ответ: 1.

Ответы:

Энергия — это величина, определяющая работу, которую может совершить тело.

Когда при перемещении над телом совершается работа, энергия тела изменяется на величину этой работы.

$$A = E - E_0, \\ [E] = \text{Дж}$$

Кинетическая энергия тела представляет собой энергию движения.

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$$

1. Кинетическая энергия автомобиля равна $\frac{mv^2}{2}$. Следовательно, за первые 20 с торможения она уменьшилась в $\frac{40^2}{20^2} = 4$ раза.

Ответ: 3.

2. После прилипания шарика к тележке скорость системы находим из закона сохранения импульса (абсолютно неупругий удар):

$$(m_1 + m_2)v = m_1v_1, \\ v = \frac{0,1 \cdot 1}{0,2} = 0,5 \text{ м/с.}$$

Кинетическую энергию системы находим по формуле

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 0,5^2}{2} = 0,025 \text{ Дж}$$

Это и есть полная механическая энергия системы, поскольку тележка с пружинкой до удара покоилась.

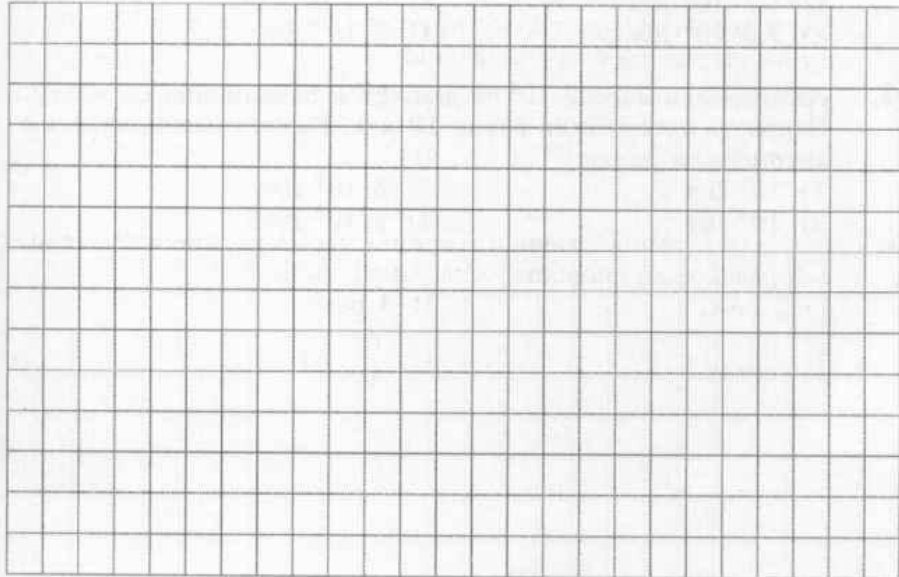
Ответ: 1.

3. Кинетическая энергия автомобиля равна $\frac{mv^2}{2}$. Согласно теореме об изменении кинетической энергии тела она равна работе всех внешних сил. Следовательно, работа равнодействующей силы

$$A = \Delta E_{\text{к}} = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) = \frac{10^3}{2 \cdot (20^2 - 10^2)} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$$

Ответ: 1.

4. Ответ: 3.



День 22

1.4.4. Кинетическая энергия.

Теорема об изменении кинетической энергии

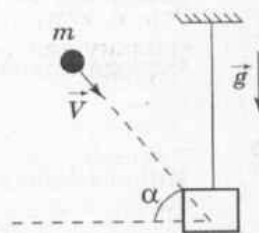
1. Груз массой m тянут за нить по горизонтальной шероховатой поверхности. На какое расстояние S переместится груз после обрыва нити, если его скорость в момент обрыва равна v , а коэффициент трения груза о поверхность равен μ ? Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

- 1) $\frac{2v^2}{mg}$ 3) $\frac{v^2}{2mg}$
2) $\frac{v^2}{mg}$ 4) $\frac{4v^2}{mg}$

1 2 3 4 1

2. Доска массой 0,5 кг шарнирно подвешена к потолку на легком стержне. На доску со скоростью 10 м/с налетает пластилиновый шарик массой 0,2 кг и прилипает к ней (рисунок). Скорость шарика перед ударом направлена под углом 60° к нормали к доске. Кинетическая энергия системы тел после соударения равна

- 1) 0,7 Дж 3) 2,9 Дж
2) 1,0 Дж 4) 10,0 Дж



1 2 3 4 2

3. Шарик массой m движется со скоростью v . После упругого соударения со стенкой он стал двигаться в противоположном направлении, но с такой же по модулю скоростью. Чему равна работа силы упругости, которая подействовала на шарик со стороны стенки?

- 1) $\frac{mv^2}{2}$ 3) $\frac{mv^2}{4}$
2) mv^2 4) 0

1 2 3 4 3

4. Для того чтобы уменьшить кинетическую энергию тела в 2 раза, надо скорость тела уменьшить в

- 1) 2 раза 3) 4 раза
2) $\sqrt{2}$ раз 4) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ раз

1 2 3 4 4

Ответы:

1. После обрыва нити сила трения ($F_{\text{тр}} = \mu mg$) совершает работу A по остановке груза: $A = \mu mgs$. Эта работа равна изменению кинетической энергии груза с момента обрыва нити ($E_k = \frac{mv^2}{2}$) до остановки ($E_k = 0$):

$$\mu mgs = \frac{mv^2}{2}.$$

Из этого равенства находим

$$s = \frac{v^2}{2\mu g}.$$

Ответ: 3.

2. Скорость, приобретаемая системой после попадания шарика в доску, определяется из закона сохранения импульса. Записываем уравнение для горизонтальной составляющей импульсов, поскольку доска в вертикальном направлении двигаться не может:

$$m_{\text{ш}} v_{\text{ш}} \cos \alpha = (m_{\text{ш}} + m_{\text{д}}) v_{\text{д+ш}}.$$

Отсюда находим скорость системы тел после соударения

$$v_{\text{д+ш}} = \frac{m_{\text{ш}} v_{\text{ш}} \cos \alpha}{(m_{\text{ш}} + m_{\text{д}})}.$$

Кинетическая энергия системы равна:

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{(m_{\text{ш}} + m_{\text{д}})(m_{\text{ш}} v_{\text{ш}} \cos \alpha)^2}{2(m_{\text{ш}} + m_{\text{д}})^2} = \frac{(m_{\text{ш}} v_{\text{ш}} \cos \alpha)^2}{(m_{\text{ш}} + m_{\text{д}})} = \\ &= \frac{(0,2 \cdot 10 \cdot 0,5)^2}{2(0,2 + 0,5)} = 0,7 \text{ Дж.} \end{aligned}$$

Ответ: 1.

3. При абсолютно упругом ударе кинетическая энергия тела сохраняется, следовательно, и после удара шарика равна $\frac{mv^2}{2}$. Скорость шарика только поменяла направление, но не абсолютную величину. Согласно теореме об изменении кинетической энергии тела это изменение равно работе всех внешних сил, в данном случае — нулю.

Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

День 23

1.4.5. Потенциальная энергия

1. Первая пружина имеет жесткость 20 Н/м, вторая — 40 Н/м. Обе пружины растянуты на 1 см. Отношение потенциальных энергий пружин $\frac{E_2}{E_1}$ равно

1) 1 2) 2 3) $\sqrt{2}$; 4) 4

2. Закрепленный пружинный пистолет стреляет вертикально вверх. Какова масса пули m , если высота ее подъема в результате выстрела равна h , жесткость пружины k , а деформация пружины перед выстрелом Δl ? Трением и массой пружины пренебречь; считать $\Delta l \ll h$.

1) $\frac{k(\Delta l)^2}{4gh}$ 2) $\frac{k(\Delta l)^2}{gh}$ 3) $\frac{2k(\Delta l)^2}{gh}$ 4) $\frac{k(\Delta l)^2}{2gh}$

3. Спортсмен поднял штангу массой 75 кг на высоту 2 м. Потенциальная энергия штанги при этом изменилась на

1) 150 Дж 3) 1500 Дж
2) 300 Дж 4) 37,5 Дж

4. Потенциальная энергия взаимодействия с Землей гири массой 5 кг увеличилась на 75 Дж. Это произошло в результате того, что гирю

1) подняли на 7 м 3) подняли на 1,5 м
2) опустили на 7 м 4) опустили на 1,5 м

5. Недеформированную пружину жесткостью 30 Н/м растянули на 0,04 м. Потенциальная энергия растянутой пружины равна

1) 750 Дж 3) 0,6 Дж
2) 1,2 Дж 4) 0,024 Дж

6. Закрепленный пружинный пистолет стреляет вертикально вверх. Какой была деформация пружины Δl перед выстрелом, если жесткость пружины k , а пуля массой m в результате выстрела поднялась на высоту h ? Трением пренебречь. Считать, что $\Delta l \ll h$.

1) $2\sqrt{\frac{mgh}{k}}$ 2) $\sqrt{\frac{mgh}{2k}}$ 3) $\sqrt{\frac{mgh}{k}}$ 4) $\sqrt{\frac{2mgh}{k}}$

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

Ответы:

Потенциальная энергия тела представляет собой энергию тела в поле внешних сил.

Потенциальная энергия в поле тяжести

$$E_{\text{пот}} = mgh.$$

Потенциальная энергия тела на пружине

$$E_{\text{пот}} = \frac{kx^2}{2}.$$

1. Потенциальная энергия пружины определяется выражением $E_{\text{п}} = 0,5 \cdot k\Delta l^2$, где k — жесткость пружины, Δl — деформация пружины.

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{40 \cdot 0,01^2}{20 \cdot 0,01^2} = 2.$$

Ответ: 2.

2. Масса пули находится из условия равенства потенциальной энергии сжатой пружины

$$E_1 = \frac{k(\Delta l)^2}{2}$$

и потенциальной энергии тела, поднятого на высоту h над землей:

$$E_2 = mgh.$$

Равенство энергий E_2 и E_1 следует из закона сохранения механической энергии: потенциальная энергия сжатой пружины пистолета после выстрела превращается в кинетическую энергию пули, которая по мере подъема пули и уменьшения ее первоначальной скорости уменьшается, переходя в потенциальную энергию пули. Приравнявая

правые части уравнений, получаем $m = \frac{k(\Delta l)^2}{2gh}$.

Ответ: 4.

3. Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над землей, равна

$$E_2 = mgh = 75 \cdot 10 \cdot 2 = 1500 \text{ Дж.}$$

Ответ: 3.

4. Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над землей

$$E_{\text{п}} = mgh,$$

ее увеличение соответствует увеличению высоты

$$\Delta E_{\text{п}} = mg\Delta h.$$

Следовательно, $\Delta h = \frac{\Delta E_{\text{п}}}{mg} = 1,5$ м, т.е. гирию подняли на 1,5 м.

Ответ: 3.

5. Ответ: 4.

6. Ответ: 4.

День 24

1.4.6. Закон сохранения механической энергии

1. Мальчик на санках общей массой 60 кг спускается с ледяной горы и останавливается, проехав 40 м по горизонтальной поверхности после спуска. Какова высота горы, если сила сопротивления движению на горизонтальном участке равна 60 Н? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.
2. Мальчик на санках общей массой 50 кг спустился с ледяной горы. Коэффициент трения при его движении по горизонтальной поверхности равен 0,2. Расстояние, которое мальчик проехал по горизонтали до остановки, равно 30 м. Чему равна высота горы? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.
3. Тело массой 1 кг, брошенное вертикально вверх от поверхности земли, достигло максимальной высоты 20 м. С какой по модулю скоростью двигалось тело на высоте 10 м? Сопротивлением воздуха пренебречь.
1) 7 м/с 2) 10 м/с 3) 14,1 м/с 4) 20 м/с
4. Сани с сиденьями общей массой 100 кг съезжают с горы высотой 8 м и длиной 100 м. Какова средняя сила сопротивления движению санок, если в конце горы они достигли скорости 10 м/с, а начальная скорость равна нулю?
5. Груз массой 0,1 кг привязали к нити длиной 1 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 90° и отпустили. Каково центростремительное ускорение груза в момент, когда нить образует с вертикалью угол 60° ? Сопротивлением воздуха пренебречь.
6. Тело массой 1 кг, брошенное с уровня земли вертикально вверх, упало обратно. Перед ударом о землю оно имело кинетическую энергию 200 Дж. С какой скоростью тело было брошено вверх? Сопротивлением воздуха пренебречь.
1) 10 м/с 2) 20 м/с 3) 30 м/с 4) 40 м/с

 1 2 3 4 3 1 2 3 4 6

Ответы:

Закон сохранения энергии

Полная энергия замкнутой системы тел сохраняется:

$$E = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \text{const}$$

Сохраняется полная энергия тела во внешнем поле *потенциальных* сил.

Например, в поле тяжести:

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const.}$$

При наличии *непотенциальных* сил, например силы трения, энергия тела не сохраняется, и ее изменение равно работе силы трения:

$$\Delta E = A_{\text{тр.}}$$

1. Задачу решаем, используя закон сохранения механической энергии. Мальчик, находящийся на санках на вершине горы высотой h , обладает потенциальной энергией, равной $E_{\text{п}} = mgh$. После спуска (у подножия горы) потенциальная энергия полностью превращается в кинетическую $E_{\text{к}}$, поскольку по склону горы санки скользили без трения. В результате остановки кинетическая энергия полностью расходуется на работу A силы сопротивления $F = 60 \text{ Н}$, совершенной на горизонтальном участке пути $s = 40 \text{ м}$:

$$A = Fs = mgh.$$

Отсюда находим $60 \cdot h \cdot 10 = 60 \cdot 40$, $h = 4 \text{ м}$.

Ответ: 4 м.

2. Задачу решаем, используя закон сохранения механической энергии. Потенциальная энергия мальчика на санках на вершине горы высотой h равна $E_{\text{п}} = mgh$. После спуска (у подножия горы) потенциальная энергия полностью превращается в кинетическую $E_{\text{к}}$, поскольку по склону горы санки скользили без трения. В результате остановки кинетическая энергия полностью расходуется на работу A силы трения $F = \mu mg$, совершенной на горизонтальном участке пути $s = 30 \text{ м}$:

$$A = E_{\text{п}} = \mu mgs = mgh.$$

Отсюда находим:

$$h = \mu s = 6 \text{ м}.$$

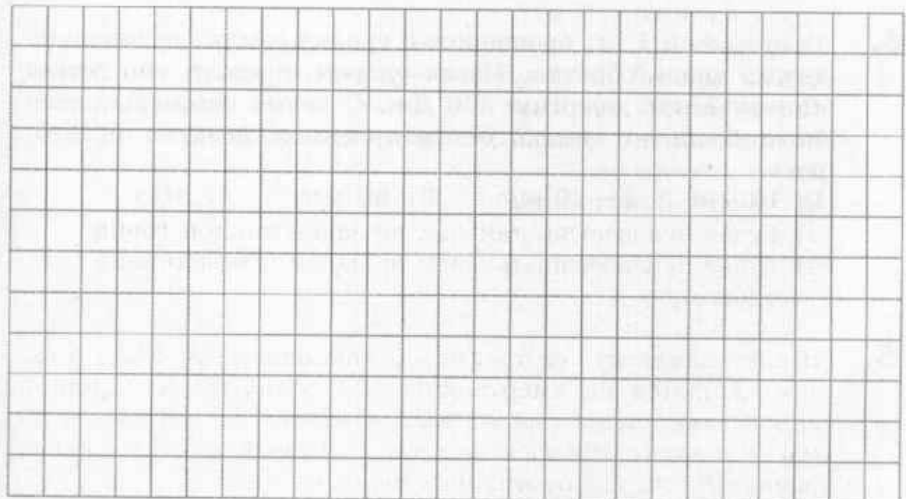
Ответ: 6 м.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 30.

5. Ответ: 9,8.

6. Ответ: 2.



Ответы:

1. Импульс тела p равен произведению массы тела m на его скорость v : $p = mv$. Чтобы найти скорость мяча в момент падения на землю, воспользуемся законом сохранения механической энергии. Кинетическая энергия тела $\left(\frac{mv^2}{2}\right)$ в момент падения на землю равна потенциальной энергии mgh , которой обладало тело на высоте h до падения:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh.$$

Отсюда находим, что скорость тела в момент соприкосновения с землей (при условии отсутствия потерь энергии) равна:

$$v = \sqrt{2gh}.$$

Однако, учитывая, что реальная скорость вследствие потерь энергии на сопротивление воздуха составляет $0,8v$ для импульса тела, получаем

$$p = m \cdot 0,8 \cdot (2gh)^{\frac{1}{2}} = 0,2 \cdot 0,8 \cdot (2 \cdot 10 \cdot 20)^{\frac{1}{2}} = 3,2 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ: 3.

2. Согласно закону сохранения импульса начальная скорость бруска с застрявшей пулей и скорость пули до попадания в брусок связаны соотношением $mv_0 = (m + M)v$.

В свою очередь, скорость v определяется из закона сохранения механической энергии $\frac{(m + M)v^2}{2} = (m + M)gh$, где

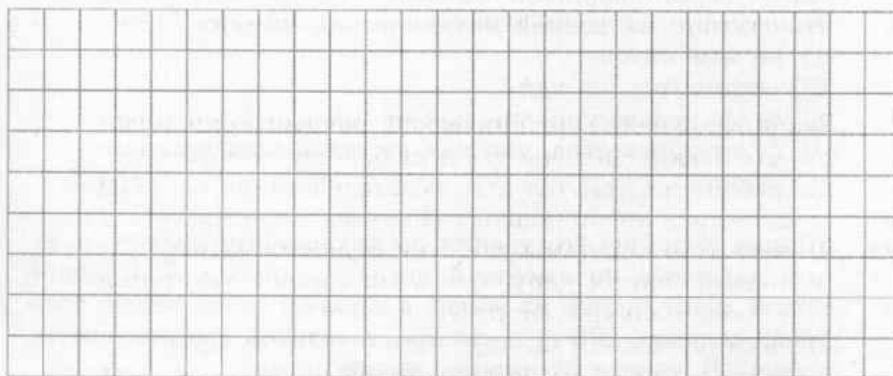
левая часть уравнения — кинетическая энергия бруска и пули в момент попадания последней, а правая — потенциальная энергия системы в момент наивысшего подъема h , когда вся кинетическая энергия превратилась в потенциальную.

Ответ: 2.

3. Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

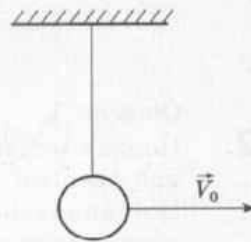
5. Ответ: 3.



День 26

1.4.6. Закон сохранения механической энергии

1. Маятнику (шарик на нити), находящемуся в положении равновесия, сообщили небольшую горизонтальную скорость \vec{v}_0 (рисунок). На какую высоту поднимется шарик?



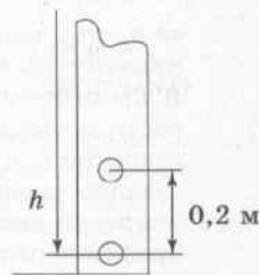
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

- 1) $\frac{v_0^2}{2g}$ 3) $\frac{v_0^2}{4g}$
 2) $\frac{2v_0}{2g}$ 4) $\frac{2g}{v_0^2}$

2. На рисунке показаны положения свободно падающего шарика через интервалы времени, равные $\frac{1}{30}$ с.

Масса шарика — 0,1 кг. Оцените высоту, с которой упал шарик, используя закон сохранения энергии:

- 1) 1,0 м 3) 1,6 м
 2) 1,4 м 4) 1,8 м



1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. Брусок скользит по наклонной плоскости вниз без трения. Что происходит с его скоростью, потенциальной энергией, силой реакции наклонной плоскости?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

Физические величины	Их изменение
А) скорость	1) увеличится
Б) потенциальная энергия	2) уменьшится
В) сила реакции наклонной плоскости	3) не изменится

А	Б	В	3

4. Закон сохранения механической энергии применим
- 1) для любой системы тел в любой системе отсчета
 - 2) любой системы тел при взаимодействиях с любыми силами в инерциальных системах отсчета
 - 3) замкнутой системы тел, взаимодействующих только силами упругости и всемирного тяготения в инерциальных системах отсчета
 - 4) замкнутой системы тел, взаимодействующих с любыми силами в инерциальных системах отсчета

1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

Ответы:

1. Высота подъема шарика определяется из равенства кинетической энергии, сообщенной шариком $\left(\frac{mv_0^2}{2}\right)$, и потенциальной mgh , в которую согласно закону сохранения энергии превратилась кинетическая энергия после подъема шарика и его остановки на высоте h :

$$h = \frac{v_0^2}{2g}.$$

Ответ: 1.

2. Полная механическая энергия E равна сумме потенциальной энергии $E_{\text{п}}$ и кинетической $E_{\text{к}}$ энергии: $E = E_{\text{п}} + E_{\text{к}}$. Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над поверхностью земли, составляет $E_{\text{п}} = mgh$. Кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью v , равна:

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}.$$

Полная энергия шарика, покоящегося на высоте h , определяется его потенциальной энергией, поскольку кинетическая энергия равна нулю (скорость равна нулю). В процессе свободного падения по мере увеличения скорости и уменьшения высоты кинетическая энергия будет возрастать, а потенциальная — уменьшаться, в сумме оставаясь равной начальной энергии шарика на высоте h (согласно закону сохранения механической энергии). Направим вертикальную ось вниз, поместив ее начало на исходную высоту h над нижним положением шарика. Верхнее положение шарика обозначим h_1 . Скорости тела в точках h_1 и h обозначим через v_1 и v , а время падения до точек h_1 и h через t_1 и t . Из закона сохранения энергии следует

$$mg(h - h_2) = \frac{m}{2}(v^2 - v_1^2) = \frac{mg}{2}(t^2 - t_1^2),$$

поскольку скорость тела при свободном падении с нулевой начальной скоростью $v = gt$. Раскрывая разность квадратов времен в правой части и заменяя $t - t_1$ на Δt , а $h - h_1$ — на Δh , получаем следующие уравнения:

$$t + t_1 = \frac{2\Delta h}{g\Delta t},$$

$$t - t_1 = \Delta t.$$

Суммируя эти уравнения, находим выражение для времени падения t . Подставив в него численные значения, получаем $t \approx 0,61$ с. Высоту h определяем по известному из кинематики уравнению для пути при равноускоренном движении

$$h = \frac{gt^2}{2} = 1,8 \text{ м.}$$

Ответ: 4.

3. Ответ:
- | | | |
|---|---|---|
| А | Б | В |
| 1 | 2 | 3 |

4. Ответ: 3.

День 27

1.4.6. Закон сохранения механической энергии

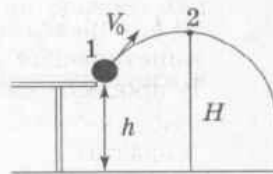
1. Тело массой 0,1 кг брошено горизонтально со скоростью 4 м/с с высоты 2 м относительно поверхности Земли. Какова кинетическая энергия тела в момент его приземления? Сопротивление воздуха не учитывать.

 1

2. Автомобиль массой 1000 кг подъезжает со скоростью 20 м/с к подъему высотой 5 м. В конце подъема его скорость уменьшается до 6 м/с. Каково по модулю изменение механической энергии автомобиля? Ответ выразите в килоджоулях (кДж).

 2

3. По какой из формул можно определить кинетическую энергию E_k тела в верхней точке траектории (рисунок)?

 1 2 3 4 3

1) $E_k = mgH$

2) $E_k = \frac{mV_0^2}{2} + mgh - mgH$

3) $E_k = mgH - mgh$

4) $E_k = \frac{mV_0^2}{2} + mgH$

4. Груз массой 100 г свободно падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. Какова потенциальная энергия груза в тот момент времени, когда его скорость равна 8 м/с? Принять, что потенциальная энергия груза равна нулю на поверхности Земли.

 4

5. Товарный вагон, движущийся по горизонтальному пути с небольшой скоростью, сталкивается с другим вагоном и останавливается. При этом пружина буфера сжимается. Какое из перечисленных ниже преобразований энергии происходит в этом процессе?

 1 2 3 4 5

1) кинетическая энергия вагона преобразуется в потенциальную энергию пружины

2) кинетическая энергия вагона преобразуется в его потенциальную энергию

3) потенциальная энергия пружины преобразуется в ее кинетическую энергию

4) внутренняя энергия пружины преобразуется в кинетическую энергию вагона

Ответы:

1. Кинетическая энергия тела в момент приземления согласно закону сохранения энергии равна полной механической энергии (т.е. сумме потенциальной и кинетической энергии) тела в момент бросания, поскольку потенциальная энергия тела на поверхности земли равна нулю:

$$E_k = mgh + \frac{mv^2}{2} = 0,1 \cdot \left(10 \cdot 2 + \frac{4^2}{2} \right) = 2,8 \text{ Дж.}$$

Ответ: 2,8.

2. Механическая энергия автомобиля, подъезжающего к подъему горы, — это его кинетическая энергия (потенциальная энергия равна нулю, так как автомобиль находится на поверхности земли):

$$E = \frac{mv_0^2}{2} = 100 \cdot \frac{20^2}{2} = 200 \text{ кДж.}$$

После подъема на вершину горы его механическая энергия состоит из потенциальной

$$E_{\text{п}} = mgh = 1000 \cdot 10 \cdot 5 = 50 \text{ кДж}$$

и кинетической

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{1000 \cdot 6^2}{2} = 18 \text{ кДж.}$$

Изменение механической энергии в результате подъема равно:

$$\frac{mv_0^2}{2} - mgh - \frac{mv_1^2}{2} =$$

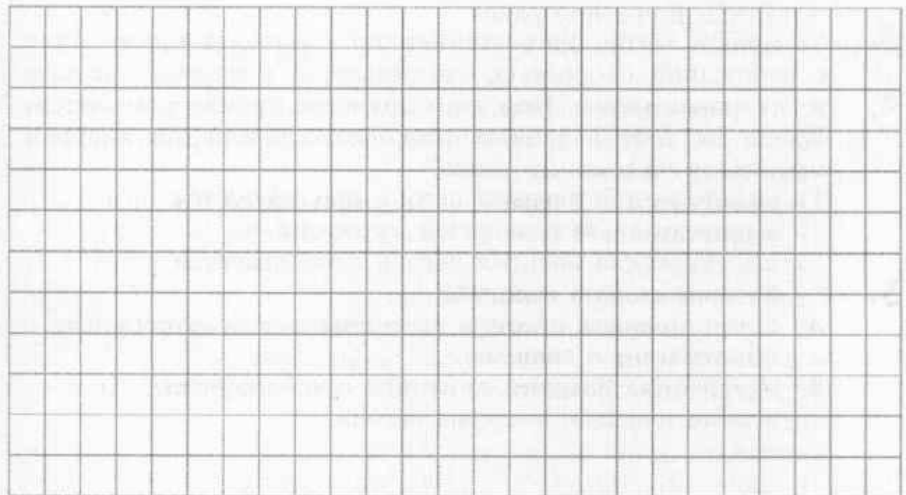
$$= 200 \text{ кДж} - 50 \text{ кДж} - 18 \text{ кДж} = 132 \text{ кДж.}$$

Ответ: 132.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 6,8.

5. Ответ: 3.



День 28

1.5. Механические колебания и волны

1.5.1. Механические свободные колебания.

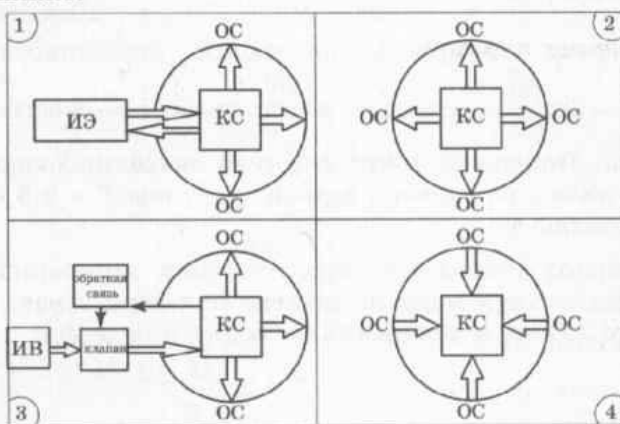
Период и частота свободных гармонических колебаний

1. Мимо рыбака, сидящего на пристани, прошло 5 гребней волны за 10 с. Каков период колебаний поплавок на волнах?
 1) 5 с 2) 50 с 3) 2 с 4) 0,5 с

1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

2. На рисунке изображены схемы, стрелками обозначено направление передачи энергии между колебательной системой (КС), источником энергии (ИЭ) и окружающей средой (ОС). Какая из схем относится к свободным затухающим колебаниям?

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---



- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

3. К пружине жесткостью 40 Н/м подвешен груз массой 0,1 кг. Период свободных колебаний этого пружинного маятника примерно равен
 1) 31 с 2) 6,3 с 3) 3,1 с 4) 0,3 с

1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

4. Если длину математического маятника и массу его груза увеличить в 4 раза, то период свободных гармонических колебаний маятника
 1) увеличится в 2 раза 3) уменьшится в 4 раза
 2) увеличится в 4 раза 4) уменьшится в 2 раза

1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

5. Свободным является колебание:
 А. Груза, подвешенного к пружине, после однократного его отклонения от положения равновесия.
 Б. Мембраны громкоговорителя во время работы приемника.
 1) только А 3) А и Б
 2) только Б 4) ни А, ни Б

Ответы:

Частота колебаний
Количество колебаний
в единицу времени.
 $[f] = \text{Гц} = 1/\text{с}$

Период колебаний
Время одного колебания. Связь периода
и частоты
 $T = \frac{1}{f}$

Циклическая частота
Количество колебаний,
совершаемых за
время 2π секунд:
 $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$.

1. Период колебания — это время, в течение которого совершается одно полное колебание. В данном случае число колебаний n равно числу гребней волны, которые насчитал рыбак за время $t = 10$ с. Таким образом,

$$T = \frac{t}{n} = \frac{10}{5} = 2.$$

Ответ: 3.

2. Свободные колебания (или собственные) — это колебания колебательной системы, совершаемые только благодаря первоначально сообщенной энергии (потенциальной или кинетической) при отсутствии внешних воздействий. Свободные колебания в природе всегда являются затухающими, так как энергия из внешней среды к колебательной системе не поступает, а колебательная система с течением времени первоначально сообщенную ей энергию отдает окружающей среде.

Ответ: 2.

3. Период свободных колебаний пружинного маятника

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, где m — масса груза, k — жесткость пружины. Подставив в эту формулу значения входящих в нее величин из условия задачи, получим $T \approx 0,3$ с.

Ответ: 4.

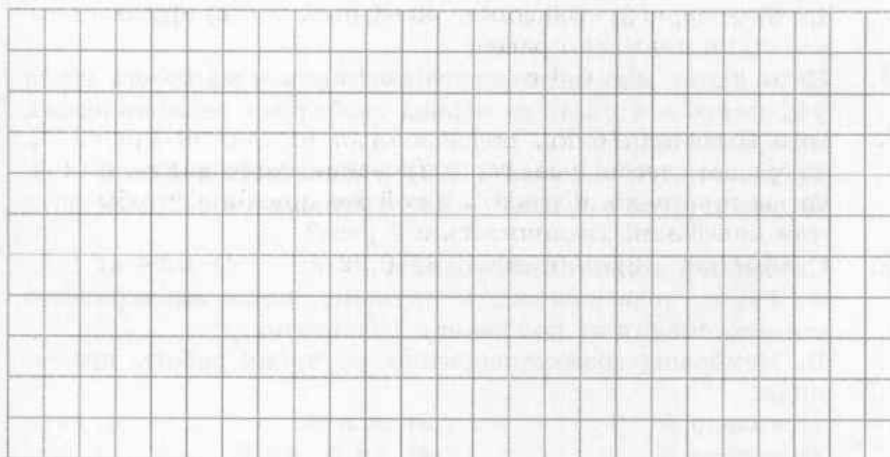
4. Период свободных гармонических колебаний математического маятника не зависит от массы груза, а только от его длины и ускорения свободного падения:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

поэтому увеличение длины в 4 раза приведет к увеличению периода в 2 раза.

Ответ: 1.

5. Ответ: 1.



День 29

1.5.2. Колебания математического и пружинного маятников — частота, период колебаний.

Скорость и ускорение колеблющейся точки

1. Массивный шарик, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Чтобы увеличить период колебаний в 2 раза, достаточно массу шарика
1) увеличить в 4 раза 3) увеличить в 2 раза
2) уменьшить в 4 раза 4) уменьшить в 2 раза
2. Груз массой 2 кг, закрепленный на пружине жесткостью 200 Н/м, совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см. Какова максимальная скорость груза?
3. Груз массой 2 кг, закрепленный на пружине жесткостью 200 Н/м, совершает гармонические колебания. Максимальное ускорение груза при этом равно 10 м/с^2 . Какова максимальная скорость груза?
4. Если длину математического маятника и массу его груза уменьшить в 4 раза, то частота свободных гармонических колебаний маятника
1) увеличится в 4 раза 3) уменьшится в 4 раза
2) увеличится в 2 раза 4) уменьшится в 2 раза
5. За одно и то же время первый математический маятник совершает одно колебание, а второй — три. Нить первого маятника в
1) 9 раз длиннее 3) 3 раза длиннее
2) 3 раза длиннее 4) 3 раза короче
6. К пружине жесткостью 40 Н/м подвешен груз массой 0,1 кг. Период свободных колебаний этого пружинного маятника примерно равен
1) 31 с 2) 6,3 с 3) 3,1 с 4) 0,3 с
7. Груз массой 0,16 кг, подвешенный на легкой пружине, совершает свободные гармонические колебания. Какой массы груз надо подвесить к той же пружине, чтобы частота колебаний увеличилась в 2 раза?
1) 0,04 кг 2) 0,08 кг 3) 0,32 кг 4) 0,64 кг

1 2 3 4 1

2

3

1 2 3 4 4

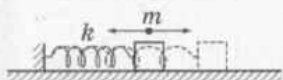
1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

1 2 3 4 7

Ответы:

Пружинный маятник
(груз на пружине)



Колебания происходят под действием силы упругости:

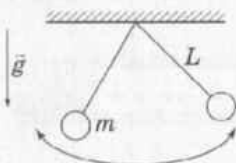
$$F = -kx,$$

где k — жесткость пружины.

Период колебаний равен:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Математический маятник
(материальная точка, подвешенная на длинной невесомой нерастяжимой нити)



Колебания происходят под действием силы тяжести:

$$F = mg.$$

Период колебаний равен:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}},$$

где L — длина маятника.

1. Период гармонических колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

следовательно, чтобы увеличить период колебаний в 2 раза, достаточно массу шарика увеличить в 4 раза.

Ответ: 1.

2. Максимальная скорость колеблющегося тела (амплитуда скорости v_{\max}) определяется выражением $v_{\max} = \omega_0 A$, где ω_0 — собственная частота колебания, A — амплитуда колебания. Для тела, закрепленного на пружине,

$$\omega_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$$

где k — жесткость пружины, m — масса груза.

Следовательно $v_{\max} = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot A = \text{м/с}$.

Ответ: 1.

3. Максимальное ускорение груза, т. е. амплитуда ускорения, $a_{\max} = \omega_0^2 x_{\max}$, амплитуда скорости — $v_{\max} = \omega_0 x_{\max}$. Отсюда находим $a_{\max} = v_{\max} \omega_0$. Частота собственных колебаний пружинного маятника

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Подставляя последнее выражение в формулу для максимального ускорения, находим максимальную скорость груза

$$v_{\max} = a_{\max} \sqrt{\frac{m}{k}} = 1 \text{ м/с}.$$

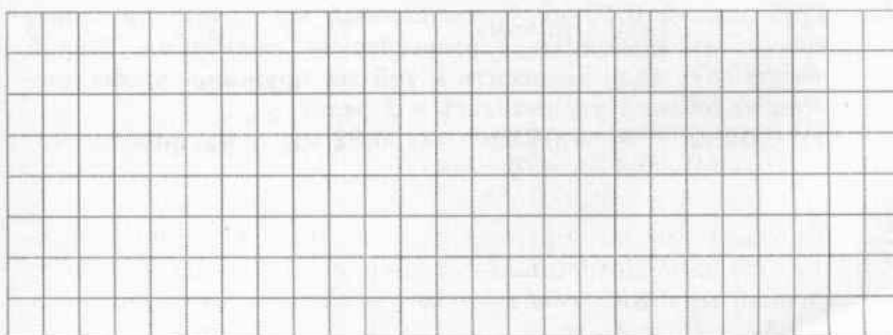
Ответ: 1

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 1.

6. Ответ: 4.

7. Ответ: 1.



День 30

1.5.3. Механическая энергия свободных гармонических колебаний

1. Тело, подвешенное на пружине, совершает гармонические колебания с частотой ν . С какой частотой изменяется кинетическая энергия тела?

1) $\frac{\nu}{2}$ 2) 2ν 3) ν 4) ν^2

1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

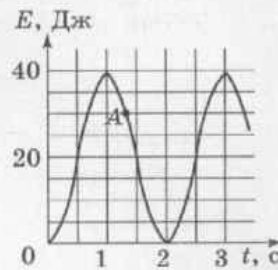
2. Полная механическая энергия пружинного маятника увеличилась в 2 раза. Во сколько раз изменилась амплитуда колебаний?

1) увеличилась в $\sqrt{2}$ раза
 2) увеличилась в 2 раза
 3) уменьшилась в 2 раза
 4) уменьшилась в $\sqrt{2}$ раза

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. На рисунке изображен график изменения со временем кинетической энергии ребенка на качелях. В момент, соответствующий точке А на графике, его потенциальная энергия равна

1) 10 Дж 3) 25 Дж
 2) 20 Дж 4) 30 Дж



1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

4. Груз массой m , подвешенный к пружине, совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с периодом, максимальной потенциальной энергией пружины и частотой, если при неизменной амплитуде уменьшить массу?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

Физические величины	Их изменение
А) период	1) увеличится
Б) частота	2) уменьшится
В) максимальная потенциальная энергия пружины	3) не изменится

А	Б	В	4

5. Сколько раз за один период свободных колебаний груза на пружине потенциальная энергия пружины и кинетическая энергия груза принимают равные значения?

1) 1 2) 2 3) 8 4) 4

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Ответы:

Гармонические колебания

Колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса или косинуса.

Уравнение гармонических колебаний (пример)

Координата

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Скорость

$$v = v_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Ускорение

$$a = a_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Здесь x_0 , $v_0 = \omega x_0$, $a_0 = -\omega^2 x_0$ — амплитуды колебаний координаты, скорости и ускорения; $\omega t + \varphi_0$ — фаза колебаний, φ_0 — начальная фаза колебаний.

1. За время одного полного колебания (полный период) кинетическая энергия (как и потенциальная) дважды принимает максимальное и минимальное значения (например, для математического маятника в точке, соответствующей положению равновесия, и в точках максимального отклонения от него). Следовательно, кинетическая энергия (как и потенциальная) меняется с удвоенной по сравнению с колебаниями самого маятника частотой.

Ответ: 1.

2. Полная механическая энергия колебаний W тела, колеблющегося под действием сил упругости, равна:

$$W = W_p + W_k = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv_x^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2},$$

где v_m — максимальная скорость тела (в положении равновесия), $x_m = A$ — амплитуда. Таким образом, увеличение полной энергии в 2 раза означает увеличение амплитуды в $\sqrt{2}$ раз.

Ответ: 1.

3. Полная механическая энергия W колеблющегося тела равна сумме кинетической и потенциальной энергий, переходящих одна в другую (тоже колеблющихся, но с удвоенной частотой), и определяется выражением

$$W = W_p + W_k = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv_x^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2},$$

где v_m — максимальная скорость тела (в положении равновесия), $x_m = A$ — амплитуда, из которой следует, что максимальные значения кинетической и потенциальной энергий равны друг другу и полной энергии колеблющейся системы. Из графика можно определить, что значение кинетической энергии в точке А равно 30 Дж, а полная энергия, равная максимальной кинетической, — 40 Дж. Согласно закону сохранения энергии потенциальная энергия в точке А равна $40 - 30 = 10$ Дж.

Ответ: 1.

4. Выводы о том, что произойдет с периодом, максимальной потенциальной энергией пружины и частотой при уменьшении массы и неизменной амплитуде, легко сделать, вспомнив формулы, выражающие связь массы с перечисленными параметрами:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad W_p = \frac{kx_m^2}{2}.$$

Ответ:

А	Б	В
1	2	3

5. Ответ: 4.

День 31

1.5.4. Вынужденные колебания. Резонанс

1. Подвешенный на пружине груз совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой ν . Установите соответствие между физическими величинами этого процесса и частотой их изменения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В	1

Величины

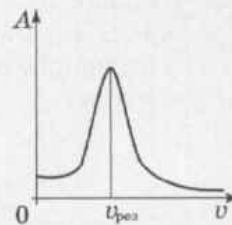
- А) кинетическая энергия
 Б) скорость
 В) потенциальная энергия

Частота изменения

- 1) 12ν
 2) ν
 3) 2ν

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

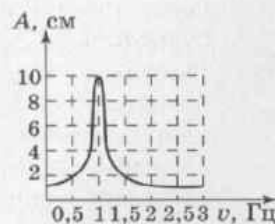
2. При совершении установившихся вынужденных колебаний маятник за период получает от источника энергию W_1 и отдает в окружающую среду энергию W_2 . Зависимость амплитуды колебаний от частоты вынуждающей силы показана на рисунке. При изменении частоты в интервале $0 < \nu < \nu_{\text{рез}}$ между W_1 и W_2 выполняется соотношение



- 1) $W_1 < W_2$
 2) $W_1 > W_2$
 3) $W_1 = W_2$
 4) $W_1 < W_2$ или $W_1 > W_2$,
 в зависимости от частоты

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. На рисунке показана зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Резонансная частота колебаний этого маятника равна



- 1) 0,5 Гц
 2) 1 Гц
 3) 1,5 Гц
 4) 10 Гц

1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

4. На рисунке к задаче 3 показана зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно
- 1) 10 2) 2 3) 5 4) 4

1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

Ответы:

Резонанс

Резкое увеличение амплитуды колебаний при совпадении частоты f внешней вынуждающей силы и частоты f_0 свободных колебаний системы.

1. Вынужденные колебания совершаются с частотой изменения вынуждающей силы ν . Скорость меняется с той же частотой ν , а потенциальная и кинетическая энергии — с удвоенной частотой.

Ответ:

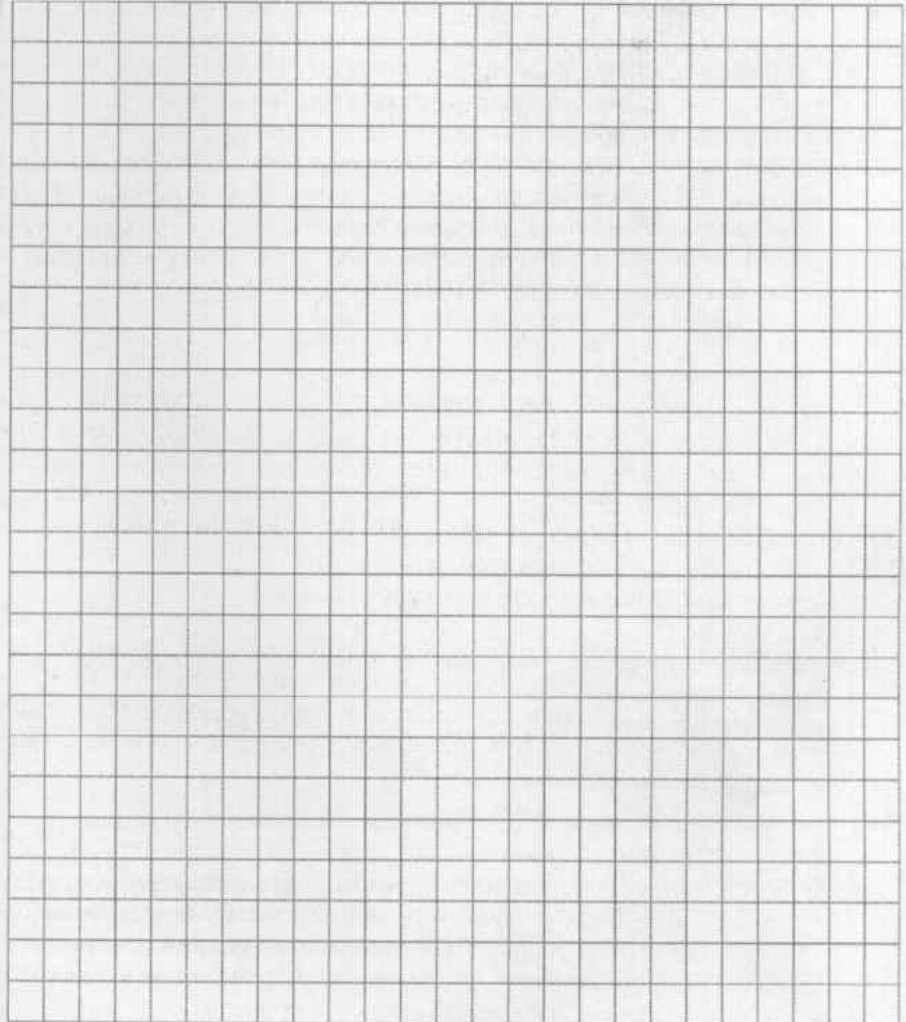
А	Б	В
3	2	3

2. Ответ: 3.

3. Резонансной частотой колебаний системы называется частота, при которой амплитуда колебаний системы достигает своего максимального значения. (Это происходит при равенстве частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы). Из графика зависимости $A(\nu)$ видно, что максимальное значение амплитуды наблюдается при $\nu_p = 1$ Гц.

Ответ: 2.

4. Ответ: 3.



День 32

1.5.5. Механические волны. Длина волны и скорость ее распространения. Звук

1. Волна частотой 3 Гц распространяется в среде со скоростью 6 м/с. Определите длину волны
1) 1 м 2) 2 м 3) 0,5 м 4) 18 м

1 2 3 4 1

2. Для экспериментального определения скорости звука ученик стал на расстоянии 30 м от стены и хлопнул в ладоши. В момент хлопка включился электронный секундомер, который выключился отраженным звуком. Время, отмеченное секундомером, — 0,18 с. Какова скорость звука, определенная учеником?
1) 167 м/с 2) 333 м/с 3) 380 м/с 4) 540 м/с

1 2 3 4 2

3. Частота колебаний струны — 500 Гц. Скорость звука в воздухе — 340 м/с. Длина звуковой волны равна
1) 68 м 2) 340 м 3) 170 м 4) 0,68 м

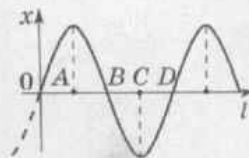
1 2 3 4 3

4. Принято считать, что среди диапазона голосов певцов и певиц женское сопрано занимает частотный интервал от $\nu_1 = 250$ до $\nu_2 = 1000$ Гц. Отношение граничных длин звуковых волн $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ этого интервала равно

1 2 3 4 4

1) 1 2) 2 3) $\frac{1}{4}$ 4) 4

5. На рисунке изображена поперечная волна, распространяющаяся по шнуру, в некоторый момент времени. Расстояние между какими точками равно длине волны?



1) OB 3) OD
2) AB 4) AD

1 2 3 4 5

6. На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Скорость звука в воздухе — 330 м/с.

1 2 3 4 6

1) 1,4 с 2) 1,2 с 3) 0,9 с 4) 0,6 с

Ответы:

Длина волны λ

Расстояние между ближайшими точками, колеблющимися в фазе.

Период колебаний T

Время одного колебания.

Частота колебаний ν

Количество колебаний в единицу времени.

Скорость волны

Скорость распространения колебаний в пространстве:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \nu\lambda.$$

Частота волны

Определяется частотой колебаний источника, а скорость волны — свойствами среды.

Скорость звука в некоторых материалах

В воздухе:

при $T = 20^\circ\text{C}$

$v = 343$ м/с,

при $T = 0^\circ\text{C}$

$v = 331$ м/с.

В металлах:

$v = 5850$ м/с.

В воде:

$v = 1435$ м/с.

1. Длина волны λ , ее скорость v и частота ν колебаний связаны соотношением $\lambda = \frac{v}{\nu}$.

Подставив численные значения соответствующих величин, получим $\lambda = 2$ м.

Ответ: 2.

2. Звуковая волна, распространенная от хлопка ученика, прошла расстояние, равное удвоенному расстоянию от ученика и секундомера до стены. Поэтому скорость звука, определенная учеником, равна

$$v = \frac{2 \cdot 30}{0,18} = 333,3.$$

Ответ: 2.

3. Длина волны λ , частота ν и скорость ее распространения v связаны соотношением

$$\lambda = \frac{v}{\nu},$$

из которого следует, что длина звуковой волны равна 0,68 м.

Ответ: 4.

4. Длина волны λ , частота ν и скорость ее распространения v связаны соотношением

$$\lambda = \frac{v}{\nu},$$

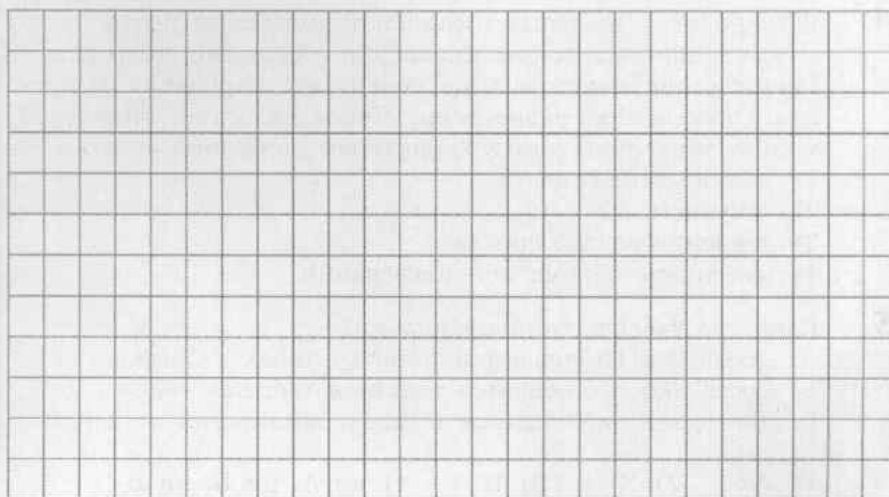
из которого следует, что

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1000}{250} = 4.$$

Ответ: 4.

5. Ответ: 3.

6. Ответ: 2.



МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

2.1. Молекулярная физика

2.1.1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел. Основные положения МКТ и явления, их обосновывающие: броуновское движение, диффузия, растворимость

1. «Частицы вещества участвуют в непрерывном тепловом хаотическом движении». Это положение молекулярно-кинетической теории строения вещества относится к
 - 1) газам и твердым телам
 - 2) твердым телам и жидкостям
 - 3) газам и жидкостям
 - 4) газам, жидкостям и твердым телам
2. Ниже приведено описание одного из явлений: «Быстро пролетают в поле зрения микроскопа мельчайшие частицы, почти мгновенно меняя направление движения. Медленнее продвигаются более крупные частицы, но и они постоянно меняют направление движения. Большие частицы практически толкутся на месте». Какое явление описано в этом тексте?
 - 1) диффузия
 - 2) броуновское движение
 - 3) теплопроводность
 - 4) конвекция
3. Наименьшая упорядоченность в расположении частиц характерна для
 - 1) газов
 - 2) жидкостей
 - 3) кристаллических тел
 - 4) аморфных тел
4. В жидкостях частицы совершают колебания возле положения равновесия, сталкиваясь с соседними частицами. Время от времени частица совершает «прыжок» к другому положению равновесия. Какое свойство жидкостей можно объяснить таким характером движения частиц?
 - 1) малую сжимаемость
 - 2) текучесть
 - 3) давление на дно сосуда
 - 4) изменение объема при нагревании
5. Какое из утверждений правильно?
 - А. Диффузия наблюдается только в газах и жидкостях
 - Б. Диффузия наблюдается только в твердых телах
 - В. Диффузия наблюдается в газах, жидкостях и твердых телах
 - 1) А
 - 2) Б
 - 3) В
 - 4) ни А, ни Б, ни В

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

Ответы:

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)

1. Вещество состоит из частиц (атомов и молекул);
2. Эти частицы беспорядочно движутся;
3. Частицы взаимодействуют друг с другом.

Броуновское движение было открыто в 1827 г. английским ботаником Р. Брауном при изучении под микроскопом цветочной пыльцы, взвешенной в воде.

Согласно МКТ в жидкости молекулы (или атомы) связаны между собой настолько, что это позволяет сохранять им свой объем, но недостаточно сильно, чтобы сохранять и форму. Поскольку расстояния между молекулами жидкости малы, то попытка уменьшить объем жидкости приводит к деформации молекул, они начинают отталкиваться друг от друга, чем и объясняется малая сжимаемость жидкости.

1. В условии задачи: «Частицы вещества участвуют в непрерывном тепловом хаотическом движении» описано второе положение МКТ, которое по самому ее определению относится к веществу в любом его состоянии, т.е. и к газам, и к жидкостям, и к твердым телам.

Ответ: 4.

2. Описанное в условии задачи явление называется броуновским движением. Броуновское движение (брауновское движение) определяется как беспорядочное движение малых частиц, взвешенных в жидкости или газе, происходящее под действием ударов молекул окружающей среды. Открытие броуновского движения имело большое значение для изучения строения вещества. Оно показало, что тела действительно состоят из отдельных частиц (молекул) и что молекулы находятся в непрерывном беспорядочном движении. Оно является одним из обоснований МКТ.

Ответ: 2.

3. Согласно моделям строения вещества в разных агрегатных состояниях (газы, жидкости, твердые тела) в МКТ наименьшая упорядоченность характерна для газов. Газ — это агрегатное состояние вещества, в котором составляющие его *атомы* и *молекулы* почти свободно и хаотически движутся в промежутках между столкновениями. Расстояние между молекулами намного больше размеров самих молекул. Жидкость — вещество в состоянии, промежуточном между *твердым* и *газообразным*. Твердое тело — агрегатное состояние вещества, характеризующееся постоянством формы и характером движения атомов, которые совершают малые колебания около положений равновесия.

Ответ: 2.

4. При описанном в условии задачи характере движения частиц жидкости последние перескакивают из одного «оседлого положения» в другое («прыжок» к другому положению равновесия). Эти перескоки происходят по всем направлениям с одинаковой частотой. Внешняя сила не меняет заметным образом число перескоков в секунду, она лишь задает преимущественное направление перескоков, чем и объясняется текучесть жидкости и то, что она принимает форму сосуда.

Давление на дно сосуда (гидростатическое давление) зависит от плотности жидкости, глубины (или высоты столба жидкости) на которой оно определяется, и ускорения свободного падения.

Изменения же объема при нагревании связано с увеличением среднего расстояния между молекулами.

Ответ: 2.

5. Ответ: 3.

День 34

2.1.2. Основное уравнение МКТ

1. Как изменится давление идеального одноатомного газа при увеличении средней кинетической энергии теплового движения его молекул в 2 раза и уменьшении концентрации молекул в 2 раза?

1) увеличится в 4 раза 3) уменьшится в 4 раза
2) увеличится в 2 раза 4) не изменится

1 2 3 4 1

2. При неизменной абсолютной температуре концентрация молекул идеального газа была увеличена в 4 раза. При этом давление газа

1) увеличилось в 4 раза 3) уменьшилось в 4 раза
2) увеличилось в 2 раза 4) не изменилось

1 2 3 4 2

3. Как изменится давление разреженного газа, если среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул газа уменьшить в 2 раза и концентрацию молекул газа уменьшить в 2 раза?

1) не изменится 3) увеличится в 4 раза
2) уменьшится в 2 раза 4) уменьшится в 4 раза

1 2 3 4 3

4. При постоянном давлении концентрация молекул газа увеличилась в 5 раз, а его масса не изменилась. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа

1) не изменилась 3) увеличилась в 5 раз
2) уменьшилась в 5 раз 4) увеличилась в 5 раз

1 2 3 4 4

5. Концентрацию молекул одноатомного идеального газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза увеличили среднюю энергию хаотичного движения молекул газа. В результате этого давление газа в сосуде

1) снизилось в 5 раз 3) снизилось в $\frac{5}{2}$ раз
2) возросло в 2 раза 4) снизилось в $\frac{5}{4}$ раз

1 2 3 4 5

Ответы:

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

$$P = nk_B T.$$

Уравнение состояния идеального газа

Из этого уравнения можно получить уравнение состояния идеального газа. Достаточно умножить его на объем V газа и учесть, что полное число молекул равно $N = nV$:

$$PV = nVk_B T = Nk_B T.$$

Полное число молекул можно также выразить через количество вещества $\nu = \frac{m}{M}$ (в молях) и число молекул в одном моле N_A :

$$N = N_A \nu = N_A \cdot \frac{m}{M}.$$

Отсюда получаем:

$$PV = \frac{m}{M} N_A k_B T.$$

1. Из основного уравнения МКТ $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$ следует, что давление p идеального газа пропорционально средней кинетической энергии его молекул E_k , а также их концентрации n . Отсюда следует, что давление останется неизменным.

Ответ: 4.

2. Из основного уравнения МКТ $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k = nkT$ следует, что давление p идеального газа пропорционально их концентрации n и температуре. Поскольку абсолютная температура T не менялась, то давление газа увеличилось в 4 раза, как и его концентрация.

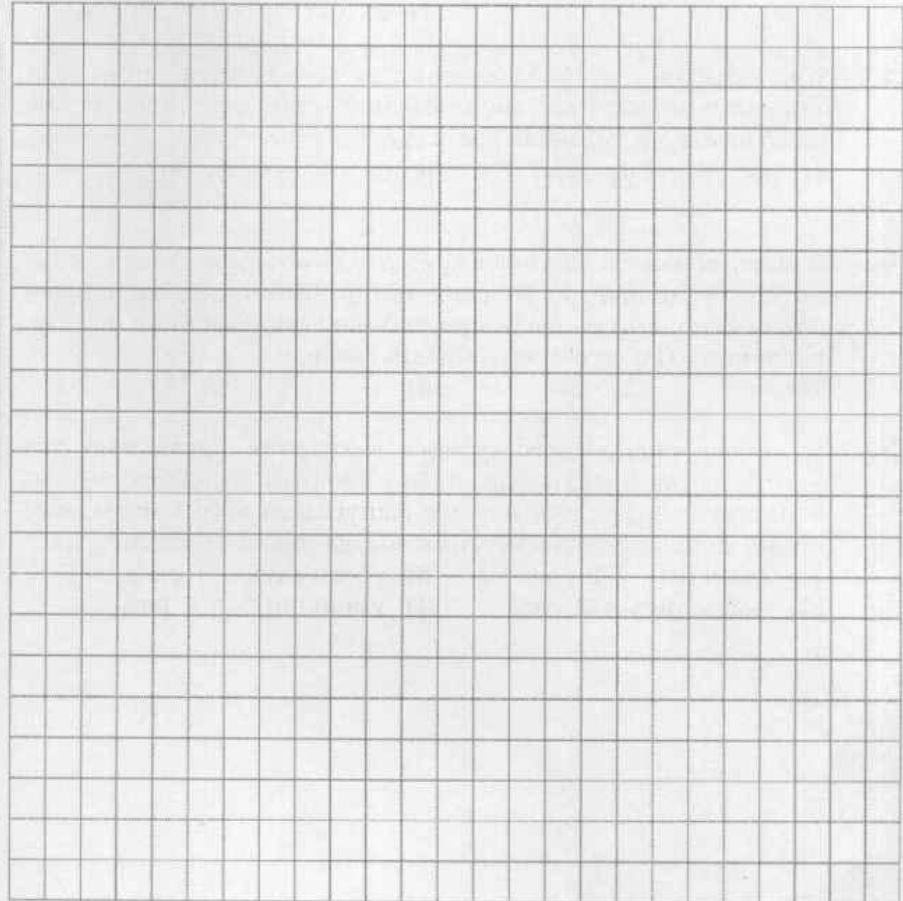
Ответ: 1.

3. Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 3.

6. Ответ: 1.



День 35

2.1.3. Уравнение Менделеева — Клапейрона

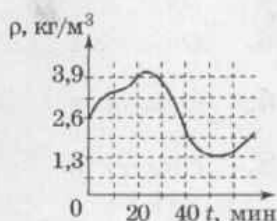
1. При выполнении опыта по исследованию уравнения состояния учитель опустил сосуд в горячую воду. При этом температура воздуха в сосуде увеличилась в 1,21 раза, а давление выросло в 1,10 раза. Для объяснения этого результата ученики решили, что масса воздуха в сосуде уменьшилась из-за утечки в

- 1) 1,10 раза 3) 1,31 раза
2) 1,21 раза 4) 1,33 раза

1 2 3 4 1

2. Плотность идеального газа меняется с течением времени так, как показано на рисунке. При этом температура газа постоянная. Во сколько раз давление газа при максимальной плотности больше, чем при минимальной?

- 1) 0,3 3) 3
2) 1,5 4) 9



1 2 3 4 2

3. При температуре T_0 и давлении p_0 1 моль идеального газа занимает объем V_0 . Каков объем 2 моль газа при том же давлении p_0 и температуре $2T_0$?

- 1) $4V_0$ 2) $2V_0$ 3) V_0 4) $8V_0$

1 2 3 4 3

4. 3 моль водорода находятся в сосуде объемом V при комнатной температуре и давлении p . Каким должен быть объем 3 моль кислорода при той же температуре и том же давлении? (Газы считать идеальными.)

- 1) $16V$ 2) $8V$ 3) $4V$ 4) V

1 2 3 4 4

5. В сосуде неизменного объема находится идеальный газ в количестве 2 моль. Как надо изменить абсолютную температуру сосуда с газом после выпуска из него 1 моль газа, чтобы давление газа на стенки сосуда увеличилось в 2 раза?

- 1) увеличить в 2 раза 3) увеличить в 4 раза
2) уменьшить в 2 раза 4) уменьшить в 4 раза

1 2 3 4 5

Ответы:

Уравнение
Менделеева — Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M}RT.$$

Величина R — это универсальная газовая постоянная, значение которой не зависит от природы вещества:

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$

1. Изменения массы воздуха $\frac{m_1}{m_2}$ определяют по уравнению Менделеева — Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M}RT.$$

Составив уравнения для параметров p , V , T до и после опыта, разделив одно на другое с учетом того, что объем газа и его молярная масса не меняются, получим

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{1,21}{1,1} = 1,1.$$

Ответ: 1.

2. Зависимость давления p идеального газа от температуры T и плотности $\rho = \frac{m}{V}$ при постоянной температуре находим из уравнения состояния идеального газа

$$pV = \frac{m}{M}RT \rightarrow p = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}. \quad (1)$$

Из рисунка видно, что отношение максимальной плотности к минимальной равно: $\frac{3,9}{1,3} = 3$. Поскольку температура не менялась, то из формулы (1) следует, что отношение давлений при максимальной и минимальной плотностях также равно 3.

Ответ: 3.

3. Запишем уравнение состояния идеального газа $pV = \nu RT$, где $\nu = \frac{m}{M}$ — число молей, для двух состояний идеального газа: T_0, p_0, V_0, ν_0 и T_1, p_1, V_1 и, разделив одно на другое, найдем выражение для искомого объема V :

$$V_1 = \frac{p_0 V_0 \nu_1 T_1}{p_1 \nu_0 T_0}.$$

Заменив T_1, p_1, ν_1 на значения, приведенные в условии задачи, получим $V_1 = 4V_0$.

Ответ: 1.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 3.

День 36

2.1.4. Теория МКТ.

Уравнение Менделеева — Клапейрона

1. При температуре 240 К и давлении $1,66 \cdot 10^5$ Па плотность газа равна 2 кг/м^3 . Какова молярная масса этого газа?
1) $3,6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль 3) $24 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
2) 230 кг/моль 4) $0,24 \cdot 10^5$ кг/моль
2. В стеклянный сосуд закачивали воздух, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, а давление возросло в 3 раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?
1) в 2 раза 3) в 6 раз
2) в 3 раза 4) в 1,5 раза
3. Атмосфера Венеры состоит в основном из двуокиси углерода с молярной массой $M_B = 44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, имеет температуру (у поверхности) около 700 К и давление 90 земных атмосфер. Для атмосферы Земли температура у поверхности близка к 300 К. Каково отношение плотностей атмосфер у поверхностей Венеры и Земли? Ответ округлите до целых.
4. Во время опыта стали нагревать воздух в сосуде постоянного объема. При этом температура воздуха в сосуде повысилась в 3 раза, а давление возросло в 2 раза. Оказалось, что кран у сосуда был закрыт плохо и через него просачивался воздух. Во сколько раз изменилась масса воздуха в сосуде?
1) увеличилась в 6 раз 3) увеличилась в 1,5 раза
2) уменьшилась в 6 раз 4) уменьшилась в 1,5 раза
5. В баллоне объемом $16,6 \text{ м}^3$ находятся 20 кг азота при температуре 300 К. Каково давление этого газа? Ответ выразите в килопаскалях и округлите до целых.
6. В газах при нормальных условиях среднее расстояние между молекулами
1) примерно равно диаметру молекулы
2) меньше диаметра молекулы
3) примерно в 10 раз больше диаметра молекулы
4) зависит от температуры газа

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

3

1 2 3 4 4

5

1 2 3 4 6

Ответы:

1. Из уравнения состояния идеального газа $pV = \frac{m}{M}RT$ выразим молярную массу M через плотность ρ :

$$M = \frac{\rho RT}{p}.$$

Подставив численные значения параметров, указанных в задаче, получим

$$M = 24 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

Ответ: 3.

2. Отношение масс газа находим из уравнений состояния идеального газа, составленных для начальных и конечных значений параметров процесса:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} = 2 \cdot 3 = 6.$$

Ответ: 3.

3. Выразим из уравнения состояния идеального газа плотность:

$$pV = \frac{m}{M}RT \rightarrow p = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}, \quad (1)$$

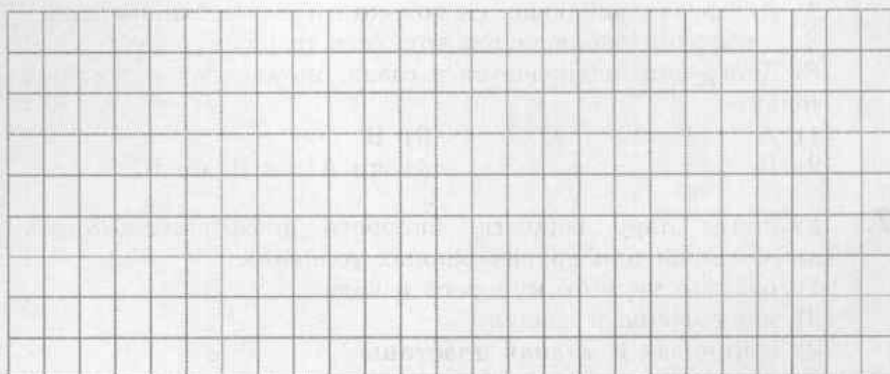
$$\rho = \frac{pM}{RT}. \quad (2)$$

Взяв отношение правых и левых частей уравнения (2), составленных для параметров Венеры и Земли, получим:

$$\rho = \frac{p_B}{p_3} \cdot \frac{T_3}{T_B} \cdot \frac{M_B}{M_3} = 59.$$

Ответ: 59.

4. Ответ: 4.
5. Ответ: 107.
6. Ответ: 3.



День 37

2.1.5. Уравнение Менделеева — Клапейрона. Диффузия

1. В сосуде неизменного объема находится идеальный газ в количестве 1 моль. Как надо изменить абсолютную температуру сосуда с газом, чтобы после добавления в сосуд еще 1 моль газа давление газа на стенки сосуда уменьшилось в 2 раза?

- 1) увеличить в 2 раза 3) увеличить в 4 раза
2) уменьшить в 2 раза 4) уменьшить в 4 раза

1 2 3 4 1

2. В баллоне объемом $1,66 \text{ м}^3$ находится 2 кг азота при давлении 10^5 Па . Какова температура этого газа?

- 1) 280°C 2) 140°C 3) 7°C 4) -13°C

1 2 3 4 2

3. В баллоне объемом $1,66 \text{ м}^3$ находится 2 кг газа при давлении 10^5 Па и температуре 47°C . Какова молярная масса газа? Ответ выразите в г/моль.

1 2 3 4 3

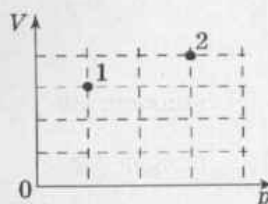
4. Давление 1 моль водорода в сосуде при температуре T равно p . Каково давление 3 моль водорода в том же сосуде при температуре $2T$? (Водород считать идеальным газом).

- 1) $\frac{2}{3}p$ 2) $\frac{3}{2}p$ 3) $\frac{1}{6}p$ 4) $6p$

1 2 3 4 4

5. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Как изменится температура газа, если он перейдет из состояния 1 в состояние 2?

- 1) $T_2 = 4T_1$
2) $T_2 = 14T_1$
3) $T_2 = 43T_1$
4) $T_2 = 34T_1$



1 2 3 4 5

6. Какое из утверждений правильно?

- А. Диффузия наблюдается только в газах и жидкостях.
Б. Диффузия наблюдается только в твердых телах.
В. Диффузия наблюдается в газах, жидкостях и твердых телах.

- 1) А 3) В
2) Б 4) ни А, ни Б, ни В

1 2 3 4 6

7. Укажите пару веществ, скорость диффузии которых наименьшая при других равных условиях

- 1) раствор медного купороса и вода
2) пары эфира и воздух
3) свинцовая и медная пластины
4) вода и спирт

1 2 3 4 7

Ответы:

1. Запишем уравнение состояния идеального газа $pV = \nu RT$, где $\nu = \frac{m}{M}$ — число молей, для двух состояний идеального газа T_0, p_0, V_0, ν_0 и T_1, p_1, V_1 и, разделив одно на другое, найдем выражение для искомого отношения температур (учитывая, что объем не меняется):

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{p_1 \nu_0}{p_0 \nu_1} = \frac{p_0 \nu_0}{2p_0 2\nu_0} = \frac{1}{4}.$$

Ответ: 4.

2. Температура газа находится непосредственно из уравнения состояния идеального газа

$$pV = \frac{m}{M} RT,$$
$$T = \frac{pVM}{mR} = \frac{10^5 \cdot 1,66 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 280 \text{ К} = 7^\circ\text{C}.$$

Ответ: 3.

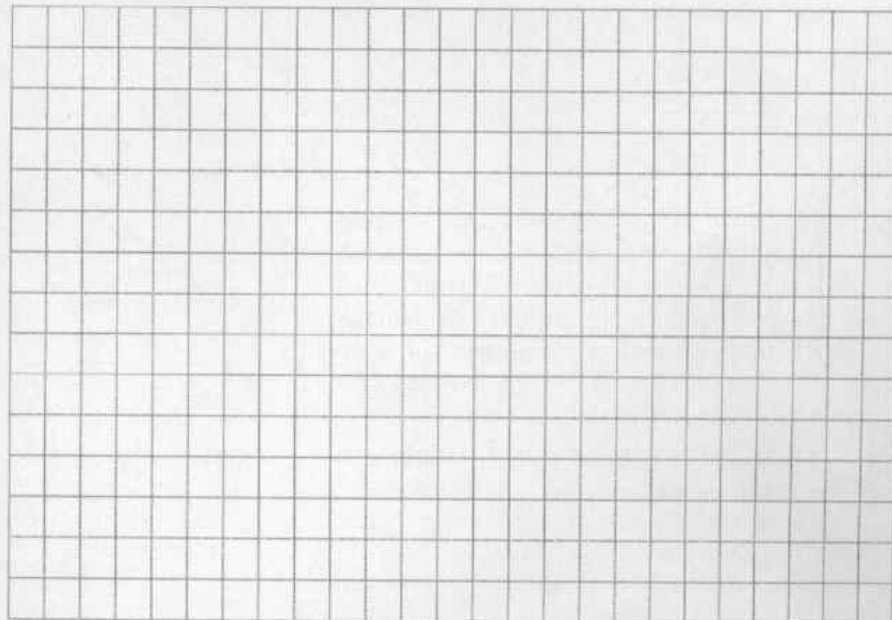
3. Ответ: 32.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 1.

6. Ответ: 3.

7. Ответ: 3.



2.1.6. Изопроцессы. Изотермический процесс

1. При постоянной температуре объем данной массы идеального газа возрос в 4 раза. При этом давление газа:
 1) увеличилось в 2 раза 3) уменьшилось в 2 раза
 2) увеличилось в 4 раза 4) уменьшилось в 4 раза

1 2 3 4 1

2. С идеальным газом происходит изотермический процесс, в котором в результате уменьшения объема газа на 150 дм^3 , давление газа возросло в 2 раза. Каким был первоначальный объем газа (в дм^3)?

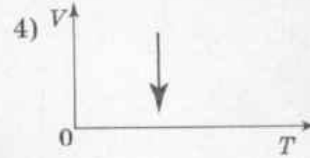
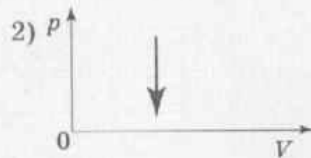
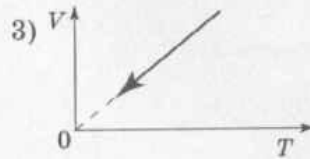
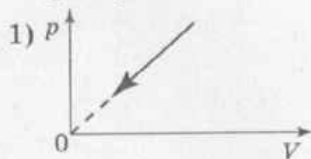
2

3. Идеальный газ изотермически сжали из состояния с объемом 6 л так, что давление газа изменилось в $n = 3$ раза. На сколько уменьшился объем газа в этом процессе? Ответ выразите в литрах.

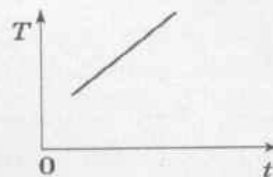
3

4. Пробирку держат вертикально и открытым концом медленно погружают в стакан с водой. Высота столбика воздуха в пробирке уменьшается. Какой из графиков правильно описывает процесс, происходящий с воздухом в пробирке?

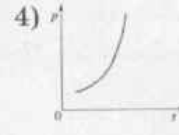
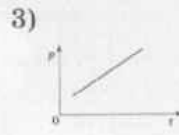
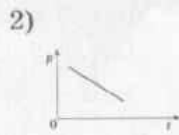
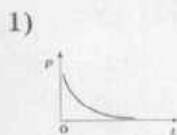
1 2 3 4 4



5. Герметично закрытый сосуд с газом нагревают. Температура газа в сосуде растет со временем (рисунок). Какой график правильно показывает зависимость давления газа в сосуде от времени? Объем сосуда считать постоянным.



1 2 3 4 5



Ответы:

Изопроцессы

Процессы, происходящие при постоянном значении одного из параметров состояния (T, P, V) при фиксированной массе газа. Если количество вещества не изменяется

$$\left(\frac{m}{M} = \text{const}\right),$$

$$\text{то } \frac{PV}{T} = \frac{m}{M}R = \text{const.}$$

Уравнение Клапейрона

В различных термодинамических состояниях отношение $\frac{PV}{T}$ будет одинаковым:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}.$$

Изотермический процесс

Процесс, который происходит при постоянной температуре.

Закон Бойля - Мариотта

$$PV = \text{const}$$

1. При постоянной температуре (изотермический процесс) объем данной массы идеального газа согласно закону Бойля — Мариотта ($pV = \text{const}$ при $T = \text{const}$) обратно пропорционален его давлению. Следовательно, увеличение объема газа в 4 раза вызывает уменьшение его объема во столько же раз.

Ответ: 4.

2. При изотермическом процессе давление и объем идеального газа в двух его состояниях связаны соотношением

$$p_1V_1 = p_2V_2. \quad (1)$$

Согласно условию задачи

$$V_2 = V_1 - \Delta V, \quad (2)$$

где $\Delta V = 150 \text{ дм}^3$, а

$$p_2 = 2 p_1. \quad (3)$$

Подставляя уравнения (2) и (3) в (1), находим искомый первоначальный объем

$$V_1 = 2\Delta V = 300 \text{ дм}^3.$$

Ответ: 300.

3. Задачу решаем, используя закон Бойля — Мариотта ($pV = \text{const}$ при $T = \text{const}$):

$$p_1V_1 = p_2V_2;$$

$$V_2 = \frac{p_1}{p_2}V_1 = 2 \text{ л};$$

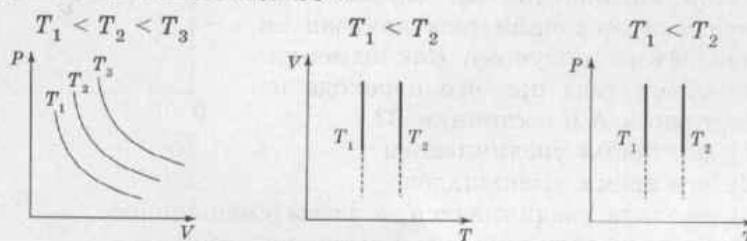
$$\Delta V = 6 - 2 = 4 \text{ л}.$$

Ответ: 4.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 3.

Изотерма — график зависимостей термодинамических величин при постоянной температуре.

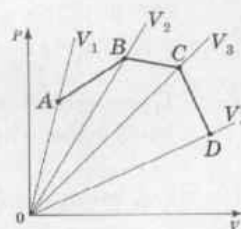


Внимание! Поскольку абсолютный нуль температуры недостижим, графики тепловых процессов не должны доходить до значения $T = 0 \text{ К}$. Поэтому вблизи значений $T = 0$, $V = 0$ и $P = 0$ эти графики изображаются пунктирной линией.

День 39

2.1.7. Изопроцессы. Изохорический процесс

1. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. График зависимости давления газа от температуры при изменении его состояния показан на рисунке. Какому состоянию газа соответствует наименьшее значение объема?



- 1) A 2) B 3) C 4) D

1 2 3 4 1

2. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится идеальный газ, давление которого $4 \cdot 10^5$ Па и температура 300 К. Как надо изменить объем газа, не меняя его температуру, чтобы давление увеличилось до $0,8 \cdot 10^6$ Па?

- 1) увеличить в 2 раза 3) уменьшить в 2 раза
2) увеличить в 4 раза 4) уменьшить в 4 раза

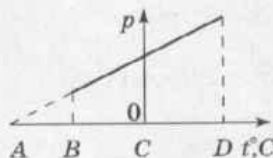
1 2 3 4 2

3. В закрытом сосуде абсолютная температура идеального газа уменьшилась в 3 раза. При этом давление газа на стенки сосуда

- 1) увеличится в 9 раз 3) уменьшится в 3 раза
2) уменьшится в $\sqrt{3}$ раза 4) не изменится

1 2 3 4 3

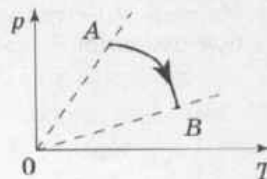
4. На рисунке изображен график зависимости давления некоторой массы идеального газа от температуры при постоянном объеме. Какая точка на горизонтальной оси соответствует абсолютному нулю температуры?



- 1) A 3) C
2) B 4) на графике нет соответствующей точки

1 2 3 4 4

5. В сосуде, закрытом поршнем, находится идеальный газ. Процесс изменения состояния газа показан на диаграмме (рисунок). Как изменялся объем газа при его переходе из состояния A в состояние B?



- 1) все время увеличивался
2) все время уменьшался
3) сначала увеличивался, а затем уменьшался
4) сначала уменьшался, а затем увеличивался

1 2 3 4 5

Ответы:

Изохорический процесс
Процесс, который происходит при постоянном объеме.

Закон Шарля

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

1. Для решения задачи достаточно соединить начало координат с точками A , B , C и D . Полученные линии OA – OD представляют собой графики изохорических процессов, протекающих при постоянных объемах, таких, что $V_1 < V_2 \dots < V_4$ (см. рисунок).

Ответ: 1.

2. Объем и давление идеального газа при постоянной температуре меняются по закону Бойля — Мариотта

$$p_1 V_1 = p_2 V_2,$$

из которого следует, что начальный объем необходимо уменьшить в два раза:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{4 \cdot 10^5}{0,8 \cdot 10^6} = \frac{1}{2}.$$

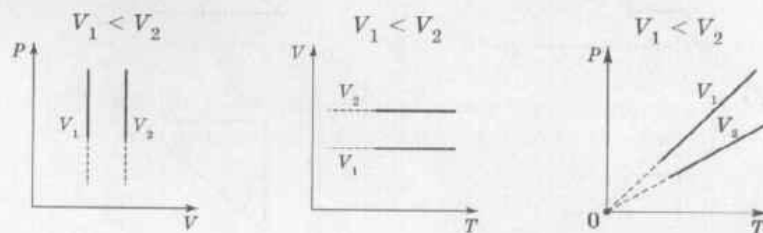
Ответ: 3.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 2.

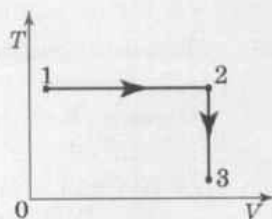
Изохора — график зависимостей термодинамических величин при постоянном объеме.



День 40

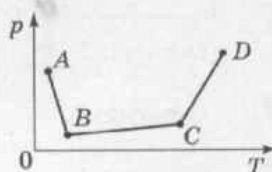
2.1.8. Изопроцессы. Изотермический, изохорный, изобарный. Графики изотермических процессов

1. Постоянная масса идеального газа участвует в процессе, показанном на рисунке. Наибольшее давление газа в процессе достигается
- 1) в точке 1
 - 2) на всем отрезке 1 — 2
 - 3) в точке 3
 - 4) на всем отрезке 2 — 3



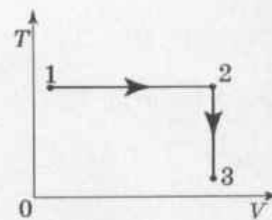
1 2 3 4 1

2. В сосуде находится идеальный газ, массу которого изменяют. На диаграмме (рисунок) показан процесс изохорного изменения состояния газа. В какой из точек диаграммы масса газа наибольшая?
- 1) A
 - 2) B
 - 3) C
 - 4) D



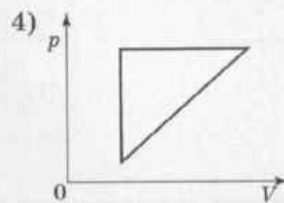
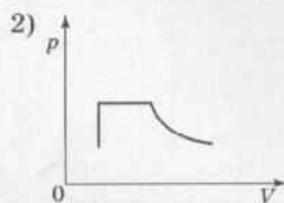
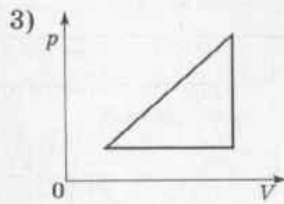
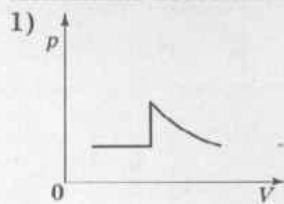
1 2 3 4 2

3. Постоянная масса идеального газа участвует в процессе, показанном на рисунке. Наименьшее давление газа в процессе достигается
- 1) в точке 1
 - 2) на всем отрезке 1 — 2
 - 3) в точке 3
 - 4) на всем отрезке 2 — 3



1 2 3 4 3

4. Идеальный газ сначала нагревался при постоянном давлении, потом его давление увеличивалось при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшилось до первоначального значения. Какой из графиков в координатных осях p — V соответствует этим изменениям состояния газа?



1 2 3 4 4

Ответы:

Изобарический процесс
Процесс, который происходит при постоянном давлении.

Закон Гей-Люссака

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

1. Переход из состояния 1 в состояние 2 осуществляется при постоянной температуре T и увеличении объема V , следовательно, согласно закону Бойля — Мариотта ($pV = \text{const}$ при $T = \text{const}$) давление p в точке 2 меньше, чем в точке 1. Переход 2 → 3 происходит при постоянном объеме, т.е. согласно закону Шарля ($\frac{p}{T} = \text{const}$ при $V = \text{const}$) $p_3 < p_2$. Таким образом, давление в точке 1 — максимальное.

Ответ: 1.

2. Используя уравнение состояния идеального газа $pV = \frac{m}{M}RT$ для данного процесса, можно записать $\frac{p}{T} = \text{const}$, откуда следует, что в точке А масса наибольшая, поскольку этой точке соответствует максимальное отношение $\frac{p}{T}$ (см. диаграмму).

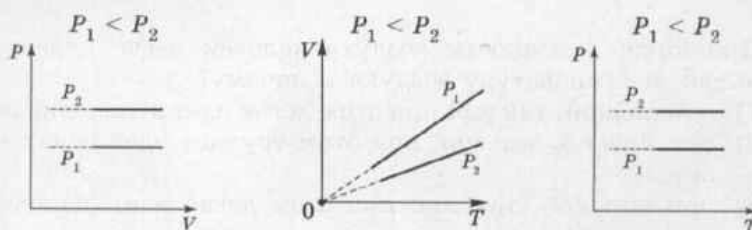
Ответ: 1.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 3.

Изобара — график зависимостей термодинамических величин при постоянном давлении.



День 41

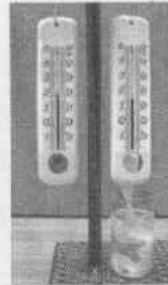
2.1.9. Насыщенные и ненасыщенные пары. Парциальное давление водяного пара. Влажность воздуха

1. Парциальное давление водяного пара в воздухе при 20°C равно 0,466 кПа, давление насыщенных водяных паров при этой температуре — 2,33 кПа. Относительная влажность воздуха равна

1 2 3 4 1

- 1) 10 % 2) 20 %
3) 30 % 4) 40 %

2. Показания двух термометров, используемых для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы, в которой влажность указана в процентах, таковы: сухого термометра — 23°C, влажного — 16°C.



1 2 3 4 2

Психрометрическая таблица

$t_{\text{сух. терм}}$	Разность показаний сухого и влажного термометров								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44

Относительная влажность воздуха в помещении, в котором проводилась съемка, равна

- 1) 37 % 2) 45 % 3) 48 % 4) 59 %

3. При какой влажности воздуха человек легче переносит высокую температуру воздуха и почему?

1 2 3 4 3

- 1) при низкой, так как при этом легче идет испарение пота
2) при низкой, так как при этом труднее идет испарение пота
3) при высокой, так как при этом легче идет испарение пота
4) при высокой, так как при этом труднее идет испарение пота

Ответы:

Насыщенный пар

Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью. Давление $P_{\text{нас}}$ насыщенного пара зависит только от температуры.

Ненасыщенный пар

Пар, находящийся при давлении ниже давления насыщенного пара: $P < P_{\text{нас}}$.

Точка росы

Температура, при которой водяной пар становится насыщенным.

Для каждого вещества существует критическая температура $T_{\text{кр}}$, при которой исчезают различия между жидкостью и ее насыщенным паром.

1. Абсолютная влажность — это количество граммов водяного пара, содержащееся в 1 м^3 воздуха при данных условиях, т.е. плотность водяного пара ρ , выраженная в г/м^3 . Относительная влажность воздуха φ — это отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности ρ_0 насыщенного пара при той же температуре. Относительную влажность выражают в процентах:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100 \% \quad (1)$$

Так как концентрация пара связана с давлением: $p_0 = nkT$, то относительную влажность можно найти как процентное отношение парциального давления p пара в воздухе и давления p_0 насыщенного пара при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100 \% \quad (2)$$

Под парциальным давлением понимают давление водяного пара, которое он производил бы, если бы все другие газы в атмосферном воздухе отсутствовали.

Воспользовавшись формулой (2), находим

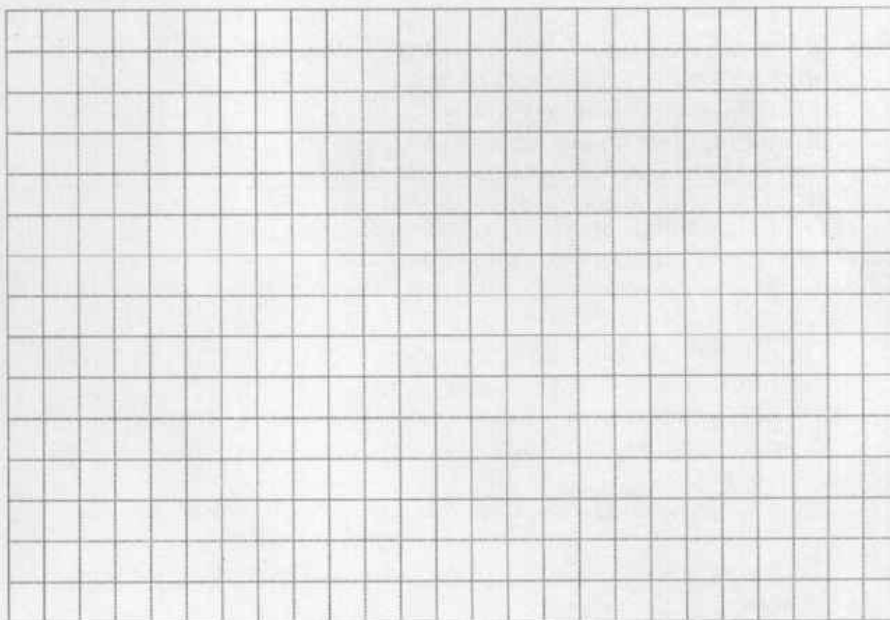
$$\varphi = \frac{0,466}{2,33} \cdot 100 \% = 20 \%.$$

Ответ: 2.

2. Находим разность показаний сухого и влажного термометров: $23^\circ\text{C} - 16^\circ\text{C} = 7^\circ\text{C}$. Далее, воспользовавшись психрометрической таблицей, находим относительную влажность воздуха: 48%.

Ответ: 3.

3. Ответ: 1.



День 43

2.1.11. Испарение и конденсация. Кипение жидкости

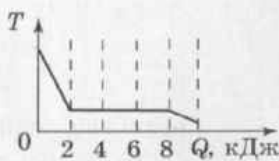
1. При одинаковой температуре 100°C давление насыщенных паров воды равно 10^5 Па, аммиака — $59 \cdot 10^5$ Па и ртути — 37 Па. В каком из вариантов ответа эти вещества расположены в порядке убывания температуры их кипения в открытом сосуде?

- 1) вода → аммиак → ртуть
- 2) аммиак → ртуть → вода
- 3) ртуть → вода → аммиак
- 4) вода → ртуть → аммиак

1 2 3 4 1

2. Зависимость температуры $0,2$ кг первоначально газообразного вещества от количества выделенной им теплоты показана на рисунке. Какова удельная теплота парообразования этого вещества?

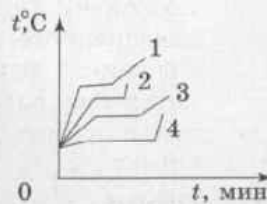
- 1) 40 кДж/кг
- 2) 30 кДж/кг
- 3) $1,6$ кДж/кг
- 4) $1,2$ кДж/кг



1 2 3 4 2

3. На рисунке показаны графики изменения со временем температуры четырех веществ. В начале нагревания все эти вещества находились в жидком состоянии. Какое из веществ имеет наибольшую температуру кипения?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



1 2 3 4 3

4. С поверхности воды в сосуде происходит испарение при отсутствии теплообмена с внешними телами. Как в результате этого процесса изменяется внутренняя энергия испарившейся и оставшейся воды?

- 1) испарившейся воды — увеличивается, оставшейся воды — уменьшается
- 2) испарившейся воды — уменьшается, оставшейся воды — увеличивается
- 3) испарившейся воды — увеличивается, оставшейся воды — не изменяется
- 4) испарившейся воды — уменьшается, оставшейся воды — не изменяется

1 2 3 4 4

Ответы:

Переход газа в жидкость называется *конденсацией*, а обратный переход жидкости в газ — *испарением*. Для испарения жидкости ей необходимо передать некоторое количество тепла.

Удельная теплота парообразования L

Физическая величина, равная количеству теплоты, необходимому для превращения 1 кг жидкости в пар (или пара в жидкость) при постоянной температуре, равной температуре кипения:

$$\begin{aligned} Q_{\text{парообр}} &= \\ &= Lm, \quad Q_{\text{конденс}} = \\ &= -Lm. \end{aligned}$$

Удельная теплота парообразования r

Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты Q необходимо, чтобы обратить жидкость массой 1 кг в пар без изменения температуры

$$r = \frac{Q}{m}.$$

1. Каждая жидкость имеет свою температуру кипения, которая зависит от давления насыщенного пара. Чем выше давление насыщенного пара, тем ниже температура кипения соответствующей жидкости, так как при меньших температурах давление насыщенного пара равно атмосферному.

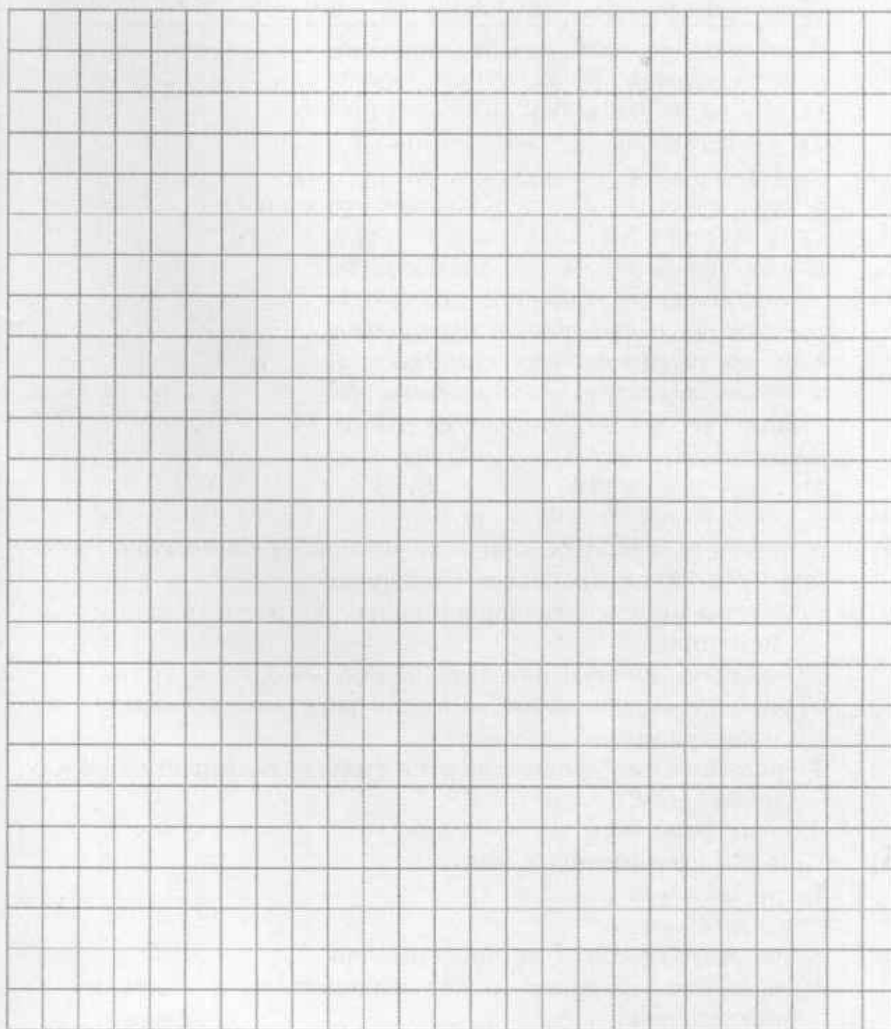
Ответ: 3.

2. Из рисунка находим количество выделенной газом теплоты при конденсации. Это плато на зависимости $T(Q)$, указывающее на фазовый переход «газ-жидкость»: $Q = 6$ кДж. Разделив это значение на $m = 0,2$ кг, находим $r = 30$ кДж/кг.

Ответ: 2.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 1.



День 44

2.1.12. Плавление и кристаллизация

1. Как изменяется внутренняя энергия кристаллического вещества в процессе его плавления?

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) для одних кристаллических веществ увеличивается, для других — уменьшается

1 2 3 4 1

2. Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, °C	95	88	81	80	80	80	77	72

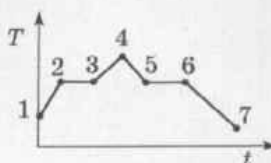
В стакане через 7 мин после начала измерений находилось вещество:

- 1) и в жидком, и в твердом состояниях
- 2) только в твердом состоянии
- 3) только в жидком состоянии
- 4) и в жидком, и в газообразном состояниях

1 2 3 4 2

3. В начальный момент времени вещество находилось в кристаллическом состоянии. На рисунке показан график зависимости его температуры T от времени t . Какая из точек соответствует окончанию процесса отвердевания?

- 1) 5
- 2) 6
- 3) 3
- 4) 7



1 2 3 4 3

4. В процессе перехода вещества из кристаллического состояния в жидкое происходит следующее:

- 1) уменьшается упорядоченность в расположении его молекул
- 2) молекулы перестают притягиваться друг к другу
- 3) существенно увеличивается расстояние между его молекулами
- 4) существенно увеличиваются силы отталкивания между молекулами

1 2 3 4 4

5. При замерзании воды энергия

- 1) выделяется
- 2) поглощается
- 3) не выделяется и не поглощается
- 4) в одних условиях может выделяться, а в других — поглощаться

1 2 3 4 5

**Удельная теплота
плавления λ**

Физическая величина, которая равна количеству теплоты, необходимому для превращения 1 кг твердого вещества в жидкость (или жидкости в твердое вещество) при постоянной температуре, равной температуре плавления:

$$Q_{\text{пл}} = \lambda m, \quad Q_{\text{кристал}} = -\lambda m.$$

1. Внутренняя энергия тела в процессе плавления не меняется, поскольку температура тела остается постоянной. Вся энергия, получаемая веществом, тратится на разрушение кристаллической решетки: упорядоченное пространственное расположение молекул сменяется неупорядоченным, меняется расстояние между молекулами, т. е. происходит перестройка молекул таким образом, что вещество становится жидким.

Ответ: 3.

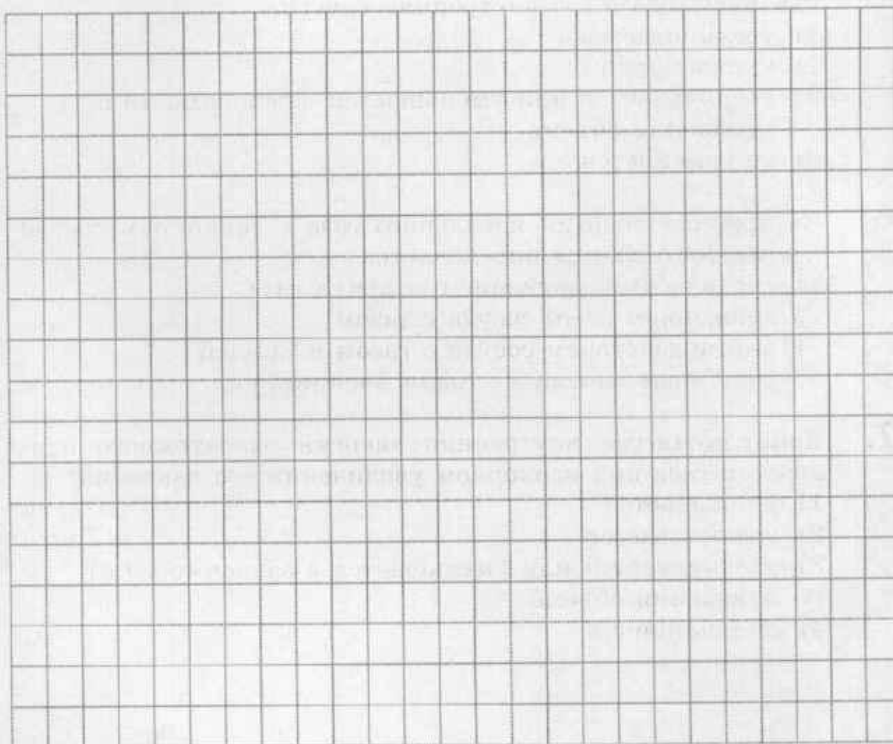
2. Из результатов, приведенных в таблице, видно, что в интервале времени от 6 до 10 мин температура жидкости не менялась. (За пределами этого интервала она меняется). Это говорит о том, что при температуре 80°C происходит кристаллизация — превращение жидкости в твердое тело. До тех пор пока этот процесс не закончится полностью, в охлаждаемой жидкости будут присутствовать две фазы — жидкая и твердая.

Ответ: 1.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 1.

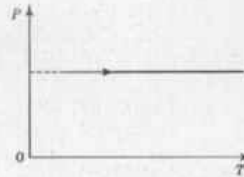


День 45

2.2. Термодинамика

2.2.1. Внутренняя энергия

1. Внутренняя энергия идеального газа в процессе, изображенном на рисунке
- 1) не изменяется
 - 2) увеличивается
 - 3) уменьшается
 - 4) равна нулю



2. Объем постоянной массы идеального одноатомного газа увеличился при постоянном давлении $5 \cdot 10^5$ Па на $0,03$ м³. Насколько увеличилась внутренняя энергия газа? Ответ выразите в кДж.

3. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде объемом $0,6$ м³ под давлением $2 \cdot 10^3$ Па. Определите внутреннюю энергию этого газа в кДж.

4. Внутренняя энергия монеты увеличивается, если ее
- 1) нагреть
 - 2) заставить двигаться с большей скоростью
 - 3) поднять над поверхностью Земли
 - 4) опустить в воду той же температуры

5. При изотермическом увеличении давления одного моля идеального газа его внутренняя энергия
- 1) увеличивается
 - 2) уменьшается
 - 3) увеличивается или уменьшается в зависимости от изменения объема
 - 4) не изменяется

6. Внутренняя энергия идеального газа в запаянном сосуде постоянного объема определяется
- 1) хаотическим движением молекул газа
 - 2) движением всего сосуда с газом
 - 3) взаимодействием сосуда с газом и Землей
 - 4) действием на сосуд с газом внешних сил

7. Как изменяется внутренняя энергия одноатомного идеального газа при изохорном увеличении его давления?
- 1) уменьшается
 - 2) увеличивается
 - 3) увеличивается или уменьшается в зависимости от изменения объема
 - 4) не изменяется

1 2 3 4 1

2

3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

1 2 3 4 7

Ответы:

Внутренняя энергия

Сумма кинетических энергий теплового хаотического движения молекул и потенциальных энергий их взаимодействия.

Внутреннюю энергию газа можно изменить, если совершить над газом работу — например сжать его:

$$\Delta U_{\text{вн}} = A.$$

1. Внутренняя энергия идеального газа

$$U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot RT,$$

где i — число степеней свободы атомов (молекул) газа. Из рисунка видно, что T растет, следовательно, внутренняя энергия увеличивается.

Ответ: 2.

2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot RT = \frac{3}{2} pV.$$

Соответственно

$$\Delta U = \frac{3}{2} p \Delta V = 1,5 \cdot 5 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,03 \text{ м}^3 = 22,5 \text{ кДж}.$$

Ответ: 22,5.

3. $U = \frac{3}{2} pV = 1,8 \text{ кДж}.$

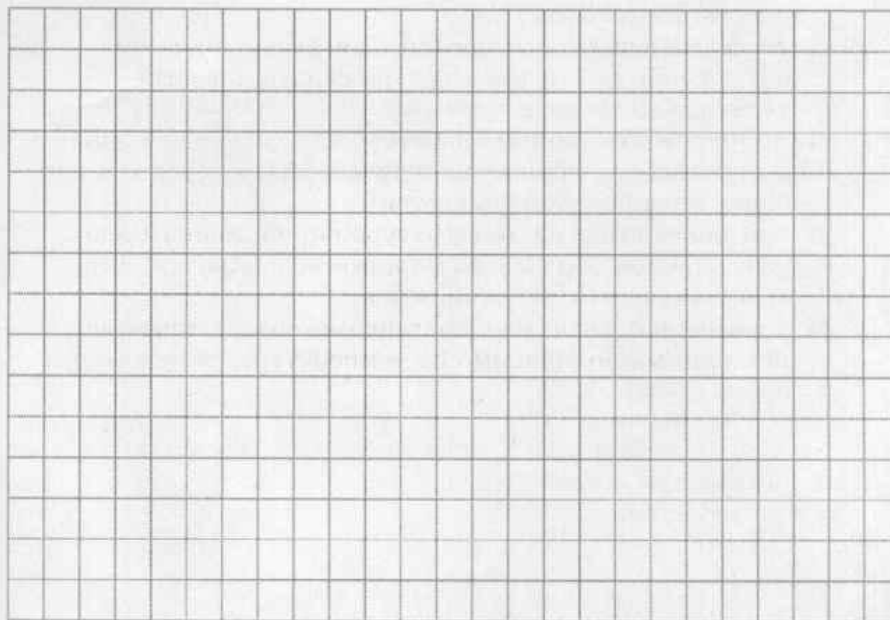
Ответ: 1,8.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 4.

6. Ответ: 1.

7. Ответ: 2.



День 46

2.2.2. Тепловое равновесие. Теплообмен

1. На Земле в огромных масштабах происходит круговорот воздушных масс. Движение воздушных масс связано
 - 1) с теплопроводностью и излучением
 - 2) теплопроводностью
 - 3) излучением
 - 4) конвекцией

2. В кастрюле с водой, поставленной на электроплиту, теплообмен между конфоркой и водой осуществляется таким образом
 - 1) путем излучения
 - 2) конвекции и теплопроводности
 - 3) теплопроводности
 - 4) излучения и теплопроводности

3. Тело *A* находится в тепловом равновесии с телом *C*, а тело *B* не находится в тепловом равновесии с телом *C*. Найдите верное утверждение
 - 1) температуры тел *A* и *B* одинаковы
 - 2) температуры тел *A*, *C* и *B* одинаковы
 - 3) тела *A* и *B* находятся в тепловом равновесии
 - 4) температуры тел *A* и *B* не одинаковы

4. Для того чтобы человек мог существовать при температуре окружающей среды (-40°C), внутренние регуляторные механизмы жизнедеятельности организма человека действуют таким образом, что
 - 1) между человеческим организмом и окружающей средой при любой температуре поддерживается тепловое равновесие
 - 2) при более высокой температуре окружающей среды увеличивается теплоотдача организма человека, а при более низкой — уменьшается
 - 3) при более высокой температуре окружающей среды уменьшается теплоотдача организма человека, а при более низкой — увеличивается
 - 4) уровень теплоотдачи от организма поддерживается постоянным независимо от температуры окружающей среды

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

Ответы:

1. Конвекция — это перенос массы в результате перемещения газа или жидкости, что связано с движением воздушных масс.

Ответ: 4.

2. Теплопроводность — это вид теплообмена, при котором происходит непосредственная передача энергии от частиц (молекул, атомов) более нагретой части тела к частицам менее нагретой части. Соприкосновение горячей электроплитки с дном кастрюли приводит к такому теплообмену. Кроме того, имеется конвективный теплообмен внутри самой жидкости.

Ответ: 2.

3. Температура характеризует состояние теплового равновесия макроскопической системы. Во всех частях системы, находящихся в состоянии теплового равновесия, температура имеет одно и то же значение (и это единственный макроскопический параметр, обладающий таким свойством). Отсюда следует, что температуры тел A и C одинаковы, а температуры тел A и B не одинаковы.

Ответ: 4.

4. Ответ: 2.



День 47

2.2.3. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Уравнение теплового баланса

1. При охлаждении твердого тела массой m температура тела понизилась на ΔT . Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоемкость вещества этого тела, если при охлаждении тело передало окружающим телам количество теплоты Q ?

1) $\frac{Q\Delta T}{m}$ 2) $\frac{Q}{\Delta T}$ 3) $\frac{Q}{m\Delta T}$ 4) $Qm\Delta T$

1 2 3 4 1

2. В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$ заливают $m = 1$ кг воды температурой $t_2 = 44^\circ\text{C}$. Какая масса льда Δm расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде? Ответ выразите в граммах.

2

3. В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная масса воды в сосуде 330 г, а в конце процесса таяния она увеличилась на 84 г. Какой была начальная температура воды в калориметре? Ответ выразите в градусах Цельсия ($^\circ\text{C}$).

3

4. На нагревание текстолитовой пластинки массой 0,2 кг от 30 до 90°C потребовалось затратить 18 кДж энергии. Какова удельная теплоемкость текстолита?

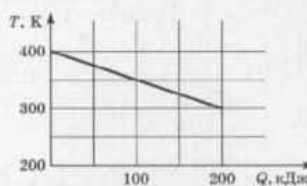
1) 0,75 кДж/(кг·К) 3) 1,5 кДж/(кг·К)
2) 1 кДж/(кг·К) 4) 3 кДж/(кг·К)

1 2 3 4 4

5. В калориметр с водой бросают кусочки льда при температуре 0°C . В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная масса воды в калориметре 330 г, а в конце процесса таяния она увеличилась. Насколько увеличилась масса воды, если первоначальная температура воды 20°C ? Ответ выразите в граммах (г).

5

6. На рисунке показана зависимость температуры твердого тела от отданного им количества теплоты. Масса тела — 4 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?



1) 0,002 Дж/(кг·К) 3) 500 Дж/(кг·К)
2) 0,5 Дж/(кг·К) 4) 40000 Дж/(кг·К)

1 2 3 4 6

Ответы:

Количество теплоты Q

Количественная мера изменения внутренней энергии тела при теплообмене (энергия, которую тело отдает или получает в процессе теплообмена):

$$Q = cm(T_2 - T_1) = cm\Delta T,$$

где T_1 — начальная температура тела, T_2 — конечная температура тела, m — масса тела

$$[Q] = \text{Дж},$$

$$[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0,$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n — количество теплоты, полученное или отданное каждым телом.

1. Количество теплоты, которое получает или отдает 1 кг вещества при изменении его температуры на 1 К, называется удельной теплоемкостью этого вещества:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t,$$

где Q — количество теплоты; c — удельная теплоемкость; m — масса тела; t_1 — начальная температура; t_2 — конечная температура. Следовательно, $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$.

Ответ: 3.

2. Составляем уравнение теплового баланса системы «лед-вода»

$$cm\Delta t = \lambda\Delta m,$$

где c — удельная теплоемкость воды (4200 Дж/кг·К); m — масса воды, которую добавили (1 кг); λ — удельная теплота плавления льда (330 000 Дж/кг); $\Delta t = t_2 - t_1 = 44^\circ\text{C}$. Отсюда находим $\Delta m = 560$ г.

Ответ: 560.

3. Кусочки льда перестают таять, когда вся система примет температуру тающего льда — 0°C . Составляем уравнение теплового баланса системы «лед-вода»:

$$cm\Delta t = \lambda\Delta m,$$

где c — удельная теплоемкость воды (4200 Дж/кг·К); $m = 330$ г — первоначальная масса воды; $\Delta m = 84$ г — масса растаявшего льда, которую добавили; λ — удельная теплота плавления льда (330 000 Дж/кг); $\Delta t = t_2 - t_1 = t_2$ ($t_1 = 0^\circ\text{C}$). Отсюда находим начальную температуру: $t_2 = 20^\circ\text{C}$.

Ответ: 20.

4. Количество тепла Q , необходимое на нагревание тела,

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t,$$

где c — удельная теплоемкость; m — масса тела; t_1 — начальная температура; t_2 — конечная температура. Отсюда находим:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} = 1,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Ответ: 3.

5. Ответ: 84.

6. Ответ: 3.

День 48

2.2.4. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики

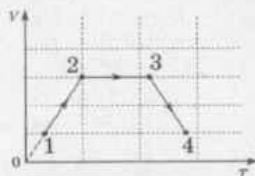
1. Идеальный газ переходит изотермически из одного состояния в другое. При увеличении объема газа
- 1) ему сообщают некоторое количество теплоты
 - 2) его внутренняя энергия возрастает
 - 3) работа, совершаемая внешними телами, положительна
 - 4) давление увеличивается

1 2 3 4 1

2. В процессе эксперимента внутренняя энергия газа уменьшилась на 40 кДж и он совершил работу 35 кДж. Следовательно, в результате теплообмена газ отдал окружающей среде
- 1) 75 кДж
 - 2) 40 кДж
 - 3) 35 кДж
 - 4) 5 кДж

1 2 3 4 2

3. Газ последовательно перешел из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояния 3 и 4. Работа газа равна нулю
- 1) на участке 1 — 2
 - 2) на участке 2 — 3
 - 3) на участке 3 — 4
 - 4) на участках 1 — 2 и 3 — 4



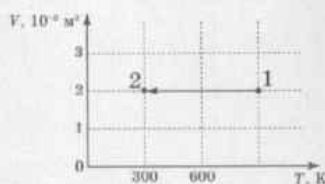
1 2 3 4 3

4. Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объема (рисунок) Работа, совершенная газом, равна
- 1) $12p_0V_0$
 - 2) p_0V_0
 - 3) $2p_0V_0$
 - 4) $4p_0V_0$



1 2 3 4 4

5. На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы газа. В этом процессе газ отдал количество теплоты, равное 3 кДж, в результате чего его внутренняя энергия уменьшилась на
- 1) 1,2 кДж
 - 2) 1,8 кДж
 - 3) 2,4 кДж
 - 4) 3 кДж



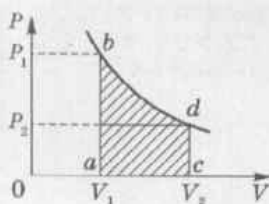
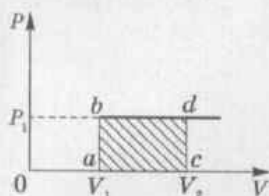
1 2 3 4 5

Ответы:

Работу, которую совершает внешняя сила над газом, можно вычислить по формуле

$$A = -P\Delta V.$$

Работу, которую совершает газ, можно вычислить с помощью графика термодинамического процесса, изображенного в координатах P, V . Работа равна площади под кривой, которая описывает процесс в координатах P, V .



1. Согласно первому началу термодинамики изменение внутренней энергии системы ΔU при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил A и количества теплоты Q , переданного системе:

$$\Delta U = Q + A. \quad (1)$$

Работа в термодинамике определяется как $A = p\Delta V$, а внутренняя энергия идеального газа — исключительно его температурой: $U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot RT$.

Поскольку температура согласно условию задачи не меняется (процесс изотермический), то

$$\Delta U = 0. \quad (2)$$

Газ при увеличении объема совершает некоторую работу A' . Это означает, что системе сообщили некоторое количество тепла. Из формул (1) и (2) следует $Q = -A = A'$.

Ответ: 1.

2. Если работу совершает система (идеальный газ) A' , то первое начало термодинамики записывают в виде

$$Q = \Delta U + A',$$

где Q — количество тепла, отданное системе, ΔU — изменение внутренней энергии системы. Отсюда находим $Q = -40 \text{ кДж} + 35 \text{ кДж} = -5 \text{ кДж}$.

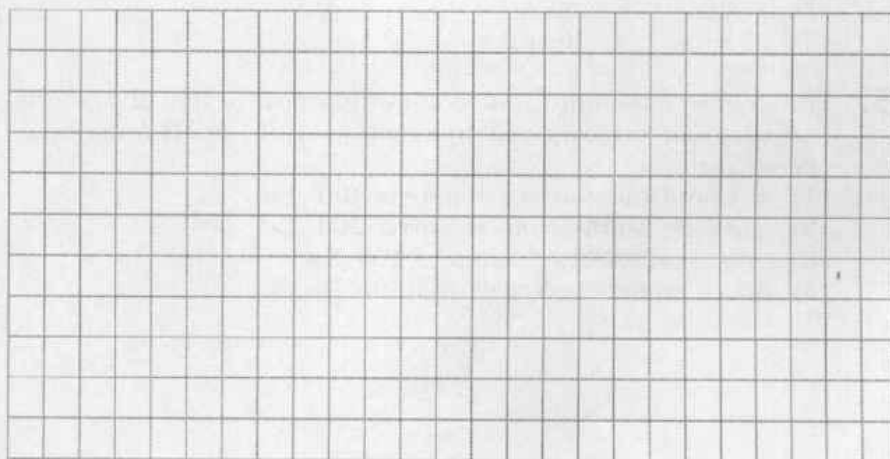
Ответ: 4.

3. Работа в термодинамике определяется как $A = p\Delta V$. На участке 2 — 3 $\Delta V = 0$, следовательно, и $A = 0$.

Ответ: 2.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 4.

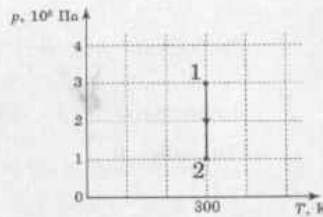


День 49

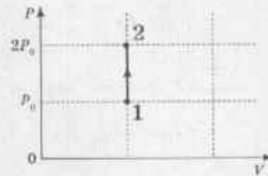
2.2.5. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики

1. В цилиндре при 20°C находится 2 кг воздуха под давлением $9,8 \cdot 10^5$ Па. Какова работа воздуха при его изобарном нагревании на 100°C ? Ответ выразите в килоджоулях (кДж) и округлите до целых.

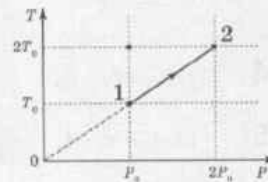
2. На рисунке показана зависимость давления идеального одноатомного газа от температуры. Газ совершает работу, равную 3 кДж. Начальный объем газа равен 10^{-3} м³. Количество теплоты, полученное газом, равно
- 1) 1 кДж 3) 4 кДж
2) 3 кДж 4) 7 кДж



3. На pV -диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы идеального одноатомного газа (рисунок). Внутренняя энергия газа увеличилась на 20 кДж. Количество теплоты, полученное газом, равно
- 1) 0 кДж 3) 20 кДж
2) 10 кДж 4) 40 кДж



4. На графике показана зависимость температуры от давления идеального одноатомного газа. Внутренняя энергия газа увеличилась на 20 кДж. Количество теплоты, полученное газом, равно
- 1) 0 кДж 3) 20 кДж
2) 10 кДж 4) 40 кДж



5. Над газом внешние силы совершили работу 300 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. В этом процессе газ
- 1) получил количество теплоты 400 Дж
2) получил количество теплоты 200 Дж
3) отдал количество теплоты 100 Дж
4) отдал количество теплоты 200 Дж

Ответы:

Закон сохранения энергии в тепловых процессах (первое начало термодинамики)

Изменение внутренней энергии системы равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:

$$\Delta U = A + Q.$$

1. Работа в термодинамике при постоянном давлении определяется как $A = p\Delta V$. Из уравнения состояния идеального газа

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

учитывая, что $T = \text{const}$, получаем $p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T = A$.

Подставив численные значения величин, находим

$$A = 57 \text{ кДж.}$$

Ответ: 57.

2. Согласно первому началу термодинамики

$$Q = \Delta U + A',$$

где Q — количество тепла, отданное системе, ΔU — изменение внутренней энергии системы. Из рисунка видно, что процесс изотермический, следовательно,

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R\Delta T = 0,$$

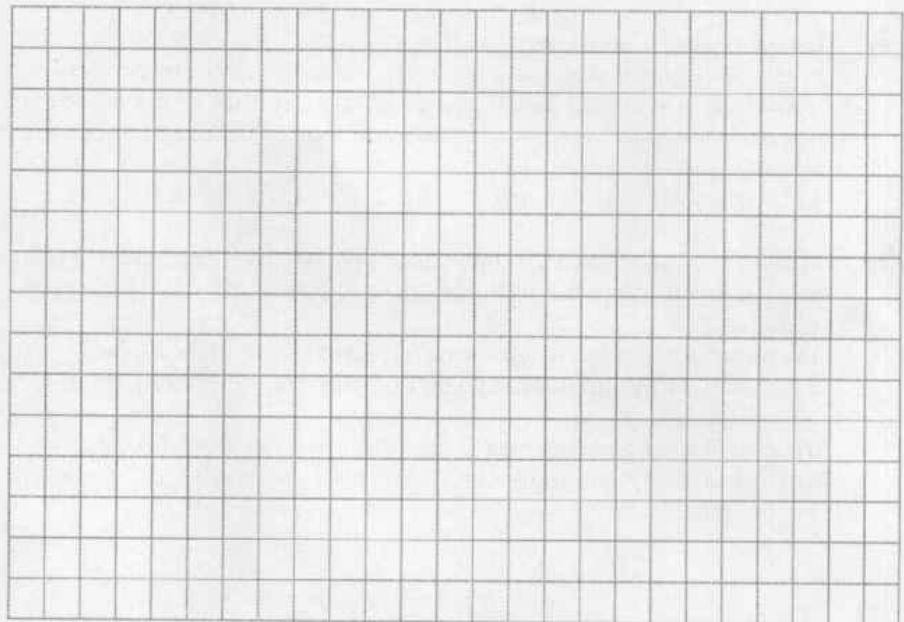
значит, все тепло, полученное газом, идет на совершение работы.

Ответ: 2.

3. *Ответ:* 3.

4. *Ответ:* 3.

5. *Ответ:* 4.



День 50

2.2.6. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики

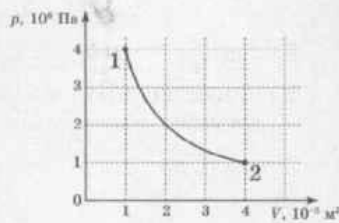
1. Идеальный газ получил количество теплоты 300 Дж и внутренняя энергия газа увеличилась на 100 Дж. При этом

- 1) газ совершил работу 400 Дж
- 2) газ совершил работу 200 Дж
- 3) над газом совершили работу 400 Дж
- 4) над газом совершили работу 100 Дж

1 2 3 4 1

2. На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от объема. Газ совершает работу, равную 3 кДж. Количество теплоты, полученное газом при переходе из состояния 1 в состояние 2, равно

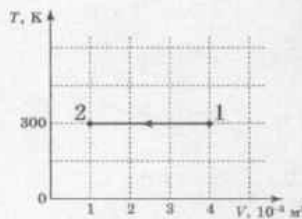
- 1) 1 кДж
- 2) 3 кДж
- 3) 4 кДж
- 4) 7 кДж



1 2 3 4 2

3. На TP -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ совершил работу, равную 3 кДж. Количество теплоты, полученное газом, равно

- 1) 0 кДж
- 2) 1 кДж
- 3) 3 кДж
- 4) 4 кДж



1 2 3 4 3

4. Одноатомный идеальный газ в количестве 4 моль поглощает количество теплоты Q . При этом температура газа повышается на 20 К. Работа, совершаемая газом в этом процессе, равна 1 кДж. Поглощенное количество теплоты равно

- 1) 0,5 кДж
- 2) 1,0 кДж
- 3) 1,5 кДж
- 4) 2,0 кДж

1 2 3 4 4

5. Газ в сосуде сжали, совершив работу 30 Дж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 25 Дж. Следовательно, газ

- 1) получил извне количество теплоты, равное 5 Дж
- 2) отдал окружающей среде количество теплоты, равное 5 Дж
- 3) получил извне количество теплоты, равное 55 Дж
- 4) отдал окружающей среде количество теплоты, равное 55 Дж

1 2 3 4 5

Ответы:

1. Если работу совершает система (идеальный газ) A' , то первое начало термодинамики записывают в виде

$$Q = \Delta U + A',$$

где Q — количество тепла, переданное системе, ΔU — изменение внутренней энергии системы. Отсюда находим

$$A' = Q - \Delta U = 300 \text{ Дж} - 100 \text{ Дж} = 200 \text{ Дж}.$$

Положительный знак полученной величины указывает на то, что работу совершил газ.

Ответ: 2.

2. На рисунке изображена гипербола первого порядка $pV = \text{const}$ — изотермический процесс. Внутренняя энергия системы не меняется $\Delta U = 0$, поэтому согласно первому началу термодинамики ($Q = \Delta U + A'$) количество теплоты Q , полученное газом при переходе из состояния 1 в состояние 2, равно работе, совершенной газом:

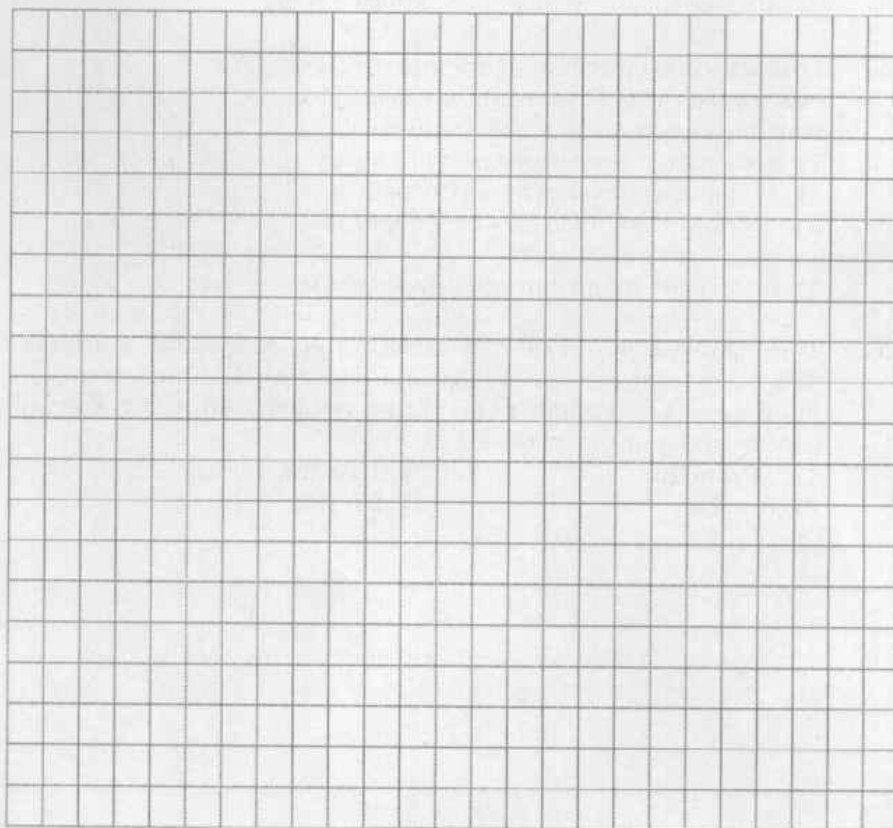
$$A' = 3 \text{ кДж}.$$

Ответ: 2.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 2.



2.2.7. КПД тепловой машины. Циклический процесс

1. Максимальный КПД тепловой машины с температурой нагревателя 227°C и температурой холодильника 27°C равен

- 1) 100 % 3) 60 %
 2) 88 % 4) 40 %

1 2 3 4 1

2. Горячий пар поступает в турбину при температуре 500°C , а выходит из нее при температуре 30°C . Какой КПД турбины? Паровую турбину считать идеальной тепловой машиной.

- 1) 1 % 3) 94 %
 2) 61 % 4) 100 %

1 2 3 4 2

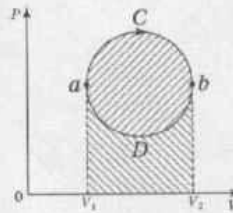
3. Тепловая машина имеет КПД 25 %. Средняя мощность передачи теплоты холодильнику в ходе ее работы составляет 3 кВт. Какое количество теплоты получает рабочее тело машины от нагревателя за 10 с?

- 1) 0,4 Дж 3) 400 Дж
 2) 40 Дж 4) 40 кДж

1 2 3 4 3

4. График зависимости давления от объема для циклического процесса изображен на рисунке. В этом процессе газ

- 1) совершает положительную работу
 2) совершает отрицательную работу
 3) не получает энергию от внешних источников
 4) не отдает энергию внешним телам

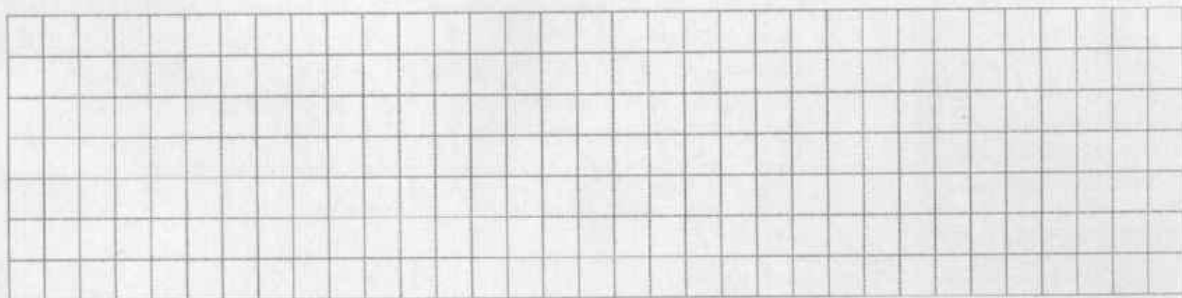


1 2 3 4 4

5. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 425 К, а температура холодильника 300 К. Двигатель получил от нагревателя количество теплоты 40 кДж. Какую работу совершило рабочее тело?

- 1) 16,7 кДж 3) 12 кДж
 2) 3 кДж 4) 97 Дж

1 2 3 4 5



Ответы:

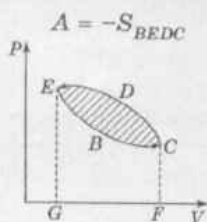
Коэффициент полезного действия (КПД)

Определяется как отношение полезной работы, которую произвел газ, к полному количеству тепла, которое газ получил при совершении этой работы:

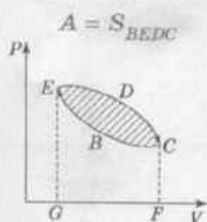
$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_{\text{получ}}}$$

Круговой процесс, или цикл

Процесс, при котором система, пройдя через ряд состояний, возвращается в исходное.



Цикл протекает против часовой стрелки ($A < 0$). Над газом совершается работа.



Цикл протекает по часовой стрелке ($A > 0$). Газ совершает работу.

1. Максимальный КПД тепловой машины — это КПД тепловой машины, работающей на идеальном газе по циклу Карно, и определяется формулой

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{273 + 227} = 0,4.$$

Ответ: 4.

2. КПД идеальной тепловой машины определяется формулой

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{500 - 30}{273 + 500} = 0,61.$$

Ответ: 2.

3. Коэффициент полезного действия тепловой машины η определяется выражением

$$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{Q_x}{Q_n}, \quad (1)$$

где Q_n — количество теплоты, полученное рабочим телом от нагревателя, Q_x — количество теплоты, отданное холодильнику. Средняя мощность передачи теплоты холодильнику

$$P = \frac{Q_x}{\Delta t}. \quad (2)$$

Выразив Q_x через P и Δt и подставив в формулу (1), находим

$$\eta = 1 - \frac{P\Delta t}{Q_n}. \quad (3)$$

Из уравнения (3) окончательно получаем

$$Q_n = \frac{P\Delta t}{1 - \eta} = \frac{3 \cdot 10}{1 - 0,25} = 40 \text{ кДж.}$$

Ответ: 4.

4. Работа в термодинамике графически определяется площадью фигуры под кривой зависимости давления от объема $p(V)$. В случае циклического процесса это площадь фигуры, ограниченная замкнутой кривой на диаграмме $p - V$. Для определения знака работы газа разобьем изображенный на графике круговой процесс на два процесса (см. рисунок): расширение газа из состояния a в состояние b (кривая aCb) и сжатие газа из состояния b в состояние a (кривая bDa). При расширении газ совершает положительную работу $A_1 = A'_1$, измеряемую площадью фигуры $V_1 aAbV_2$. При сжатии внешние силы совершают над ним положительную работу $A_2 = -A'_2$, измеряемую площадью фигуры bV_2V_1a . Как видно из графика, площадь второй фигуры меньше, чем первой, поэтому в целом за цикл газ совершает положительную работу: $A = A_1 + A_2 = A'_1 - A'_2 > 0$. (В случае циклического процесса, совершаемого против часовой стрелки, результат, очевидно, был бы обратным.)

Ответ: 1.

5. Ответ: 3.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

3.1. Электрическое поле

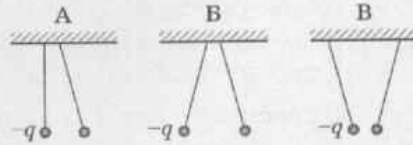
3.1.1. Электризация тел. Два вида зарядов.

Взаимодействие зарядов. Элементарный электрический заряд

1. К стержню положительно заряженного электроскопа поднесли, не касаясь его, стеклянную палочку. Листочки электроскопа опали, образуя гораздо меньший угол. Такой эффект может наблюдаться, если палочка
- 1) заряжена положительно
 - 2) заряжена отрицательно
 - 3) имеет заряд любого знака
 - 4) не заряжена

1 2 3 4 1

2. Пара легких одинаковых шариков, заряды которых равны по модулю, подвешена на шелковых нитях. Заряд одного из шариков указан на рисунке. Какой из рисунков соответствует ситуации, когда заряд второго шарика отрицателен?
- 1) А
 - 2) Б
 - 3) В
 - 4) А и В



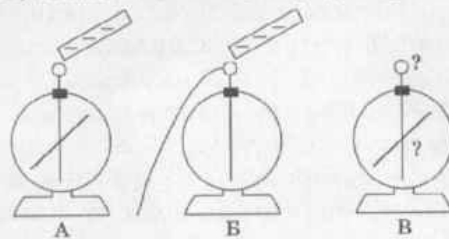
1 2 3 4 2

3. Цинковая пластина, имеющая отрицательный заряд $-10e$ при освещении потеряла четыре электрона. Каким стал заряд пластины?
- 1) $+6e$
 - 2) $-6e$
 - 3) $+14e$
 - 4) $-14e$

1 2 3 4 3

4. Учитель поднес отрицательно заряженную палочку к шару электromетра (рисунок А), затем другой рукой коснулся шара электromетра, заземлив его (рисунок Б). Далее он снял руку с шара (убрал заземление), после чего убрал и палочку (рисунок В). Каков по знаку заряд шара и стрелки?

1 2 3 4 4



- 1) заряд шара положительный, стрелки — отрицательный
- 2) заряд шара, и стрелки положительный
- 3) заряд шара, и стрелки отрицательный
- 4) заряд шара отрицательный, стрелки — положительный

Ответы:

Элементарный заряд
 $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл

1. То, что листочки положительно заряженного электрометра опали, означает, что часть положительного заряда с нижней части стержня (и с листочков) переместилась наверх. Это может быть вызвано тем, что эти заряды притянуты отрицательным зарядом стеклянной палочки, так как разноименные заряды притягиваются, а одноименные — отталкиваются.

Ответ: 2.

2. Одноименные заряды отталкиваются, разноименные — притягиваются, поэтому если оба заряда отрицательны, то вследствие отталкивания обе нити, на которых подвешены шарики, должны отклониться от положения равновесия, как в случае А, поскольку согласно третьему закону Ньютона к каждому из шаров приложены равные по величине, но противоположно направленные силы.

Ответ: 1.

3. Заряд, равный по величине заряду электрона (e) (положительный или отрицательный), — это элементарный электрический заряд, который может иметь заряженное тело. Поэтому при потере четырех отрицательных зарядов (четыре электрона из десяти) заряд пластины равен $-6e$.

Ответ: 2.

4. Поднеся отрицательно заряженную палочку к шару электрометра, учитель вызвал (индуцировал) появление положительных зарядов на шаре и отрицательных — на нижней части стержня и стрелке — стрелка электрометра отклоняется (одноименные заряды отталкиваются). В целом электрометр электронейтрален. Прикосновение к шару электрометра (его заземление) приводит к тому, что заряды, одноименные с зарядом палочки (отрицательные), отталкиваясь от нее, уходят в Землю. В результате электрометр заряжается положительно. После того как заземление убрали, электрометр остается заряженным положительно. После того как учитель убрал и отрицательно заряженную палочку, положительный заряд равномерно распределяется по поверхности стержня электрометра, часть его переходит на стрелку. Таким образом, заряды шара и стрелки остаются положительными. Это классический пример зарядки проводника с помощью электрической индукции.

Ответ: 2.

День 53

3.1.2. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона

1. Модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными заряженными телами равен F . Чему будет равен модуль этой силы, если увеличить заряд одного тела в 3 раза, а второго — в 2 раза?

1) $5F$ 2) $15F$ 3) $6F$ 4) $16F$

1 2 3 4 1

2. Как необходимо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, если заряд одного из них увеличился в 2 раза? Сила их кулоновского взаимодействия осталась неизменной.

1) увеличить в 2 раза 3) увеличить в $\sqrt{2}$ раз
2) уменьшить в 2 раза 4) уменьшить в $\sqrt{2}$ раз

1 2 3 4 2

3. Как изменится сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними уменьшить в 3 раза?

1) увеличится в 3 раза 3) увеличится в 9 раз
2) уменьшится в 3 раза 4) уменьшится в 9 раз

1 2 3 4 3

4. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 3 раза, а один из зарядов увеличили в 3 раза. Силы взаимодействия между ними

1) не изменились 3) увеличились в 3 раза
2) уменьшились в 3 раза 4) увеличились в 27 раз

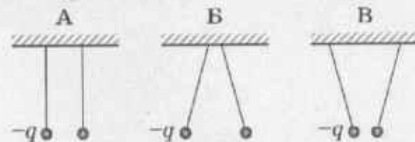
1 2 3 4 4

5. Какое утверждение о взаимодействии трех изображенных на рисунке заряженных частиц является правильным?

1) 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 отталкиваются
2) 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 отталкиваются
3) 1 и 2 отталкиваются, 2 и 3 притягиваются, 1 и 3 притягиваются
4) 1 и 2 притягиваются, 2 и 3 отталкиваются, 1 и 3 притягиваются

1 2 3 4 5

6. Два легких одинаковых шарика подвешены на шелковых нитях. Шарика зарядили разноименными зарядами.



На каком из рисунков изображены эти шарики?

1) А 2) Б 3) В 4) Б и В

1 2 3 4 6

Ответы:

Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

Величина силы электростатического взаимодействия между двумя точечными зарядами q_1 и q_2 прямо пропорциональна произведению модулей этих зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния r между ними.

Электрическая постоянная

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Кл}^2/(\text{Н} \cdot \text{м}^2)$$

1. Модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными заряженными телами определяется законом Кулона

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Если обозначить через F_1 силу взаимодействия после увеличения зарядов, соответствующего условию задачи, получим

$$F_1 = \frac{3q_1 2q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 6 \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 6F.$$

Ответ: 3.

2. В формуле закона Кулона

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

заменяем q_2 на $2q_2$, тогда, чтобы сила не изменилась, вместо r^2 необходимо записать $(\sqrt{2}r)^2$, т. е. расстояние следует увеличить в $\sqrt{2}$ раз.

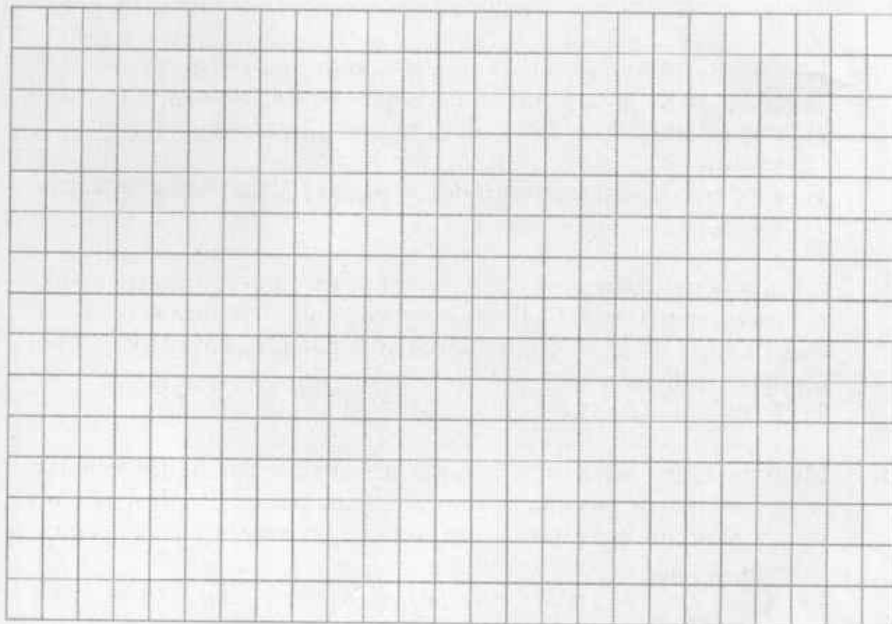
Ответ: 3.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 4.

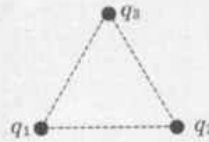
5. Ответ: 4.

6. Ответ: 3.



3.1.3. Закон Кулона. Независимость электрических полей, создаваемых зарядами

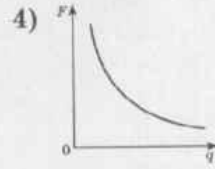
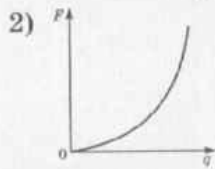
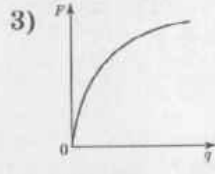
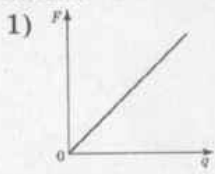
1. Три медных шарика диаметром 1 см расположены в воздухе в вершинах правильного треугольника со стороной 20 см. Первый шарик несет заряд $q_1 = 80$ нКл, второй — $q_2 = 30$ нКл, а третий — $q_3 = 40$ нКл. С какой силой второй шарик действует на первый? Ответ выразите в миллиньютонах.



	1
--	---

2. Какой график соответствует зависимости силы взаимодействия F двух одинаковых точечных зарядов от модуля одного из зарядов q при неизменном расстоянии между ними?

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---



3. Сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов

1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

- 1) прямо пропорциональна расстоянию между ними
- 2) обратно пропорциональна расстоянию между ними
- 3) прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними
- 4) обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

4. Сила взаимодействия двух маленьких неподвижных заряженных тел равна F . Чему станет равна эта сила, если заряд одного из тел уменьшится в 3 раза, а другого — увеличится в 3 раза?

1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

- 1) $F/9$ 2) $9F$ 3) $F/3$ 4) F

5. Модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными заряженными телами равен F . Чему будет равен модуль этой силы, если заряд каждого тела увеличить в n раз?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

- 1) nF 2) n^2F 3) F/n 4) F/n^2

Ответы:

1. Сила F взаимодействия между двумя точечными зарядами q_1 и q_2 (такowymi можно считать медные шарики, так как их размеры на порядок меньше расстояния между ними), расположенными на расстоянии r друг от друга, подчиняется закону Кулона

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}, \quad (1)$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость среды, в данном случае равная единице (воздух), ϵ_0 — электрическая постоянная ($\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$).

Сила взаимодействия направлена по прямой, соединяющей эти заряды, причем одноименные заряды отталкиваются, а разноименные — притягиваются. Вследствие принципа суперпозиции электрических полей, заключающегося в том, что электрические поля, создаваемые несколькими разными зарядами, ведут себя так, как будто других полей нет, а следовательно, и нет зарядов, создающих их, силы взаимодействия между шариками 1 и 2 определяют по формуле (1). Подставив в нее численные значения из условия задачи, получим $F_{12} = 0,54 \text{ мН}$.

Ответ: 0,54.

2. Сила кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов прямо пропорциональна как величине одного, так и величине другого заряда:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}.$$

Поэтому при неизменных параметрах график зависимости силы взаимодействия от величины одного из зарядов описывается прямой линией.

Ответ: 1.

3. Ответ: 4.

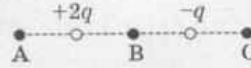
4. Ответ: 4.

5. Ответ: 2.

День 55

3.1.4. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Силовые линии поля

1. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$.

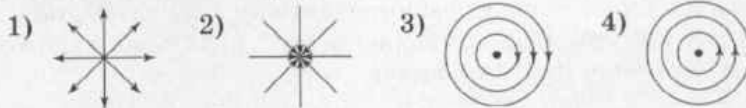


В какой из трех точек (A , B или C) модуль напряженности суммарного электрического поля этих зарядов минимален?

- 1) в точке A
- 2) в точке B
- 3) в точке C
- 4) во всех трех точках модуль напряженности имеет одинаковые значения

1 2 3 4 1

2. На каком из рисунков правильно изображена картина линий напряженности электростатического поля точечного положительного заряда?



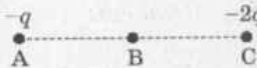
3. Как изменится модуль напряженности электрического поля, созданного точечным зарядом, при увеличении расстояния от этого заряда до точки наблюдения в N раз?

- 1) увеличится в N раз
- 2) уменьшится в N раз
- 3) увеличится в N^2 раз
- 4) уменьшится в N^2 раз

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

4. Точка B находится в середине отрезка AC . Неподвижные точечные заряды $-q$ и $-2q$ расположены в точках A и C соответственно (рисунок). Какой заряд надо поместить в точку C вместо заряда $-2q$, чтобы напряженность электрического поля в точке B увеличилась в 2 раза?



- 1) $-5q$
- 2) $4q$
- 3) $-3q$
- 4) $3q$

1 2 3 4 4

Ответы:

Напряженность

электрического поля \vec{E}
Силовая характеристика ЭСП — физическая векторная величина, равная силе, которая действует со стороны электрического поля на внесенный в него *единичный положительный* заряд.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q},$$

$$[E] = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Модуль напряженности электрического поля точечного заряда равен:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q|}{r^2}.$$

Вектор \vec{E} направлен вдоль радиуса от заряда, если $q > 0$, и к заряду, если $q < 0$.



1. Для ответа на вопрос, поставленный в задаче, необходимо определить модули напряженности в каждой точке (A, B, C) и сравнить их.

Напряженность электрического поля равна отношению силы, с которой поле действует на покоящийся в данной системе отчета точечный заряд, к этому заряду

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

Направление вектора напряженности \vec{E} совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд, и противоположно направлению силы, действующей на отрицательный заряд.

Модуль напряженности электрического поля E точечного заряда q_0 определяется формулой

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{|q_0|}{r^2}. \quad (1)$$

Однако поле в каждой из интересующих нас точек создается двумя зарядами. Согласно принципу суперпозиции электрических полей результирующая напряженность поля \vec{E} , создаваемая различными заряженными частицами, равна векторной сумме полей, создаваемых каждой частицей в отдельности:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots \text{ и } |\vec{E}| = |\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots|.$$

Вектор напряженности в любой точке электрического поля направлен вдоль прямой, соединяющей эту точку и заряд. В данном случае векторы напряженностей, создаваемых обоими зарядами, во всех трех точках находятся на одной прямой и суммарное значение напряженности электрического поля в каждой точке находится простым алгебраическим сложением напряженностей E_1 и E_2 полей зарядов $+2q$ и $-q$. Обозначим через r расстояние от точки до ближайшего заряда. Учитывая знаки E_1 и E_2 , получаем

$$E_A = k \left(\frac{2q}{r^2} - \frac{q}{(3r)^2} \right) = k \frac{17}{9r^2};$$

$$E_B = k \left(\frac{2q}{r^2} + \frac{q}{r^2} \right) = k \frac{3}{r^2} = k \frac{27}{9r^2};$$

$$E_C = k \left(\frac{2q}{(3r)^2} - \frac{q}{r^2} \right) = k \frac{7}{9r^2}.$$

Сравнение этих трех величин показывает, что модуль напряженности поля минимален в точке C.

Ответ: 3.

2. Ответ: 1.

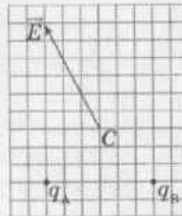
3. Ответ: 4.

4. Ответ: 3.

3.1.5. Принцип суперпозиции полей. Силовые линии электрического поля. Проводники и диэлектрики в электрическом поле

1. На рисунке показан вектор напряженности \vec{E} электрического поля в точке C , которое создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Какой примерно заряд q_B , если заряд q_A равен $+1$ мкКл?

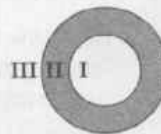
- 1) $+1$ мкКл 3) -1 мкКл
2) $+2$ мкКл 4) -2 мкКл



1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

2. На рисунке показано сечение уединенного заряженного проводящего полого шара: I — область полости; II — область проводника; III — область вне проводника. Напряженность электрического поля, созданного этим шаром, равна нулю

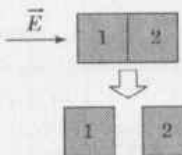
- 1) только в области I 3) в областях I и II
2) только в области II 4) в областях II и III



1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

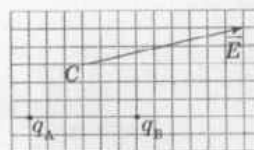
3. Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально вправо, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули, убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?

- 1) заряды первого и второго кубиков положительны
2) заряды первого и второго кубиков отрицательны
3) заряды первого и второго кубиков равны нулю
4) заряд первого кубика отрицателен, заряд второго — положителен



1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

4. На рисунке показан вектор напряженности \vec{E} электрического поля в точке C , которое создано двумя точечными зарядами q_A и q_B . Чему примерно равен заряд q_B , если заряд q_A равен 2 мкКл? Ответ выразите в микрокулонах (мкКл).



	4
--	---

Ответы:

Принцип суперпозиции полей

Напряженность (сила) электрического поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей (сил) электрических полей, создаваемых каждым зарядом:

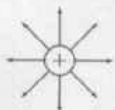
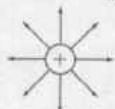
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n,$$

или

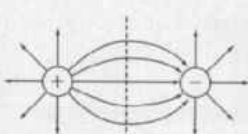
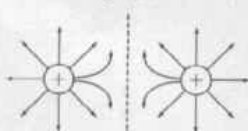
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n.$$

Линии напряженности электрического поля (силовые линии)

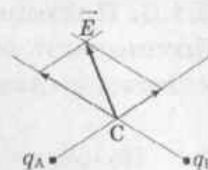
Точечные заряды



Пары точечных зарядов



1. Данную задачу решают геометрически. Проведем силовые линии полей зарядов q_A и q_B через точку C и продолжим их вверх за точку C . Вектор \vec{E} — диагональ параллелепипеда, построенного на продолжении упомянутых выше прямых, которые являются векторами напряженности E_1 и E_2 полей, созданных зарядами q_A и q_B . Для точечного заряда вектор напряженности совпадает с силовой линией. Последнее следует из определения напряженности поля и принципа суперпозиции полей. Измерив длины полученных векторов, находим, что заряд $q_B = 2q_A = + 2\text{мКл}$. На то, что заряд q_B также положительный, указывает направление вектора E_2 от заряда (силовые линии положительного точечного заряда выходят из заряда, отрицательного — входят в него).



Ответ: 2.

2. Напряженность заряженного шара на расстоянии, большем его внешнего радиуса, такая же, как напряженность точечного заряда, помещенного в центр шара. Поэтому в области III электрическое поле не равно нулю. В проводниках существуют свободные заряды (электроны), наличие которых приводит к их равномерному распределению только по поверхности проводника и равенству нулю электрического поля внутри заряженного проводника, а также незаряженного проводника, помещенного в стационарное однородное электрическое поле. В противном случае в проводнике постоянно протекал бы ток (при отсутствии источника тока), что противоречит закону сохранения энергии. Таким образом, при равновесном распределении зарядов внутри проводника не только напряженность поля равна нулю, но и заряд отсутствует (равен нулю). Поскольку зарядов внутри проводника, например заряженного сплошного шара, нет, то удаление его внутренней части I не изменяет ни распределение поля, ни распределение зарядов внутри оставшейся части (II) проводника, т. е. заряды будут распределены только на внешней поверхности полого проводника, а поле внутри полости будет равно нулю (на этом и основана электростатическая защита). Отсюда следует, что внутри полости проводника I, как и в самом проводнике II, напряженность поля, созданная шаром, равна нулю.

Ответ: 3.

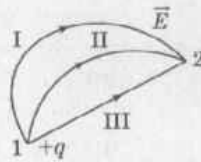
3. Стекло является диэлектриком. В нем не существует свободных зарядов. Под действием внешнего поля происходит поляризация диэлектрика т. е. связанные заряды только смещаются: положительные — вдоль поля, отрицательные — в сторону, противоположную направлению поля. Поэтому после разъединения кубиков заряды их остаются равными нулю.

Ответ: 3.

4. Ответ: -1.

3.1.6. Потенциальность электрического поля. Потенциал. Разность потенциалов. Связь между напряжением и напряженностью поля

1. Положительный заряд перемещается в однородном электростатическом поле из точки 1 в точку 2 по разным траекториям. По какой траектории электрическое поле при перемещении совершает меньшую работу?



- 1) I 3) III
2) II 4) работа одинакова при движении по всем траекториям

1 2 3 4 1

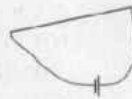
2. Перемещая заряд в первом проводнике, электрическое поле совершает работу 20 Дж. Во втором проводнике при перемещении такого же заряда электрическое поле совершает работу 40 Дж. Отношение $\frac{U_1}{U_2}$ напряжений на концах первого и второго проводников равно

- 1) 1 : 4 2) 1 : 2 3) 4 : 1 4) 2 : 1

1 2 3 4 2

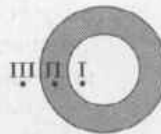
3. В электрическую цепь включена медная проволока длиной 20 см. При напряженности электрического поля 50 В/м сила тока в проволоке равна 2 А. К концам проволоки приложено напряжение

- 1) 10 В 2) 20 В 3) 40 В 4) 50 В



1 2 3 4 3

4. Проводящему полому шару с толстыми стенками сообщили положительный заряд. На рисунке показано сечение шара. Потенциал бесконечно удаленных от шара точек считать равным нулю. В каких точках потенциал электрического поля шара равен нулю?



- 1) только в I
2) только в II
3) только в III
4) таких точек нет на рисунке

1 2 3 4 4

5. В однородном электрическом поле разность потенциалов между двумя точками, расположенными на одной линии напряженности на расстоянии L друг от друга, равна 10 В. Модуль разности потенциалов между точками, расположенными на одной линии напряженности на расстоянии $2L$ друг от друга, равен

- 1) 5 В 2) 10 В 3) 20 В 4) 40 В

1 2 3 4 5

ОТВЕТЫ:

Потенциал

$$\varphi = \frac{U_c}{q},$$

$$[\varphi] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

Принцип суперпозиции потенциалов

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Потенциал электрического поля системы зарядов равен алгебраической сумме потенциалов полей, создаваемых каждым из зарядов.

Работа, которую совершает электрическое поле при перемещении заряда q из точки 1 в точку 2, равна:

$$\begin{aligned} A_{12} &= W_{e_2} - W_{e_1} = \\ &= q(\varphi_2 - \varphi_1) = q\Delta\varphi. \end{aligned}$$

Электрическое поле положительно заряженной проводящей сферы

Поле внутри сферы
 $r < R$: $E = 0$,

$$\varphi = \varphi(r = R) = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{1}{R}$$

Поле вне сферы

$$r \geq R: E = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r^2},$$

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r}$$

1. Работа по перемещению заряда в однородном электрическом поле зависит только от начального и конечного положений движущегося заряда и не зависит от формы траектории. Работа поля при перемещении заряда по замкнутой траектории равна нулю. Это означает, что электростатическое поле потенциально.

Ответ: 4.

2. Работа поля по перемещению заряда выражается формулой $A = qU$, где q — перемещенный заряд, U — разность потенциалов между начальной и конечной точками. Отсюда находим

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{20}{40} = 1 : 2.$$

Ответ: 2.

3. Связь между напряжением U и напряженностью E поля определяется соотношением

$$E = \frac{U}{d}, \quad (1)$$

где d — расстояние между двумя точками с разностью потенциалов U . Выражая из формулы (1) напряжение и подставляя численные значения, находим

$$U = Ed = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ В.}$$

Ответ: 1.

4. Заряд распределен по поверхности проводящего шара равномерно. Напряженность поля в любой точке в областях 1 и 2 равна нулю. Это означает равенство потенциалов всех точек в этих областях потенциалу на поверхности шара

$$E = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{\Delta d} = 0, \text{ т. е. } \varphi_1 = \varphi_2.$$

В пространстве вне шара (область 3) потенциал нулю не равен (убывает обратно пропорционально расстоянию от центра шара). Таким образом, точек, в которых потенциал электрического поля заряженного шара равен нулю, нет.

Ответ: 4.

5. Ответ: 3.

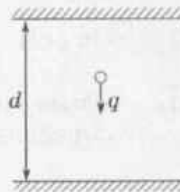
3.1.7. Электрическая емкость конденсатора. Энергия электрического поля

1. Как надо изменить заряд на обкладках плоского конденсатора, чтобы после увеличения зазора между обкладками в 3 раза напряженность электрического поля в зазоре уменьшилась вдвое?

1) увеличить в 4 раза 3) уменьшить в 2 раза
2) оставить прежним 4) увеличить в 2 раза

1 2 3 4 1

2. Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии $d = 1$ см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг. При каком значении заряда q капли ее скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь. Ответ выразите в пикокулонах (10^{-12} Кл).



2

3. Первый конденсатор емкостью 3 С подключен к источнику тока с ЭДС \mathcal{E} , а второй емкостью С — к источнику с ЭДС $3\mathcal{E}$. Отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого равно

1) 1 2) 13 3) 3 4) 9

1 2 3 4 3

4. Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок и расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

1) не изменится 3) уменьшится в 2 раза
2) увеличится в 4 раза 4) уменьшится в 4 раза

1 2 3 4 4

5. Как изменится электроемкость плоского воздушного конденсатора, если расстояние между его пластинами уменьшить в 2 раза?

1) увеличится в 4 раза 3) уменьшится в 2 раза
2) увеличится в 2 раза 4) уменьшится в 4 раза

1 2 3 4 5

6. Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если площадь обкладок уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними увеличить в 2 раза?

1) увеличится в 2 раза 3) не изменится
2) уменьшится в 2 раза 4) уменьшится в 4 раза

1 2 3 4 6

7. Как изменится энергия электрического поля конденсатора, если заряд на его обкладках уменьшить в 2 раза?

1) не изменится 3) уменьшится в 4 раза
2) уменьшится в 2 раза 4) увеличится в 2 раза

1 2 3 4 7

Ответы:

Емкость плоского конденсатора

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d},$$

где q — заряд конденсатора; U — напряжение между его обкладками; S — площадь пластины; d — расстояние между пластинами.

$$[C] = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = \text{Ф}.$$

Напряженность E однородного электрического поля связано с U соотношением

$$E = \frac{U}{d}.$$

1. Под зарядом конденсатора понимают абсолютное значение заряда одной из пластин. Поле плоского конденсатора является однородным электрическим полем.

Из формул для емкости плоского конденсатора и напряженности однородного электрического поля получим связь между напряженностью и зарядом q :

$$E = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0 S},$$

из которой следует пропорциональность между напряженностью поля и зарядом на его обкладках и отсутствие связи E и d . Таким образом, для уменьшения напряженности электрического поля в зазоре вдвое необходимо в два раза уменьшить заряд.

Ответ: 3.

2. Для того чтобы скорость тела была постоянной, необходимо равенство нулю суммы всех сил, действующих на тело (согласно первому закону Ньютона). На заряженную каплю жидкости действуют две силы: сила тяжести

$$F_{\tau} = mg \quad (1)$$

и электрическая (кулоновская) сила

$$F_{\kappa} = Eq = \frac{qU}{d}. \quad (2)$$

Кулоновская сила должна быть направлена в сторону, противоположную силе тяжести, чтобы уравновесить последнюю. Это означает, что заряд капли должен быть положительным. Абсолютную величину заряда находим, приравнявая правые части уравнений (1) и (2):

$$q = \frac{mgd}{U} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 9,8 \cdot 0,01}{5000} = 80 \text{ пКл}.$$

Ответ: 80.

3. Энергия W заряженного конденсатора выражается формулами

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2},$$

где q — заряд конденсатора; U — напряжение между его обкладками; C — электрическая емкость. Заменив в последней формуле U на \mathcal{E} , возьмем отношение энергий конденсаторов с ЭДС = $3\mathcal{E}$ емкостью C и ЭДС = \mathcal{E} емкостью $3C$.

В результате получим $\frac{W_2}{W_1} = \frac{C(3\mathcal{E})^2}{3C\mathcal{E}^2} = 3$.

Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 2.

6. Ответ: 4.

7. Ответ: 3.

День 59

3.2. Законы постоянного тока

3.2.1. Постоянный ток. Сила тока. Закон Ома для участка цепи. Удельное сопротивление

1. Сколько времени длится молния, если через поперечное сечение ее канала протекает заряд 30 Кл, а сила тока в среднем равна 24 кА?

- 1) 0,00125 с
- 2) 0,025 с
- 3) 0,05 с
- 4) 1,25 с

1 2 3 4 1

2. Как изменится сила тока, протекающего через проводник, если напряжение между его концами увеличить в 2 раза, а площадь сечения проводника уменьшить в 2 раза?

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза

1 2 3 4 2

3. Сила тока, протекающего по проводнику, равна 2 А. Какой заряд пройдет по проводнику за 10 с?

- 1) 0,2 Кл
- 2) 5 Кл
- 3) 20 Кл
- 4) 2 Кл

1 2 3 4 3

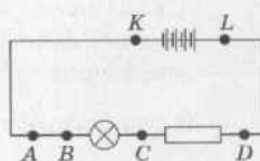
4. Если длину медного провода и напряжение между его концами увеличить в 2 раза, то сила тока, протекающего через провод

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза

1 2 3 4 4

5. Для измерения напряжения на лампе (рисунок) вольтметр следует подключить к таким точкам

- 1) *A* и *B*
- 2) *B* и *C*
- 3) *C* и *D*
- 4) *K* и *L*



1 2 3 4 5

Ответы:

Сила тока

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t},$$

$$[I] = \text{A}$$

Напряжение (U)
на участке цепи

$$U = \frac{A}{q},$$

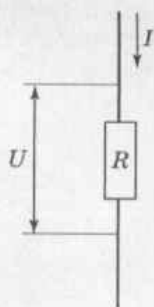
$$[U] = \text{B}$$

Закон Ома
для участка цепи

$$I = \frac{U}{R},$$

где R — сопротивление участка цепи,

$$[R] = \text{Ом} = \text{B/A}$$



1. Сила электрического тока (I) — это величина, характеризующая упорядоченное движение электрических зарядов и численно равная количеству заряда q , протекающего через определенную поверхность ΔS (поперечное сечение проводника) в единицу времени:

$$I = \frac{q}{t}. \quad (1)$$

Следовательно, $t = \frac{q}{I} = \frac{30}{24\,000} = 0,00125 \text{ с.}$

Ответ: 1.

2. Силу тока, протекающего через проводник, определяют согласно закону Ома для участка цепи: сила тока I на участке цепи равна отношению напряжения U на этом участке к его сопротивлению R :

$$I = \frac{U}{R}. \quad (1)$$

В свою очередь, сопротивление однородного проводника постоянного сечения зависит от материала проводника, его длины l и поперечного сечения S и определяется формулой

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

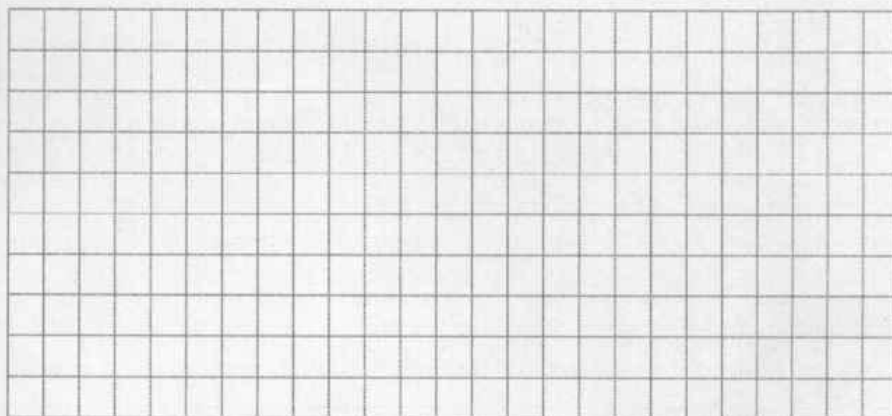
где ρ — удельное сопротивление вещества, из которого изготовлен проводник. Из приведенных формул видно, что увеличение напряжения в 2 раза приводит к увеличению тока во столько же раз. Уменьшение сечения в 2 раза приводит к увеличению сопротивления (2) и, следовательно, к уменьшению силы тока в 2 раза (1). В результате сила тока останется неизменной.

Ответ: 1.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

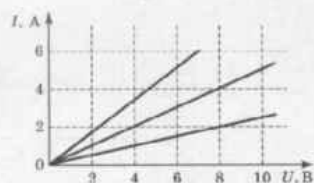
5. Ответ: 2.



День 60

3.2.2. Закон Ома для участка цепи

1. На рисунке изображены графики зависимости силы тока в трех проводниках от напряжения на их концах. Сопротивление какого проводника равно 4 Ом?



1 2 3 4 1

- 1) проводника 1
- 2) проводника 2
- 3) проводника 3
- 4) для такого проводника нет графика

2. Медная проволока имеет электрическое сопротивление 6 Ом. Какое электрическое сопротивление имеет медная проволока, у которой в 2 раза больше длина и в 3 раза больше площадь поперечного сечения?

1 2 3 4 2

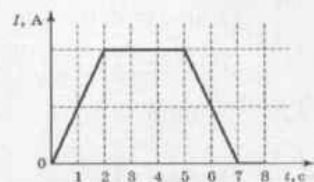
- 1) 36 Ом
- 2) 9 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 1 Ом

3. Сила тока в лампочке менялась с течением времени так, как показано на рисунке. В каких промежутках времени напряжение на контактах лампы не менялось? Считать сопротивление лампочки неизменным.

1 2 3 4 3

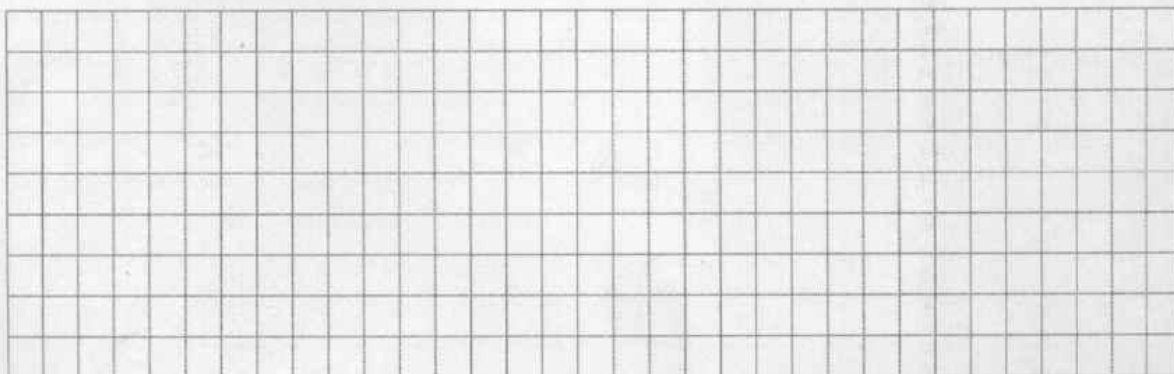
- 1) 0—1 с и 5—7 с
- 2) 1—5 с
- 3) 7—8 с
- 4) 1—5 с и 7—8 с

4. Как изменится сила тока, протекающего через медный провод, если напряжение на его концах увеличить в 2 раза, а длину этого провода уменьшить в 2 раза?



1 2 3 4 4

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) увеличится в 4 раза



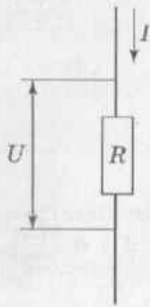
Ответы:

Закон Ома
для участка цепи

$$I = \frac{U}{R},$$

где R — сопротивление участка цепи,

$$[R] = \text{Ом} = \text{В/А}$$



1. Согласно закону Ома $I = \frac{U}{R}$. Отсюда находим, что сопротивление $R = \frac{U}{I} = 4$ Ом. По графику определяем, что таким сопротивлением обладает проводник 3.

Ответ: 3.

2. Используя формулу для сопротивления однородного проводника $R = \rho \frac{l}{S}$, подставляем в отношение сопротивлений первого и второго проводников значения длин l и поперечных сечений S , указанные в условии задачи:

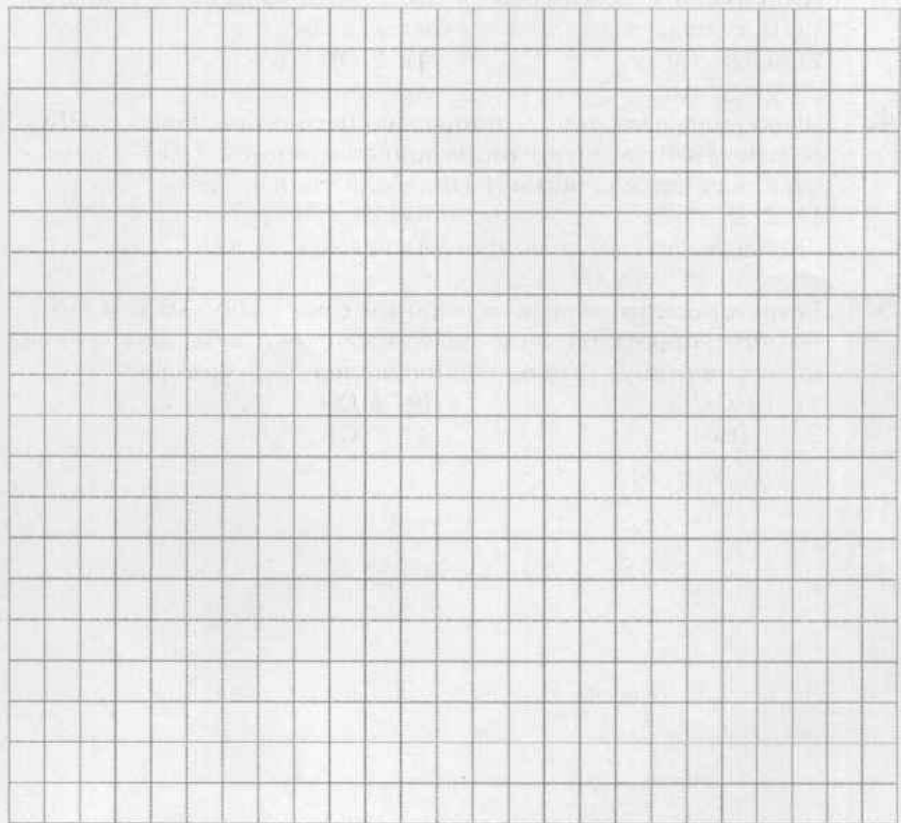
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho \frac{2l}{3S}}{\rho \frac{l}{S}} = \frac{2}{3}.$$

Отсюда находим $R_2 = \frac{2}{3} R_1 = 4$ Ом.

Ответ: 3.

3. Ответ: 2.

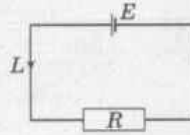
4. Ответ: 4.



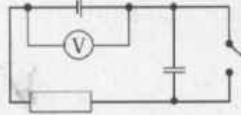
День 61

3.2.3. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной электрической цепи

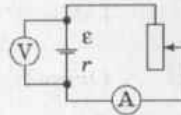
1. В схеме известны ЭДС источника $\mathcal{E} = 1$ В, ток в цепи $I = 0,8$ А, сопротивление внешнего участка цепи $R = 1$ Ом. Определите работу сторонних сил за 20 с.

 1

2. Схема электрической цепи показана на рисунке. Когда цепь разомкнута, вольтметр показывает 8 В. При замкнутой цепи вольтметр показывает 7 В. Сопротивление внешней цепи равно 3,5 Ом. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?

 2

3. При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр — 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

- 1) 0,5 Ом
2) 1 Ом

- 3) 1,5 Ом
4) 2 Ом

4. Электрическая цепь состоит из источника тока с ЭДС, равной 10 В, и внутренним сопротивлением 1 Ом и резистора с сопротивлением 4 Ом. Сила тока в цепи

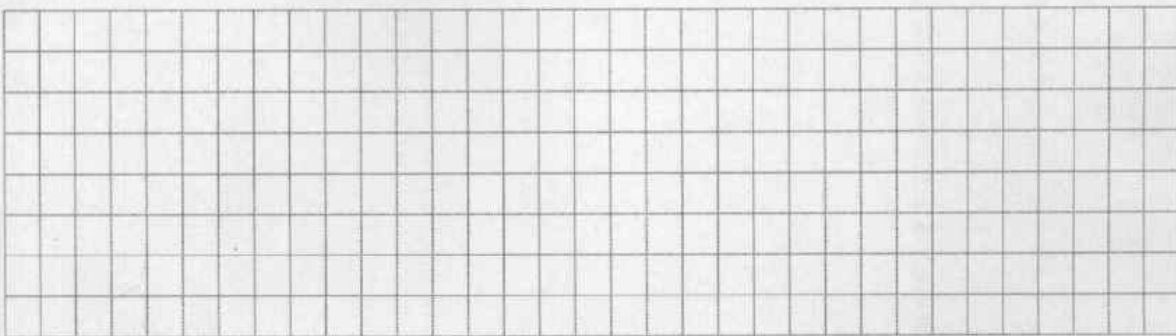
- 1) 2 А 3) 10 А
2) 2,5 А 4) 50 А

1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

5. Резистор подключен к источнику тока с ЭДС 10 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Сила тока в электрической цепи равна 2 А. Каково сопротивление резистора?

- 1) 10 Ом 3) 4 Ом
2) 6 Ом 4) 1 Ом

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---



Ответы:

ЭДС определяется как работа сторонних сил (источника тока) при переносе единичного электрического заряда вдоль замкнутого контура:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q},$$

где \mathcal{E} — ЭДС источника тока, $A_{\text{ст}}$ — работа сторонних сил, q — количество перемещенного заряда.

$$[\mathcal{E}] = \frac{\text{Дж}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \text{В}$$

ЭДС определяется как работа сторонних сил (источника тока) при переносе единичного электрического заряда вдоль замкнутого контура:

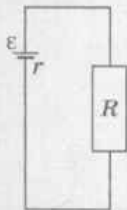
$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q},$$

где \mathcal{E} — ЭДС источника тока, $A_{\text{ст}}$ — работа сторонних сил, q — количество перемещенного заряда.

Закон Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r},$$

где r — внутреннее сопротивление источника тока



1. Из выражения для ЭДС работа сторонних сил определяется как

$$A_{\text{ст}} = \mathcal{E}q.$$

Подставив $q = It$, полученное из определения силы тока

$$I = \frac{q}{t}, \text{ находим}$$

$$A_{\text{ст}} = \mathcal{E}It = 1 \cdot 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ В.}$$

Ответ: 16.

2. Для решения задачи воспользуемся законом Ома для полной цепи, устанавливающим связь между силой тока I в цепи, ЭДС \mathcal{E} и полным сопротивлением цепи, состоящим из внешнего сопротивления R и внутреннего сопротивления источника тока r :

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (1)$$

Показания вольтметра, подсоединенного к клеммам источника тока при разомкнутой цепи, соответствуют ЭДС источника (ток по цепи не идет) $\mathcal{E} = 8 \text{ В}$. При замкнутой цепи вольтметр показывает падение напряжения на сопротивлении $U_R = 7 \text{ В}$, так как постоянный ток через конденсатор не идет и цепь представляет собой сопротивление $R = 3,5 \text{ Ом}$, подключенное последовательно с источником тока. Перепишем уравнение (1) в виде

$$\mathcal{E} = IR + Ir = U_R + Ir. \quad (2)$$

Из закона Ома для участка цепи $U_R = IR$ находим ток в замкнутой цепи:

$$I = \frac{U_R}{R}. \quad (3)$$

Подставим уравнение (3) в правую часть выражения (2):

$$r = \frac{\mathcal{E} - U_R}{\frac{U_R}{R}} = \frac{8 - 7}{\frac{3,5}{2}} = 0,5 \text{ Ом.}$$

Ответ: 0,5.

3. Запишем закон Ома для полной цепи для двух значений сопротивления реостата и показаний амперметра и вольтметра:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}, \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}.$$

Решая эти уравнения относительно внутреннего сопротивления r , находим

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = \frac{4 \cdot 2 - 6 \cdot 1}{1 - 2} = 2 \text{ Ом.}$$

Ответ: 4.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 3.

День 62

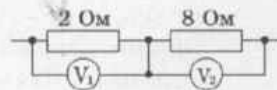
3.2.4. Последовательное соединение проводников. Падение напряжения

1. Участок цепи состоит из четырех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$, $3r$ и $4r$. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

1) $10r$ 2) $20r$ 3) $30r$ 4) $40r$

1 2 3 4 1

2. Два резистора включены в электрическую цепь последовательно. Как соотносятся показания вольтметров, изображенных на схеме?



- 1) $U_1 = 2U_2$ 3) $U_1 = \frac{1}{4}U_2$;
2) $U_1 = 4U_2$ 4) $U_1 = \frac{1}{2}U_2$.

1 2 3 4 2

3. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$ и $3r$. Каким должно быть сопротивление четвертого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым трем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 2 раза?

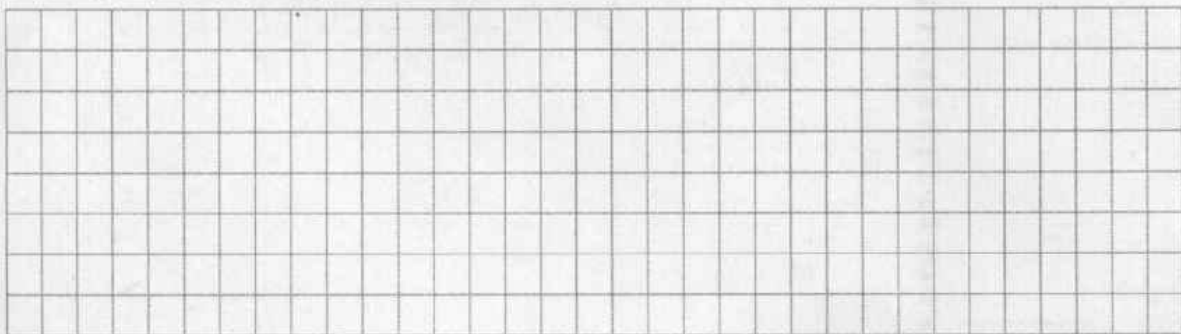
1) $12r$ 2) $2r$ 3) $3r$ 4) $6r$

1 2 3 4 3

4. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны r , $2r$ и $3r$. Сопротивление участка уменьшится в 1,5 раза, если убрать из него

- 1) первый резистор
2) второй резистор
3) третий резистор
4) первый и второй резисторы

1 2 3 4 4



Ответы:

Сопротивление
однородного линейного
проводника

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где S — площадь поперечного сечения проводника, l — его длина, ρ — удельное электрическое сопротивление,

$$[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$$

1. При последовательном соединении полное сопротивление R всего участка цепи равно сумме последовательно соединенных сопротивлений:

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

Таким образом, согласно условию задачи

$$r + 2r + 3r + 4r + R_x = 3(r + 2r + 3r + 4r).$$

Отсюда находим величину пятого сопротивления:

$$R_x = 3(r + 2r + 3r + 4r) - (r + 2r + 3r + 4r) = 2(r + 2r + 3r + 4r) = 20r.$$

Ответ: 2.

2. Для последовательного соединения двух сопротивлений справедливо соотношение $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$, из которого следует,

$$\text{что } U_1 = \frac{U_2 R_1}{R_2} = \frac{2U_2}{8} = \frac{1}{4}U_2.$$

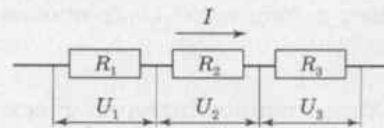
Ответ: 3.

3. Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

Последовательное соединение проводников

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



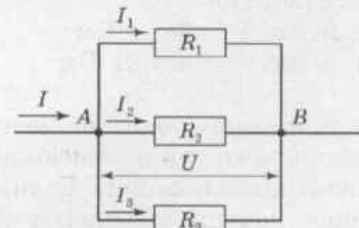
Вывод: $U_1 + U_2 + U_3 = U$ и $U = R \cdot I \Rightarrow U = I_1 U_1 + I_2 U_2 + I_3 U_3$.

Однако $I_1 = I_2 = I_3 = I \Rightarrow IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$.

Отсюда $R = R_1 + R_2 + R_3$.

Параллельное соединение проводников

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



Вывод: $I_1 + I_2 + I_3 = I$ и $I = \frac{U}{R} \Rightarrow I = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}$.

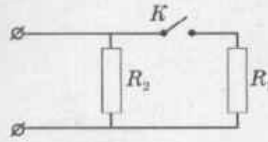
Однако $U_1 = U_2 = U_3 = U \Rightarrow \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$.

Отсюда $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$.

День 63

3.2.5. Параллельное и смешанное соединение проводников

1. Как изменится сопротивление цепи, изображенной на рисунке, при замыкании ключа K ?
- 1) уменьшится
 - 2) увеличится
 - 3) не изменится
 - 4) уменьшится или увеличится в зависимости от соотношения между сопротивлениями R_1 и R_2



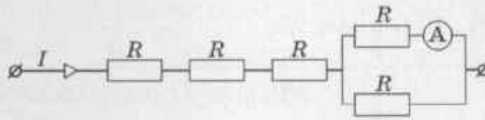
1 2 3 4 1

2. На участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого резистора — 8 Ом. Найдите общее сопротивление участка
- 1) 32 Ом
 - 2) 16 Ом
 - 3) 8 Ом
 - 4) 4 Ом



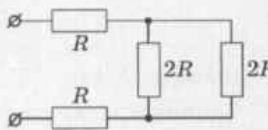
1 2 3 4 2

3. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 10$ А. Что показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.
- 1) 1 А
 - 2) 2 А
 - 3) 3 А
 - 4) 5 А



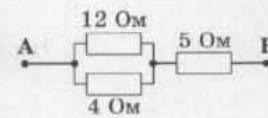
1 2 3 4 3

4. Общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, равно
- 1) $2,5 R$
 - 2) $3 R$
 - 3) $3,5 R$
 - 4) $4 R$



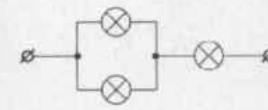
1 2 3 4 4

5. Сопротивление между точками A и B электрической цепи, показанной на рисунке, равно
- 1) 3 Ом
 - 2) 5 Ом
 - 3) 8 Ом
 - 4) 21 Ом



1 2 3 4 5

6. На рисунке показан участок цепи постоянного тока, имеющий 3 лампочки накаливания. Если сопротивление каждой лампочки 24 Ом, то сопротивление всего участка цепи
- 1) 72 Ом
 - 2) 48 Ом
 - 3) 36 Ом
 - 4) 8 Ом



1 2 3 4 6

7. Каким будет сопротивление участка цепи (см. рисунок), если ключ K замкнуть? (Каждый из резисторов имеет сопротивление R .)
- 1) $2R$
 - 2) 0
 - 3) $3R$
 - 4) R



1 2 3 4 7

Ответы:

1. Замыкание ключа приведет к тому, что в цепь будут включены два соединенных параллельно сопротивления R_1 и R_2 вместо одного R_1 . При параллельном соединении проводников складываются обратные значения их сопротивлений:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \quad R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Из этих формул, очевидно, следует, что параллельное подсоединение второго резистора приводит к уменьшению сопротивления цепи.

Ответ: 1.

2. Обозначим через R сопротивление каждого резистора, а сопротивление участка цепи, состоящего из двух параллельно включенных сопротивлений, через R_1 . Тогда, используя формулу (1) из предыдущей задачи, находим

$$R_1 = \frac{R}{2}.$$

Общее сопротивление цепи, которую можно заменить эквивалентной цепью, состоящей из трех последовательно соединенных резисторов R_1 , R_1 и R равно

$$2R_1 + R = 2R = 16 \text{ Ом}.$$

Ответ: 2.

3. При последовательном соединении проводников сила тока на отдельных ее участках одинакова.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots,$$

т.е. на участке цепи из трех последовательно соединенных резисторов идет общий ток $I = 10$ А. При параллельном соединении электрический ток, поступающий в точку разветвления проводников (она называется также *узлом*), равен сумме токов I_1 и I_2 в каждой из ветвей:

$$I = I_1 + I_2 = 10 \text{ А}. \quad (1)$$

При этом сила тока и сопротивления в проводниках связаны соотношением

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (2)$$

Поскольку сопротивления $R_2 = R_1 = r$, то из формул (1) и (2) следует, что токи в двух ветвях равны между собой:

$$I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = 5 \text{ А}.$$

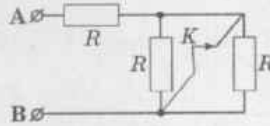
Ответ: 4.

4. Ответ: 2.
5. Ответ: 3.
6. Ответ: 3.
7. Ответ: 2.

День 64

3.2.6. Смешанное соединение проводников. Токи и напряжения в сложных цепях

1. Как изменится сопротивление участка цепи AB , изображенного на рисунке, если ключ K разомкнуть? Сопротивление каждого резистора равно 4 Ом.



1 2 3 4 1

- 1) уменьшится на 4 Ом
- 2) уменьшится на 2 Ом
- 3) увеличится на 2 Ом
- 4) увеличится на 4 Ом

2. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 4$ А. Что показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

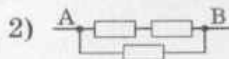
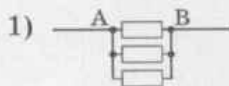


1 2 3 4 2

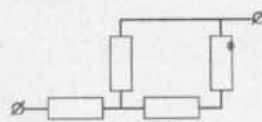
- 1) 1 А
- 2) 2 А
- 3) 3 А
- 4) 1,5 А

3. Три одинаковых резистора с сопротивлением R соединены четырьмя способами. В каком случае сопротивление участка $A - B$ равно $\frac{2}{3}R$?

1 2 3 4 3



4. В цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивление каждого резистора равно 3 Ом. Полное сопротивление цепи равно



1 2 3 4 4

- 1) 12 Ом
- 2) 7,5 Ом
- 3) 5 Ом
- 4) 4 Ом

Ответы:

1. При включенном ключе ток через второй (левый от ключа) и третий (правый) резисторы не идет, так как ключ замыкает накоротко участок цепи из двух параллельных резисторов. Сопротивление участка AB в этом случае равно $R = 4$ Ом. При разомкнутом ключе сопротивление участка AB равно $R + \frac{R}{2} = 6$ Ом, т. е. сопротивление увеличится на 2 Ом.

Ответ: 3.

2. Две ветви цепи, представленной на рисунке, имеют сопротивления (участок цепи с амперметром) и параллельная ему — сопротивление $3r$ (последовательное соединение трех сопротивлений). При параллельном соединении сопротивлений токи обратно пропорциональны сопротивлениям, а сумма токов через эти сопротивления равна току, поступающему в точку разветвления проводников. Обозначим ток в участке цепи с амперметром через I_1 , а в участке с тремя сопротивлениями — через I_2 и запишем уравнения:

$$I = I_1 + I_2, \quad (1)$$

$$I_1/I_2 = 3r/r = 3 \quad (2)$$

Решая эту систему уравнений относительно I_1 , находим:

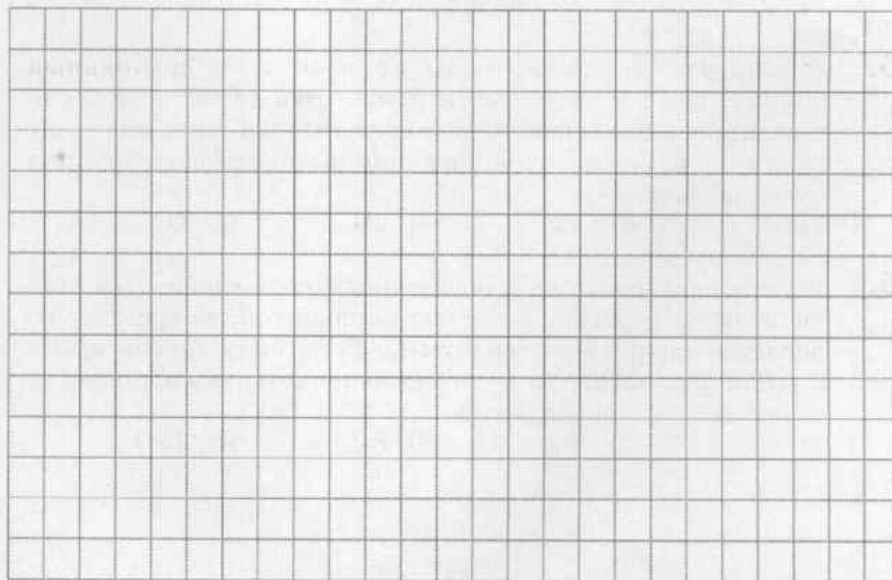
$$I_1 = 3I/4$$

Подставив в последнее выражение численное значение тока $I = 4$ А из условия задачи, найдем ток через амперметр $I_1 = 3$ А.

Ответ: 3.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 3.



День 65

3.2.7. Работа тока. Закон Джоуля — Ленца

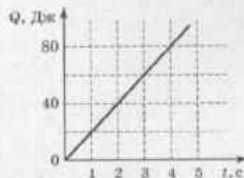
1. Перемещая заряд в первом проводнике, электрическое поле совершает работу 20 Дж. Во втором проводнике при перемещении такого же заряда электрическое поле совершает работу 40 Дж. Отношение $\frac{U_1}{U_2}$ напряжений на концах первого и второго проводников равно
 1) 1 : 4 2) 1 : 2 3) 4 : 1 4) 2 : 1

1 2 3 4 1

2. При прохождении по проводнику электрического тока силой 5 А в течение 2 мин совершается работа 150 кДж. Чему равно сопротивление проводника?
 1) 0,02 Ом 2) 50 Ом 3) 3 кОм 4) 15 кОм

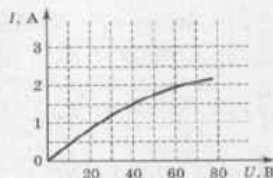
1 2 3 4 2

3. По резистору течет постоянный ток. На рисунке приведен график зависимости количества теплоты, выделяемого в резисторе, от времени. Сопротивление резистора — 5 Ом. Чему равна сила тока в резисторе?



1 2 3 4 3

4. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 2 А ток в лампе за 3 с совершает работу
 1) 90 Дж 3) 270 Дж
 2) 10,8 кДж 4) 360 Дж



1 2 3 4 4

5. В электронагревателе, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если сопротивление нагревателя и время t увеличить вдвое, не изменяя силу тока, то количество выделившейся теплоты будет равно
 1) $8Q$ 2) $4Q$ 3) $2Q$ 4) Q

1 2 3 4 5

6. В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если силу тока и время t увеличить вдвое, то количество теплоты, выделившейся в нагревателе, будет равно
 1) Q 2) $4Q$ 3) $8Q$ 4) $12Q$

1 2 3 4 6

Ответы:

Работа тока

$$A = I \cdot U \cdot \Delta t,$$

где U — напряжение,
 A — работа электрического тока на участке цепи за время Δt ,
[A] = Дж

Закон Джоуля – Ленца

Если на участке цепи под действием электрического поля не совершается механическая работа и не происходят химические превращения, то работа поля приводит только к нагреванию проводника (выделяется так называемое джоулево тепло):

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t,$$

где Q — количество теплоты, выделившейся в проводнике за время t при прохождении тока, I — сила тока в проводнике, R — сопротивление проводника.

1. Работа A , совершаемая электрическим полем по перемещению заряда q , определяется выражением

$$A = qU, \quad (1)$$

где U — разность потенциалов между исходной и конечной точками (в данном случае это напряжение на концах проводника). Из этого выражения следует пропорциональность напряжений и проделанных работ:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{U_1}{U_2} = 1 : 2.$$

Ответ: 1.

2. Работа электрического тока A на участке цепи равна произведению напряжения U на концах этого участка на силу тока I и время t , в течение которого совершалась работа:

$$A = IUt.$$

Воспользовавшись законом Ома, выполним замену $U = IR$, тогда

$$A = I^2 Rt.$$

Из последнего выражения находим

$$R = 50 \text{ Ом}.$$

Ответ: 2.

3. Согласно закону Джоуля — Ленца количество теплоты, выделяемое в проводнике на участке электрической цепи с сопротивлением R при протекании по нему постоянного тока I в течение времени t , равно произведению квадрата тока на сопротивление и время:

$$Q = I^2 Rt.$$

Отсюда находим $I = \left(\frac{Q}{Rt}\right)^{\frac{1}{2}}$. Подставив в последнюю формулу значение выделенного тепла $Q = 80$ Дж, определенное по ординате графика, и соответствующее ему значение времени $t = 4$ с, определенное по абсциссе графика, а также данное в условии задачи значение сопротивления $R = 5$ Ом, находим $I = 2$ А.

Ответ: 2.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 2.

6. Ответ: 3.

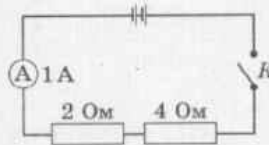
День 66

3.2.7. Работа тока. Закон Джоуля — Ленца

1. Две проволоки одинаковой длины, изготовленные из одного материала, включены последовательно в электрическую цепь. Сечение первой проволоки в 3 раза больше сечения второй. Количество теплоты, выделяемое в единицу времени, в первой проволоке
- 1) в 3 раза больше, чем во второй
 - 2) в 3 раза меньше, чем во второй
 - 3) в 9 раз больше, чем во второй
 - 4) в 3 раза меньше, чем во второй

1 2 3 4 1

2. Изучая закономерности соединения резисторов, ученик собрал электрическую цепь, изображенную на рисунке. Какая энергия выделится во внешней части цепи при протекании тока в течение 10 мин? Необходимые данные указаны на схеме. Амперметр считать идеальным.



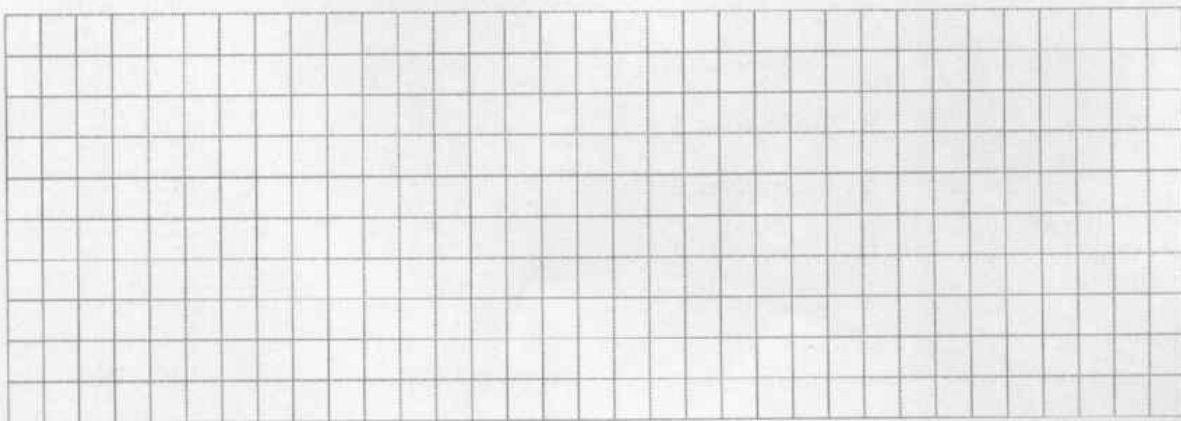
2

3. При прохождении по проводнику электрического тока силой 5 А в течение 2 мин совершается работа 150 кДж. Чему равно сопротивление проводника?
- 1) 0,02 Ом
 - 2) 50 Ом
 - 3) 3 кОм
 - 4) 15 кОм

1 2 3 4 3

4. В электронагревателе с неизменным сопротивлением спирали, через который течет постоянный ток, за время t выделяется количество теплоты Q . Если силу тока увеличить вдвое, а время t в 2 раза уменьшить, то количество теплоты, выделившейся в нагревателе, будет равно
- 1) $\frac{1}{2}Q$
 - 2) $2Q$
 - 3) $4Q$
 - 4) Q

1 2 3 4 4



Ответы:

- 1.** Воспользуемся законом Джоуля — Ленца $Q = I^2 R t$. Подставив выражение для сопротивления $R = \rho \frac{l}{S}$ в закон Джоуля — Ленца, получим формулу для количества теплоты $Q = I^2 \rho \frac{l}{S} t$, из которой следует, что Q обратно пропорционально сечению провода. Следовательно, количество теплоты, выделяемое в единицу времени в первой проволоке, в 3 раза меньше, чем во второй.

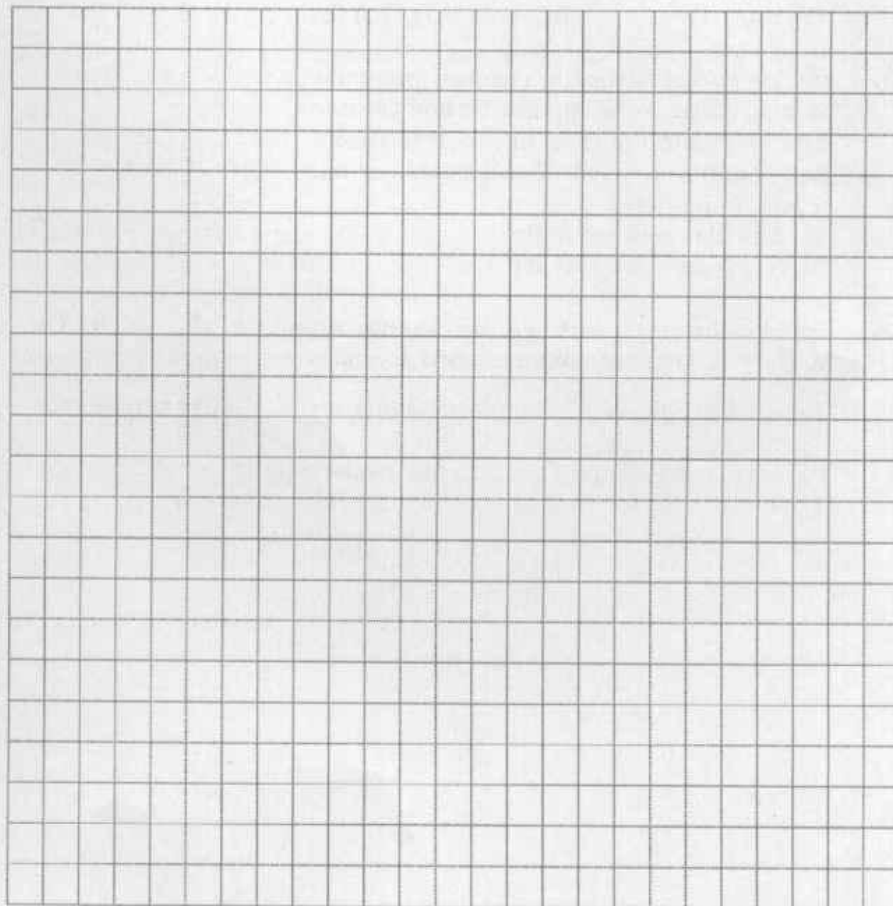
Ответ: 2.

- 2.** Из схемы следует, что общее сопротивление цепи равно 6 Ом (при последовательном соединении резисторов их сопротивления складываются). Энергия, выделяемая во внешней цепи, определяется непосредственно из закона Джоуля — Ленца $Q = I^2 R t = I^2 A^2 \cdot 6 \text{ Ом} \cdot 600 \text{ с} = 3600 \text{ Дж}$.

Ответ: 3600.

- 3.** *Ответ:* 2.

- 4.** *Ответ:* 2.



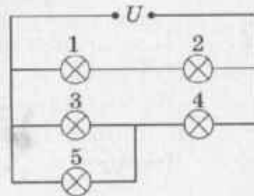
День 67

3.2.8. Мощность тока

1. В паспорте галогенной автомобильной лампы написано «12 В, 100 Вт». Какова сила электрического тока, текущего через работающую лампу?
 1) 0,12 А 2) 8,33 А 3) 833 мА 4) 1200 А

1 2 3 4 1

2. Какая лампа (см. рисунок) горит ярче других (все лампы имеют одинаковое сопротивление)?
 1) 5
 2) 2
 3) 3
 4) 4

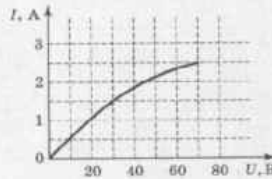


1 2 3 4 2

3. На штепсельных вилках некоторых бытовых электрических приборов имеется надпись «6 А, 250 В». Определите максимальную допустимую мощность электроприборов, которые можно включать, используя такие вилки.
 1) 1500 Вт 2) 41,6 Вт 3) 1,5 Вт 4) 0,024 Вт

1 2 3 4 3

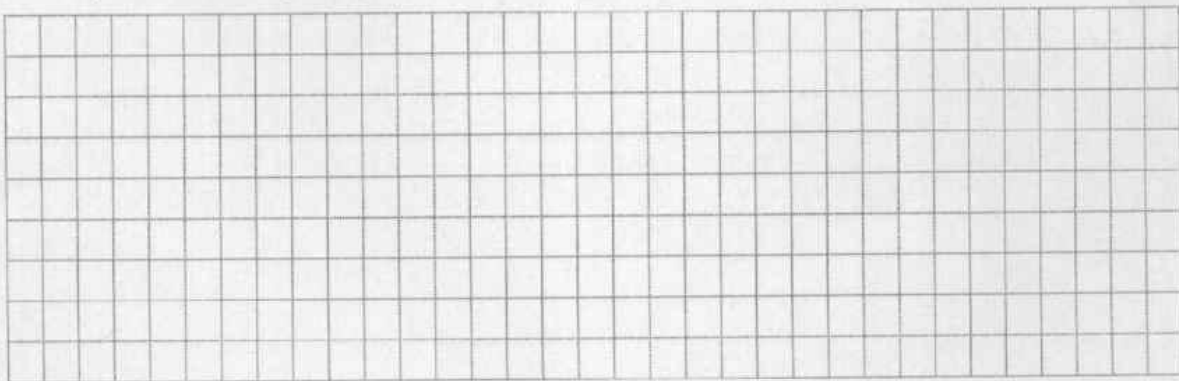
4. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на ее клеммах. При силе тока 1,5 А мощность тока в лампе равна:
 1) 135 Вт 3) 45 Вт
 2) 67,5 Вт 4) 20 Вт



1 2 3 4 4

5. Два резистора, имеющие сопротивления $R_1 = 3 \text{ Ом}$ и $R_2 = 6 \text{ Ом}$, включены параллельно в цепь постоянного тока. Чему равно отношение мощностей $\frac{P_1}{P_2}$ электрического тока, выделившихся в этих резисторах?
 1) 1 : 1 2) 1 : 2 3) 2 : 1 4) 4 : 1

1 2 3 4 5



Ответы:

Мощность тока

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U,$$

где P — мощность электрического тока, I — сила тока, U — напряжение,

$$[P] = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$$

1. Мощность P , выделяемая на участке цепи при протекании тока I с напряжением U на ее концах:

$$P = IU. \quad (1)$$

Отсюда находим $I = \frac{P}{U} = \frac{100}{12} = 8,33 \text{ А}$.

Ответ: 2.

2. Яркость лампы определяется выделяемой на ее спирали мощностью

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}. \quad (1)$$

Заменим участок цепи, в которую включены лампы 3 и 5, на эквивалентный ему резистор с сопротивлением $\frac{R}{2}$ (лампы включены параллельно). Тогда электрическая цепь будет представлена двумя ветвями, соединенными параллельно: первая — лампы 1 и 2 с сопротивлением $2R$ (последовательное соединение проводников) и вторая — лампа 4 с сопротивлением R и эквивалентный резистор с сопротивлением $\frac{R}{2}$ и общим сопротивлением $1,5R$ (также последовательное соединение проводников). Падение напряжения на концах этих ветвей, соединенных параллельно, одно и то же и равно U . При последовательном соединении общее напряжение U на концах ветви равно сумме падений напряжений на отдельных ее участках $U = U_1 + U_2$, при этом $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$.

Следовательно $U_1 = U_2 = \frac{U}{2}$.

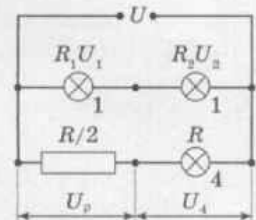
Для второй ветви падение напряжения на лампе 4 и эквивалентном резисторе соотносится как

$$\frac{U_4}{U_p} = \frac{2R}{R} = 2,$$

при этом $U_4 + U_p = U$.

Таким образом, падение напряжения на лампе 4:

$$U_4 = \frac{U}{1,5}.$$



Аналогично падение напряжений на лампах 3 и 5:

$$U_3 = U_5 = \frac{U}{3}.$$

Таким образом, максимальное падение напряжения и максимальная мощность будет на лампе 4.

Эту задачу можно решать, сравнивая токи, текущие в разных ее ветвях.

Ответ: 4.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 3.

Ответы:

- 1.** Проводимость газов обеспечивается как электронами, так и положительно и отрицательно заряженными ионами (в отличие от электролитов, где проводимость только ионная). Электрический ток в металлах обусловлен упорядоченным движением свободных электронов (электронов проводимости).

Ответ: 3.

- 2.** Электролитами, или проводниками второго рода, называются вещества, в которых прохождение электрического тока сопровождается электролизом. Электролиз — это выделение на электродах составных частей растворенных веществ или продуктов вторичной реакции. В электролитах, являющихся водными растворами (или расплавами) кислот, щелочей, солей, перенос осуществляется ионами. Такая проводимость называется ионной.

Ответ: 3.

- 3.** Перенос вещества в случае прохождения электрического тока происходит, если носителями тока являются положительно или отрицательно заряженные ионы, как в электролитах или газах. В случае электронной проводимости (в металлах и газах) переноса вещества нет. В полупроводниках, где наблюдается электронная и дырочная проводимость, вещество также не переносится. (Дырочная проводимость представляет собой направленное движение валентных электронов по узлам решетки с недостающим электроном — дыркой, имеющим эффективный положительный заряд, т. е. фактически перемещение электронов.)

Ответ: 4.

- 4.** *Ответ: 4.*

- 5.** *Ответ: 1.*

Электрический ток в различных средах

Название среды	Носители заряда
Металлы	Свободные электроны
Электролиты	Положительные и отрицательные ионы (иногда электроны и протоны)
Газы, плазма	Электроны и ионы
Вакуум	Электроны, вылетевшие с поверхности электрода вследствие эмиссии
Полупроводники	Электроны и дырки

Ответы:

Полупроводники

Вещества, в которых количество свободных зарядов зависит от температуры. При низких температурах — диэлектрики, при комнатной температуре — проводят ток. В отличие от металлов, удельное сопротивление полупроводников с повышением температуры уменьшается.

1. Проводимость полупроводников, не содержащих примесей, т. е. беспримесных, называется собственной проводимостью полупроводника и может быть обусловлена как дырочной, так и электронной проводимостью.

Примесная проводимость полупроводника в зависимости от сорта примеси может быть электронной (ее создают донорные примеси) либо дырочной (ее создают акцепторные примеси).

Ответ: 4.

2. Акцепторные примеси приводят к увеличению концентрации дырок. Валентность атомов акцепторной примеси ниже атомов решетки кристалла. Например, для четырехвалентного кремния такой примесью является трехвалентный индий. Атому индия, встроенному в решетку кремния, для образования нормальных парноэлектронных связей с соседями не хватает одного электрона. В результате образуется дырка. Такие полупроводниковые материалы обладают в основном дырочной проводимостью.

Ответ: 2.

3. Ответ: 4.

4. Ответ: 1.

Типы полупроводников

Чистые полупроводники	Чистые полупроводники (кремний, германий) обладают собственной проводимостью. Электроны становятся свободными в основном в результате разрыва ковалентных связей в чистом полупроводнике при повышении температуры проводника
Примесные полупроводники <i>n</i> -типа	Примесные полупроводники <i>n</i> -типа (примесь мышьяка в кремнии) обладают электронной проводимостью. Примесные атомы обладают большей валентностью, чем основные атомы, т. е. содержат один лишний электрон. При незначительном повышении температуры эти лишние электроны становятся свободными
Примесные полупроводники <i>p</i> -типа	Примесные полупроводники <i>p</i> -типа (примесь индия в кремнии) обладают дырочной проводимостью. Валентность примесных атомов меньше валентности основных атомов. Появляются дырки, которые под действием электрического поля «движутся» как положительно заряженные частицы

3.3. Магнитное поле

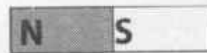
3.3.1. Магнитное поле. Взаимодействие токов. Взаимодействие магнитов. Силовые линии магнитного поля. Индукция магнитного поля

1. Как взаимодействуют два параллельных друг другу проводника, если электрический ток в них протекает в противоположных направлениях?

- 1) сила взаимодействия равна нулю
- 2) проводники притягиваются
- 3) проводники отталкиваются
- 4) проводники поворачиваются в одинаковом направлении

1 2 3 4 1

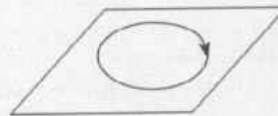
2. К магнитной стрелке (северный полюс затемнен, см. рисунок), которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости чертежа, поднесли постоянный полосовой магнит. При этом стрелка



- 1) повернется на 180°
- 2) повернется на 90° по часовой стрелке
- 3) повернется на 90° против часовой стрелки
- 4) останется в прежнем положении

1 2 3 4 2

3. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в горизонтальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен



- 1) вертикально вверх
- 2) влево \leftarrow
- 3) вправо \rightarrow
- 4) вертикально вниз \downarrow

1 2 3 4 3

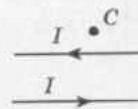
4. На рисунке (вид сверху) показана картина линий индукции магнитного поля прямого проводника с током. В какой из четырех точек индукция магнитного поля наименьшая?



- 1) в точке *a*
- 2) в точке *b*
- 3) в точке *в*
- 4) в точке *z*

1 2 3 4 4

5. По двум тонким прямым проводникам, параллельным друг другу, текут одинаковые токи I (см. рисунок). Как направлено создаваемое ими магнитное поле в точке C ?



- 1) к нам \odot
- 2) от нас \otimes
- 3) вверх \uparrow
- 4) вниз \downarrow

1 2 3 4 5

Ответы:

Магнитное поле

Одна из форм материи (отличной от вещества), существующей в пространстве, окружающем постоянные магниты, проводники с током и движущиеся заряды.

Магнитные силовые линии или линии магнитной индукции поля

Линии касательные к которым в любой точке совпадают с направлением поля в этой точке.

За направление поля (направление магнитной линии поля) в данной точке поля принято считать направление, которое указывает северный полюс магнитной стрелки в этой точке поля. Магнитные стрелки устанавливаются по касательным к силовым линиям поля.

1. Если токи в проводниках текут в одну сторону, т. е. параллельны, то проводники притягиваются, а если в противоположные стороны (т. е. антипараллельны), то отталкиваются.

Ответ: 3.

2. Постоянный магнит — это изделие из материала, являющегося самостоятельным источником постоянного магнитного поля. Если поднести два магнита друг к другу одноименными полюсами, можно увидеть, что они отталкиваются, а если разноименными — притягиваются. Поэтому магнитная стрелка повернется против часовой стрелки, притягиваясь своим северным полюсом к южному полюсу постоянного полосового магнита.

Ответ: 3.

3. Направление вектора магнитной индукции \vec{B} кругового тока находим по правилу правого буравчика (для прямого тока или элемента тока). Острие буравчика располагаем к каждой точке окружности контура с током вдоль касательной к этому контуру, с острием, направленным по току. Тогда ясно, что во всех точках этого контура направление вращения одно — вертикально вниз.

Ответ: 4.

4. Силовыми линиями прямого тока, как показано на рисунке, являются концентрические окружности. Плотность (или густоту) силовых линий магнитного поля принято изображать пропорционально силе магнитного поля. Картина силовых линий поля свидетельствует как о направлении поля, так и о его величине. Таким образом, как следует из рисунка, индукция магнитного поля будет наименьшей в точке z . Понятно также, что чем дальше от источника поля (провод стоком), тем слабее индукция.

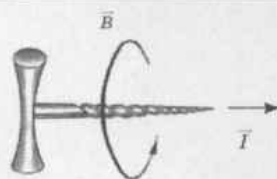
Ответ: 4.

5. Ответ: 2.

Общие правила для определения направления линий магнитного поля тока

Правило буравчика (правого винта)

Направление линий магнитного поля тока совпадает с направлением вращения буравчика (правого винта), который закручивают в направлении тока.



Правило правой руки

Если расположить пальцы правой руки так, как показано на рисунке, и направить большой палец по направлению тока, то остальные пальцы покажут направление линий магнитного поля.



День 71

3.3.2. Действие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера

1. С какой силой действует однородное магнитное поле с индукцией 2,5 Тл на проводник длиной 50 см, расположенный под углом 30° к вектору индукции, при силе тока в проводнике 0,5 А?
 1) 31,25 Н 2) 54,38 Н 3) 0,55 Н 4) 0,3125 Н

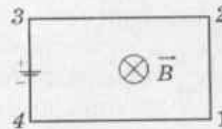
1 2 3 4 1

2. На проводник 2 со стороны двух других проводников действует сила Ампера (рисунок). Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, расстояния между соседними проводниками одинаковы (I — сила тока). В этом случае сила Ампера
 1) направлена вверх \uparrow 3) направлена от нас \otimes
 2) направлена вниз \downarrow 4) равна нулю



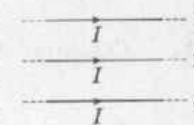
1 2 3 4 2

3. Электрическая цепь, состоящая из четырех прямолинейных горизонтальных проводников (1 — 2, 2 — 3, 3 — 4, 4 — 1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого \vec{B} направлен вертикально вниз (рисунок, вид сверху). Куда направлена сила Ампера, действующая на проводник 1 — 2?
 1) вертикально вверх 3) горизонтально вправо
 2) вертикально вниз 4) горизонтально влево



1 2 3 4 3

4. Как направлена сила Ампера, действующая на проводник 1 со стороны двух других (см. рисунок), если все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу и расстояния между соседними проводниками одинаковы? (I — сила тока.)
 1) к нам \leftarrow 3) вверх \uparrow
 2) от нас \rightarrow 4) вниз \downarrow



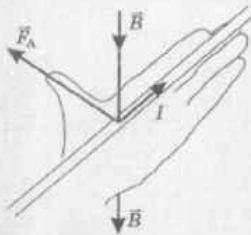
1 2 3 4 4

Закон Ампера

На прямолинейный участок проводника Δl , по которому течет ток I в магнитном поле с индукцией B , действует сила

$$F = B|I|\Delta l \sin \alpha,$$

где α — угол между вектором \vec{B} и направлением отрезка проводника с током (элементом тока). (За направление элемента тока принимают направление, в котором по проводнику течет ток.)



1. Согласно закону Ампера, на прямолинейный участок проводника Δl , по которому течет ток I в магнитном поле с индукцией B , действует сила

$$F = B|I|\Delta l \sin \alpha,$$

где α — угол между вектором \vec{B} и направлением отрезка проводника с током (элементом тока). (За направление элемента тока принимают направление, в котором по проводнику течет ток.) Подставив в формулу закона Ампера данные из условия задачи, получим

$$F = 0,3125 \text{ Н.}$$

Ответ: 4.

2. Направление силы Ампера определяется с помощью правила левой руки: если расположить ладонь левой руки так, чтобы силовые линии магнитного поля входили в нее перпендикулярно, а четыре вытянутых пальца указывали направление тока в проводнике, то отставленный большой палец укажет направление силы, действующей на проводник с током. Отсюда следует, что на проводник 2 со стороны проводников 1 и 3 действуют одинаковые, но противоположно направленные силы, в сумме равные нулю.

Ответ: 4.

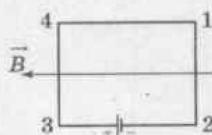
3. Из рисунка видно, что ток течет в направлении от точки 2 к точке 1 (от положительного полюса источника тока к отрицательному). Следовательно, используя правило левой руки, располагаем ладонь левой руки так, чтобы силовые линии магнитного поля входили в нее перпендикулярно (т. е. расположим ее горизонтально ладонью вверх), а четыре вытянутых пальца указывали направление тока в проводнике. Тогда отставленный большой палец укажет направление силы, действующей на проводник с током, а именно горизонтально вправо.

Ответ: 3.

4. Ответ: 4.

3.3.3. Действие магнитного поля на движущийся точечный электрический заряд. Сила Лоренца

1. Пучок ионов попадает в камеру масс-спектрометра через отверстие в точке A со скоростью $v = 3 \cdot 10^4$ м/с, направленной перпендикулярно стенке AC . В камере создается однородное магнитное поле,



линии вектора индукции которого перпендикулярны вектору скорости ионов. Двигаясь в этом поле, ионы попадают на мишень, расположенную в точке C на расстоянии 18 см от точки A (см. рисунок). Чему равна индукция магнитного поля B , если отношение массы иона к его заряду $\frac{m}{g} = 6 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл?

	1
--	---

2. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $\frac{m_2}{m_1} = 4$ влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны их скоростям: первая — в поле с индукцией B_1 , вторая — в поле с индукцией B_2 . Найдите отношение времен $\frac{T_2}{T_1}$, затраченных частицами на один оборот, если радиусы их траекторий одинаковы, а отношение индукций $\frac{B_2}{B_1} = 2$.

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. Два первоначально покоившихся электрона ускоряются в электрическом поле: первый — в поле с разностью потенциалов U , второй — $2U$. Ускорившиеся электроны попадают в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны скорости движения электронов. Отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электронов в магнитном поле равно

1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

- 1) $\frac{1}{4}$ 2) $\frac{1}{2}$ 3) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 4) $\sqrt{2}$

4. Нейтрон 1_0n и альфа-частица ${}^4_2\text{He}$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции с одинаковыми скоростями v . Отношение модулей сил $\frac{F_n}{F_{\text{He}}}$, действующих на них со стороны магнитного поля в этот момент времени, равно

1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

- 1) 1 2) $\frac{1}{2}$ 3) $\frac{1}{4}$ 4) 0

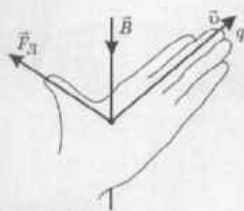
Ответы:

Сила Лоренца

Сила, действующая со стороны магнитного поля на движущийся заряд:

$$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

где v — скорость заряда, B — модуль вектора магнитной индукции, α — угол между векторами \vec{v} и \vec{B} . Вектор \vec{F}_L перпендикулярен к векторам \vec{v} и \vec{B} .



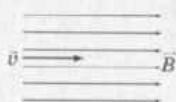
Движение заряженных частиц в магнитном поле



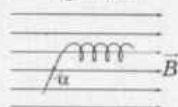
траектория движения — окружность радиусом:

$$R_L = \frac{mv}{qB}$$

(ларморовский радиус)



траектория движения — прямая



траектория движения — винтовая линия

1. На заряд, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца, модуль которой можно найти из закона Ампера, и составляет

$$F = |q|vB \sin \alpha, \quad (1)$$

где q — заряд частицы, v — скорость ее движения, α — угол между векторами скорости и индукции магнитного поля. Направление силы Лоренца определяется с помощью правила левой руки: если расположить ладонь левой руки так, чтобы четыре вытянутых пальца указывали направление движения заряда, а вектор магнитной индукции поля входил в ладонь, то отставленный большой палец укажет направление силы Лоренца, действующей на положительный заряд; если заряд частицы отрицательный, то сила Лоренца будет направлена в противоположную сторону. Сила, действующая со стороны магнитного поля на частицу, движущуюся перпендикулярно силовым линиям поля, заставит ее равномерно вращаться по окружности радиуса

$$r = \frac{mv}{|q|B}. \quad (2)$$

Из этой формулы определяется величина индукции магнитного поля

$$B = \frac{mv}{|q|r}. \quad (3)$$

Из рисунка видно, что расстояние AB — это диаметр окружности, половину дуги которого описала частица, попавшая в мишень. Подставив в формулу (3) численные значения параметров из условия задачи, получим $B = 0,2$ Тл. *Ответ:* 0,2.

2. Частица, влетевшая в однородное магнитное поле, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен ее скорости, будет равномерно вращаться по окружности радиуса

$$r = \frac{mv}{|q|B}. \quad (1)$$

Время, затраченное частицей на один полный оборот, — период обращения $T = \frac{2\pi r}{v}$. Подставив сюда отношение радиуса к скорости из формулы (1), находим

$$T = 2\pi \frac{m}{qB} \quad (2)$$

Разделив правые и левые части равенств (2), составленных для второй и первой частиц, находим отношение периодов обращения частиц $\frac{T_2}{T_1}$:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{m_2 B_1}{m_1 B_2} = \frac{4}{2} = 2.$$

Ответ: 2.

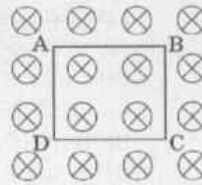
3. *Ответ:* 3.

4. *Ответ:* 4.

3.3.4. Магнитный поток.

Явление электромагнитной индукции

1. Контур $ABCD$ находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого направлены перпендикулярно плоскости чертежа от наблюдателя (см. рисунок, вид сверху). Магнитный поток через контур будет меняться, если контур



1 2 3 4 1

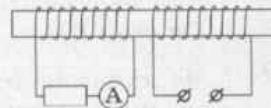
- 1) движется в направлении от наблюдателя
- 2) движется в направлении к наблюдателю
- 3) поворачивается вокруг стороны AB
- 4) движется в плоскости рисунка

2. Один раз металлическое кольцо падает на стоящий вертикально полосовой магнит так, что надевается на него, второй раз — пролетает мимо него. Плоскость кольца в обоих случаях горизонтальная. Ток в кольце

1 2 3 4 2

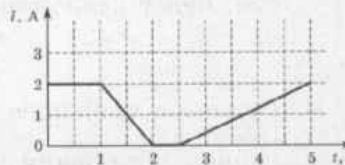
- 1) возникает в обоих случаях
- 2) не возникает ни в одном из случаев
- 3) возникает только в первом случае
- 4) возникает только во втором случае

3. На железный сердечник надеты две катушки (рисунок). По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику.



1 2 3 4 3

В какие промежутки времени амперметр покажет наличие тока в левой катушке?



- 1) от 1 до 2 с и от 2,5 до 5 с
- 2) только от 1 до 2 с
- 3) от 0 до 1 с и от 2 до 2,5 с
- 4) только от 2,5 до 5 с

4. Какой процесс объясняется явлением электромагнитной индукции?

1 2 3 4 4

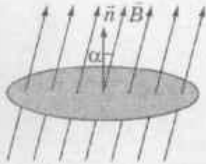
- 1) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током
- 2) взаимодействие двух проводов с током
- 3) появление тока в замкнутой катушке при опускании в нее постоянного магнита
- 4) возникновение силы, действующей на проводник с током в магнитном поле

Ответы:

Магнитный поток (поток магнитной индукции) через площадку площадью S определяется по формуле:

$$\Phi = B_n \cdot S = B \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

где $[\Phi] = \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \text{Вб}$, B_n — проекция вектора \vec{B} на нормаль \vec{n} к плоскости площадки, α — угол между \vec{B} и \vec{n} .



1. Под магнитным потоком понимают поток Φ вектора магнитной индукции \vec{B} через какую-либо поверхность S . Магнитный поток, пронизывающий контур, равен произведению модуля вектора индукции магнитного поля \vec{B} на площадь S , ограниченную этим контуром, и на косинус угла α между нормалью к плоскости контура \vec{n} и вектором \vec{B} :

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

или

$$\Phi = B_n S,$$

где $B_n = B \cos \alpha$ — проекция вектора магнитной индукции на нормаль к плоскости контура.

Из этого определения следует, что в однородном магнитном поле (B не меняется в пространстве и во времени) Φ будет меняться при изменении величин(ы) S и(или) α . Поскольку площадь контура $ABCD$ неизменна, то для того чтобы поток через контур менялся, необходимо изменение угла α . Из всех перечисленных в задаче вариантов ответов это условие выполняется в ответе 3: «Магнитный поток через контур будет меняться, если контур поворачивается вокруг стороны AB ».

Ответ: 3.

2. В обоих случаях падения металлическое кольцо пересекает магнитные силовые линии (магнитное поле) полосового магнита так, что поток вектора магнитной индукции через контур, охватываемый кольцом, меняется. Следовательно, согласно определению явления электромагнитной индукции (при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего контур замкнутого проводника, в этом проводнике возникает электрический ток, существующий в течение всего процесса изменения магнитного потока) в кольце должен возникать ток.

Ответ: 1.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 3.

День 74

3.4. Электромагнитная индукция

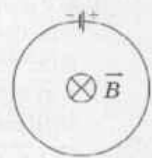
3.4.1. Основной закон электромагнитной индукции

1. В опыте по наблюдению ЭДС электромагнитной индукции квадратная рамка из тонкого провода со стороной квадрата b находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция поля растёт за время t по линейному закону от 0 до максимального значения $B_{\text{макс}}$. Как изменится ЭДС индукции, возникающая в рамке, если b уменьшить в 2 раза?

- 1) уменьшится в 2 раза 3) увеличится в 4 раза
2) не изменится 4) уменьшится в 4 раза

1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

2. Плоский контур с источником постоянного тока находится во внешнем однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого \vec{B} перпендикулярен плоскости контура (см. рисунок). На сколько процентов изменится мощность тока в контуре после того, как поле начнет уменьшаться со скоростью $0,01 \text{ Тл/с}$? Площадь контура равна $0,1 \text{ м}^2$, ЭДС источника тока 10 мВ .



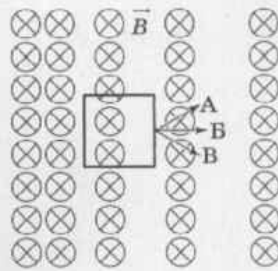
	2
--	---

3. В опыте по наблюдению ЭДС электромагнитной индукции квадратная рамка из тонкого провода со стороной квадрата b находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция поля растёт за время t по линейному закону от 0 до максимального значения $B_{\text{макс}}$. Как изменится ЭДС индукции, возникающая в рамке, если b увеличить в 2 раза?

- 1) не изменится 3) уменьшится в 2 раза
2) увеличится в 2 раза 4) увеличится в 4 раза

1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

4. Проволочная рамка движется в неоднородном магнитном поле, силовые линии которого входят в плоскость листа. Плоскость ее остается перпендикулярной линиям вектора магнитной индукции (см. рисунок). При движении рамки в ней возникает электрический ток. С каким из указанных на рисунке направлений может совпадать скорость рамки?



- 1) только с А
2) только с В
3) только с С
4) с любым из указанных направлений

1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

Ответы:

Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея)

ЭДС индукции \mathcal{E}_i в замкнутом контуре равна модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\mathcal{E}_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|,$$

с учетом правила Ленца $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

1. Закон электромагнитной индукции:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

В свою очередь, поток равен $\Phi = B_n S$, где $B_n = B \cos \alpha$ — проекция вектора магнитной индукции на нормаль к плоскости контура. Поэтому

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta B_n S}{\Delta t}.$$

Из этой формулы видно, что ЭДС индукции пропорциональна площади рамки. Уменьшение стороны квадратной рамки в 2 раза приведет к уменьшению ее площади в 4 раза. Во столько же раз изменится ЭДС индукции.

Ответ: 4.

2. Мощность тока в контуре в начальный момент равна $P_1 = \frac{U^2}{R}$, где U — ЭДС источника тока ($U = 10$ мВ). При уменьшении магнитного поля в контуре возникнет ЭДС индукции, абсолютная величина которой согласно закону Фарадея и условию задачи равна:

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B_n}{\Delta t} S = 0,01 \cdot 0,1 = 0,001 \text{ В} = 1 \text{ мВ}.$$

В результате мощность тока становится равна $P_2 = \frac{(U + \mathcal{E}_i)^2}{R}$.

(Направление индуцированного тока согласно правилу Ленца совпадает с направлением исходного, т. е. ЭДС индукции как бы добавляется к ЭДС батареи.) Таким образом, процент изменения мощности составит:

$$\frac{\Delta P}{P} \cdot 100 \% = \frac{(U + \mathcal{E}_i)^2 - U^2}{U^2} \cdot 100 \% = \frac{2U\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_i^2}{U^2} \cdot 100 \% = 21 \%.$$

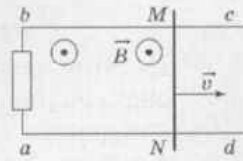
Ответ: 21.

3. Ответ: 4.

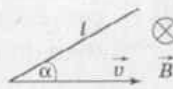
4. Ответ: 4.

3.4.2. Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции в движущихся проводниках

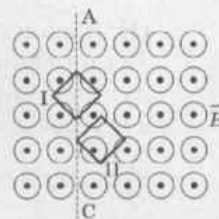
1. По параллельным проводникам bc и ad , находящимся в магнитном поле с индукцией B , со скоростью $v = 1$ м/с скользит проводящий стержень MN , который находится в контакте с проводниками (см. рисунок). Расстояние между проводниками $l = 20$ см. Между проводниками подключен резистор сопротивлением $R = 2$ Ом. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало. При движении стержня по резистору R течет ток $I = 40$ мА. Какова индукция магнитного поля?


 1

2. Проводящий стержень длиной $l = 20$ см движется поступательно в однородном магнитном поле со скоростью $v = 1$ м/с так, что угол между стержнем и вектором скорости $\alpha = 30^\circ$ (см. рисунок). ЭДС индукции в стержне равна 0,05 В. Какова индукция магнитного поля?


 2

3. В однородном магнитном поле вокруг оси AC с одинаковой частотой вращаются две рамки (см. рисунок). Отношение $\mathcal{E}_I : \mathcal{E}_{II}$ амплитудных значений ЭДС индукции, генерируемых в рамках I и II, равно
1) 1 : 4 2) 1 : 2 3) 1 : 1 4) 2 : 1


 1 2 3 4 3

4. При движении проводника в однородном магнитном поле на его концах возникает ЭДС индукции \mathcal{E}_1 . Чему будет равна ЭДС индукции \mathcal{E}_2 при увеличении скорости движения проводника в 2 раза?
1) $\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}_1$ 2) $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1$ 3) $\mathcal{E}_2 = 0,5\mathcal{E}_1$ 4) $\mathcal{E}_2 = 4\mathcal{E}_1$

 1 2 3 4 4

5. Укажите устройство, в котором используется явление возникновения тока при движении проводника в магнитном поле
1) электромагнит 3) электрогенератор
2) электродвигатель 4) амперметр

 1 2 3 4 5

6. В основе работы электродвигателя лежит
1) действие магнитного поля на проводник с электрическим током
2) электростатическое взаимодействие зарядов
3) явление самоиндукции
4) действие электрического поля на электрический заряд

 1 2 3 4 6

Ответы:

1. ЭДС индукции, возникающая на концах проводника длиной l , движущегося с постоянной скоростью \vec{v} под некоторым углом φ к вектору индукции \vec{B} однородного магнитного поля:

$$\mathcal{E}_i = vBl \sin \varphi.$$

Если такой проводник входит в состав замкнутой цепи, остальные части которой неподвижны, то в цепи возникает электрический ток. Сила тока

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R+r} = \frac{vBl \sin \varphi}{R+r},$$

где R — сопротивление нагрузки, r — сопротивление проводника. Из этого уравнения находим индукцию магнитного поля B , учитывая, что $\sin \varphi = 1$ (магнитное поле перпендикулярно скорости движения проводника) и $r = 0$:

$$B = \frac{IR}{vl} = \frac{0,04 \cdot 2}{1 \cdot 0,2} = 0,4 \text{ Тл.}$$

Ответ: 0,4.

2. Согласно основному закону электромагнитной индукции ЭДС индукции пропорциональна скорости изменения магнитного потока Φ вектора магнитной индукции \vec{B} через площадь, ограниченную контуром. В данном случае поток Φ изменяется не из-за изменения индукции магнитного поля со временем, а вследствие изменения площади поверхности упомянутого контура при движении проводника:

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(B_n S)}{\Delta t} = B \frac{\Delta S}{\Delta t}. \quad (1)$$

В формуле (1) учтено, что нормальная составляющая индукции магнитного поля B_n равна B (B перпендикулярно скорости движения проводника, см. рисунок) Изменение площади за время Δt (см. рисунок):

$$\Delta S = lv \Delta t \sin \alpha. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим

$$\mathcal{E}_i = vBl \sin \alpha.$$

Отсюда находим выражение для индукции магнитного поля. Подставляя в него численные значения из условия задачи, получаем:

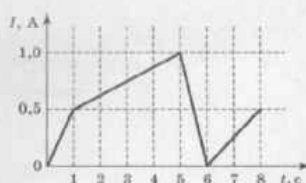
$$B = \frac{\mathcal{E}}{vl \sin \alpha} = \frac{0,05}{1 \cdot 0,5 \cdot 0,2} = 0,5.$$

Ответ: 0,5.

3. Ответ: 3.
4. Ответ: 1.
5. Ответ: 3.
6. Ответ: 1.

3.4.3. Самоиндукция. Индуктивность

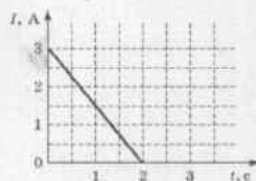
1. На рисунке приведен график зависимости силы тока I в катушке индуктивности от времени t . Модуль ЭДС самоиндукции принимает наименьшее значение в промежутке времени



- 1) 0—1 с 2) 1—5 с 3) 5—6 с 4) 6—8 с

1 2 3 4 1

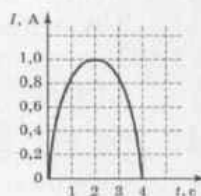
2. На рисунке представлен график изменения силы тока с течением времени в катушке индуктивности $L = 6$ мГн. ЭДС самоиндукции равна



- 1) 36 мВ 3) 6 мВ
2) 9 мВ 4) 4 мВ

1 2 3 4 2

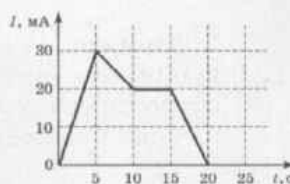
3. На рисунке показано изменение силы тока I в катушке индуктивности от времени t . Модуль ЭДС самоиндукции принимает наименьшее значение в промежутках времени



- 1) 0—1 с и 2—3 с
2) 1—2 с и 2—3 с
3) 0—1 с и 3—4 с
4) 2—3 с и 3—4 с

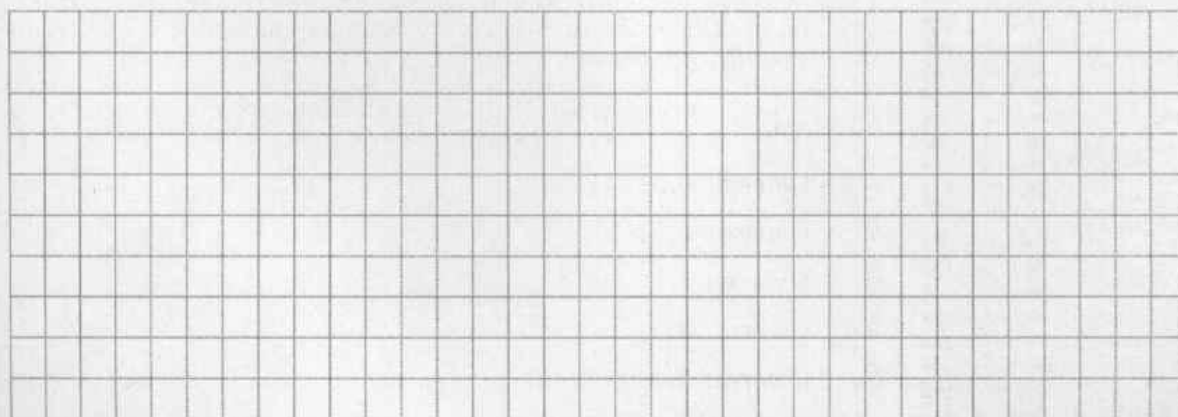
1 2 3 4 3

4. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль среднего значения ЭДС самоиндукции в интервале времени от 10 до 15 с



- 1) 2 мкВ 2) 3 мкВ 3) 5 мкВ 4) 0

1 2 3 4 4



Ответы:

Самоиндукция

Явление возникновения ЭДС индукции в электрической цепи в результате изменения силы тока в этой цепи.

В соответствии с правилом Ленца ЭДС самоиндукции препятствует возрастанию силы тока при включении (замыкании) цепи и убыванию силы тока при ее выключении (размыкании).

Индуктивность

Коэффициент пропорциональности между силой тока в контуре и магнитным потоком, создаваемым этим током:

$$\Phi = L \cdot I,$$

$$[L] = \frac{\text{Вб}}{\text{А}} = \text{Гн}.$$

Величина L — характеристика контура, зависящая от его размеров и формы, а также от магнитной проницаемости среды.

Согласно закону электромагнитной индукции,

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

1. ЭДС индукции возникает при изменении магнитного потока. Если это изменение вызвано собственным током, то говорят об ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_{is} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

где ε_{is} — ЭДС самоиндукции, L — индуктивность контура или коэффициент самоиндукции. Наименьшее значение ЭДС будет наблюдаться при минимальном значении изменения тока со временем $\frac{\Delta I}{\Delta t}$, т. е. на участке зависимости $i(t)$ с минимальным значением угла наклона прямой к оси абсцисс. Это участок в промежутке времени от 1 до 5 с.

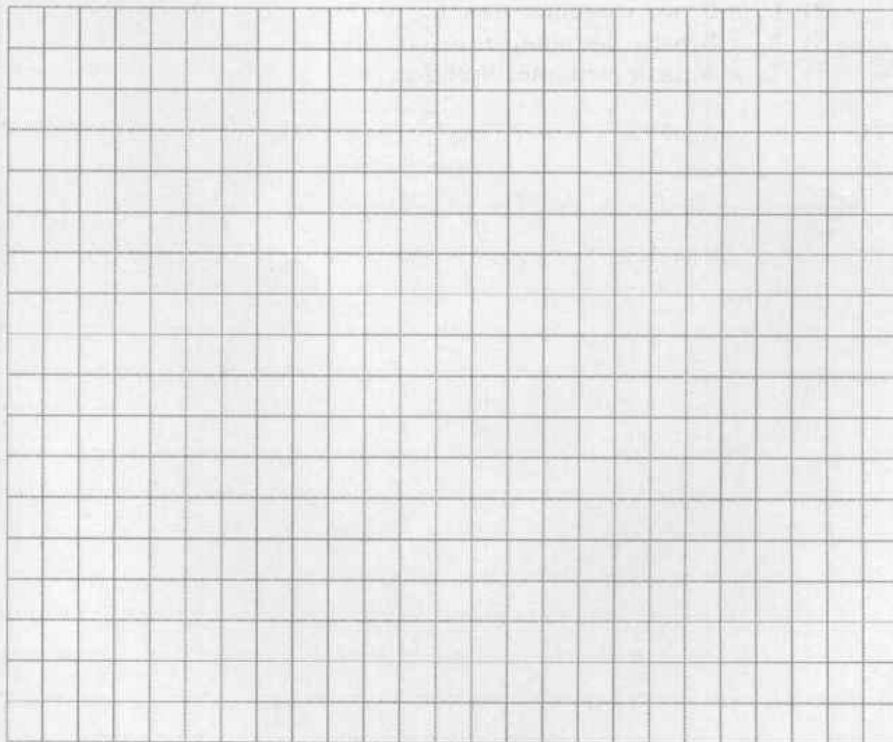
Ответ: 2.

2. ЭДС самоиндукции находим непосредственно из формулы $\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$, подставив в нее значения изменения тока и соответствующего ему изменения времени из графика 3 А и 2 с, а также $L = 6$ мГн. Получаем 9 мВ.

Ответ: 2.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 4.



День 77

3.4.4. Энергия магнитного поля

1. Индуктивность катушки увеличили в 2 раза, а силу тока в ней уменьшили в 2 раза. При этом энергия магнитного поля катушки
- 1) увеличилась в 8 раз
 - 2) уменьшилась в 2 раза
 - 3) уменьшилась в 8 раз
 - 4) уменьшилась в 4 раза

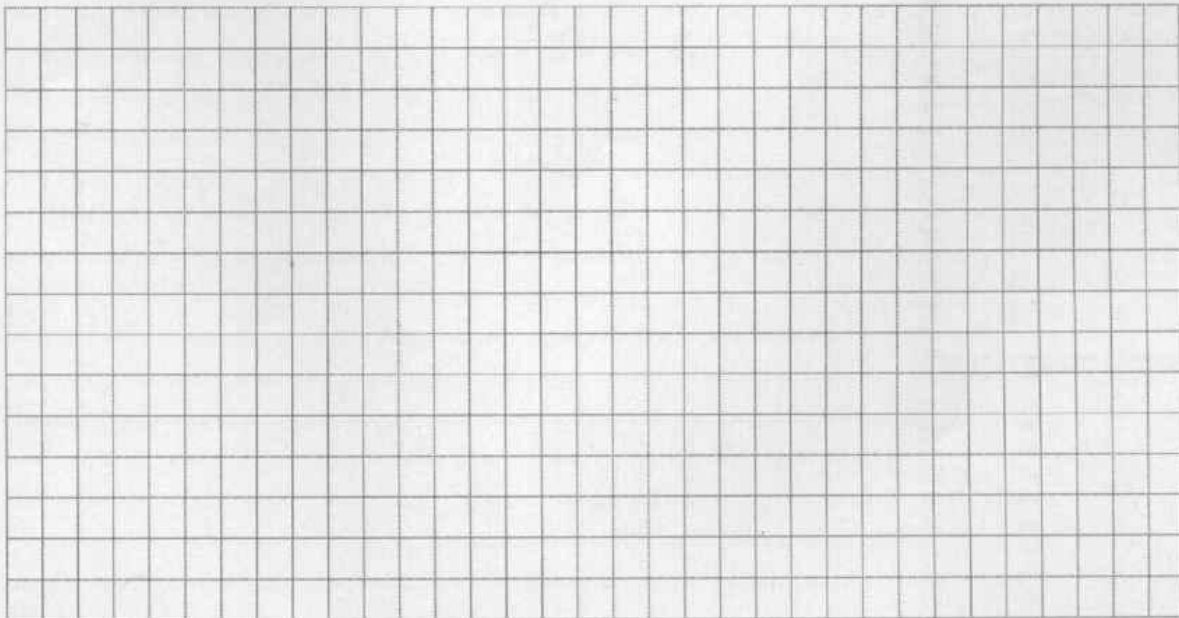
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

2. Во сколько раз надо уменьшить индуктивность катушки, чтобы при неизменном значении силы тока в ней энергия магнитного поля катушки уменьшилась в 4 раза?
- 1) в 2 раза
 - 2) в 4 раза
 - 3) в 8 раз
 - 4) в 16 раз

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. Сравните индуктивности L_1 и L_2 двух катушек, если при одинаковой силе тока энергия магнитного поля, создаваемого током в первой катушке, в 9 раз больше, чем энергия магнитного поля, создаваемого током во второй катушке
- 1) L_1 в 9 раз больше, чем L_2
 - 2) L_1 в 9 раз меньше, чем L_2
 - 3) L_1 в 3 раза больше, чем L_2
 - 4) L_1 в 3 раза меньше, чем L_2

1	2	3	4	3
---	---	---	---	---



Ответы:

**Энергия магнитного
поля тока**

Энергия магнитного
поля катушки с током
равна:

$$W_m = \frac{LI^2}{2},$$

$$[W_m] = \text{Дж},$$

где L — индуктив-
ность, I — сила тока.

1. Энергия магнитного поля катушки W_m определяется выражением

$$W_m = \frac{LI^2}{2},$$

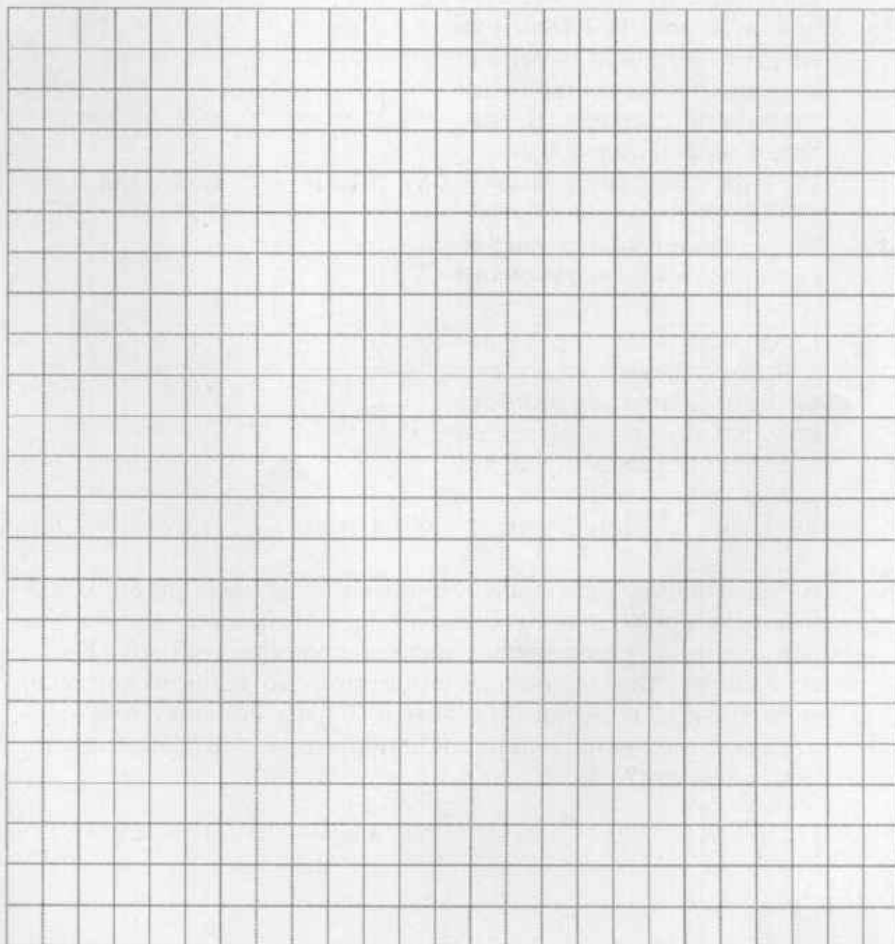
где L — индуктивность, I — сила тока в ней. Подставив в эту формулу вместо L $2L$, а вместо I^2 — $\left(\frac{I}{2}\right)^2$, находим, что энергия уменьшилась в 2 раза.

Ответ: 2.

2. Энергия магнитного поля катушки пропорциональна ее индуктивности (см. решение предыдущей задачи). Следовательно, для того чтобы уменьшить энергию магнитного поля катушки в 4 раза (при неизменном значении силы тока в ней), индуктивность катушки необходимо уменьшить в 4 раза.

Ответ: 2.

3. Ответ: 1.

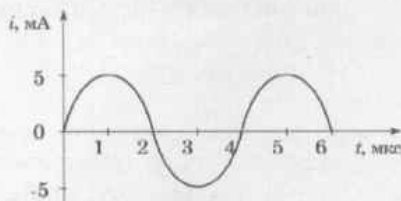


3.5. Электромагнитные колебания и волны

3.5.1. Свободные электромагнитные колебания.

Колебательный контур. Формула Томсона

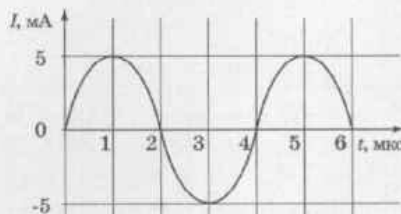
1. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Если емкость конденсатора увеличить в 4 раза, то период собственных колебаний контура станет равным



- 1) 2 мкс 2) 4 мкс 3) 8 мкс 4) 16 мкс

1 2 3 4 1

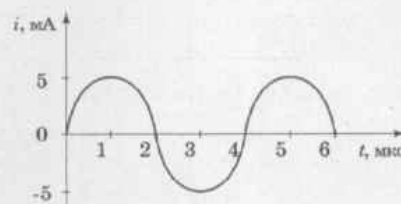
2. На рисунке показан график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. Сколько раз энергия катушки достигает максимального значения в течение первых 6 мкс после начала отсчета?



- 1) 1 раз 2) 2 раза 3) 3 раза 4) 4 раза

1 2 3 4 2

3. На рисунке показан график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза меньше, то период колебаний будет равен



- 1) 1 мкс 2) 2 мкс 3) 4 мкс 4) 8 мкс

1 2 3 4 3

4. В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Амплитудное значение силы тока в первом контуре — 3 мА. Каково амплитудное значение силы тока во втором контуре, если период колебаний в нем в 3 раза больше, а максимальное значение заряда конденсатора в 6 раз больше, чем в первом?

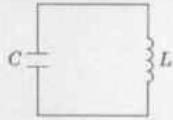
- 1) $\frac{2}{3}$ мА 2) $\frac{3}{2}$ мА 3) 3 мА 4) 6 мА

1 2 3 4 4

Ответы:

Колебательный контур

Система, состоящая из конденсатора и катушки индуктивности, образующих замкнутую электрическую цепь.



Формула Томсона

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где T — период свободных колебаний, L — индуктивность катушки, C — емкость конденсатора.

Частота (число колебаний за одну секунду) собственных колебаний контура равна:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

1. Период T собственных электромагнитных колебаний контура описывается формулой Томсона

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC},$$

где ω_0 — частота собственных колебаний контура, L — индуктивность катушки, C — емкость конденсатора. Отсюда, $T \sim \sqrt{C}$. Следовательно, увеличение емкости в 4 раза приведет к увеличению периода в 2 раза. Из графика находим значение начального периода — 4 мкс. После увеличения емкости период будет 8 мкс.

Ответ: 3.

2. Полная энергия W электромагнитного поля контура остается постоянной (при отсутствии сопротивления) и равна сумме энергий магнитного и электрического полей. Полная энергия в силу закона сохранения энергии равна максимальной энергии электрического или магнитного поля:

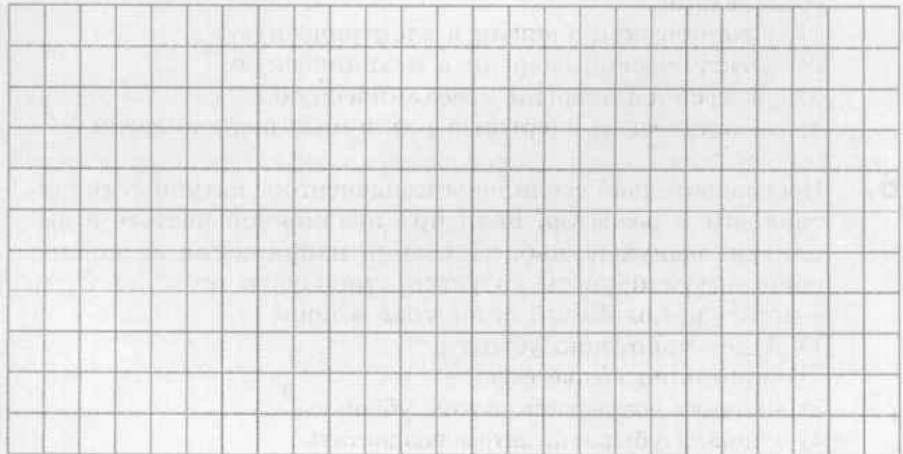
$$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2},$$

где L — индуктивность катушки; I и I_m — сила тока и его максимальное значение; q и q_m — заряд конденсатора и его максимальное значение; C — емкость конденсатора. Из приведенной формулы и графика колебаний силы тока (см. рисунок) видно, что энергия в колебательном контуре достигает своего максимального значения дважды за период: каждый раз, когда абсолютное значение колеблющейся величины (в данном случае тока) достигает максимума. За 6 мкс (1,5 периода) она достигает максимума 3 раза.

Ответ: 3.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 4.



День 79

3.5.2. Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток. Емкостное и индуктивное сопротивления. Трансформатор

1. Колебания силы тока в цепи, содержащей идеальную катушку, описываются уравнением $I = 0,8 \sin\left(\frac{25}{2} \cdot \pi t\right)$, где все величины выражены в СИ. Индуктивность катушки равна 0,5 Гн. Определите амплитуду напряжения на катушке.
1) 10 В 2) 5π В 3) 0,5π В 4) 0,5 В
2. Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид $U = 50 \cos(1 \cdot 10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Найдите амплитуду силы тока.
1) 0,003 А 2) 0,3 А 3) 0,58 А 4) 50 А
3. Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 127 В, сила тока в ней 1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 12,7 В, сила тока в ней 8 А. Каков КПД трансформатора?
1) 100 % 2) 90 % 3) 80 % 4) 70 %
4. В основе работы электрогенератора на ГЭС лежит
1) действие магнитного поля на проводник с электрическим током
2) явление электромагнитной индукции
3) явление самоиндукции
4) действие электрического поля на электрический заряд
5. Основное назначение электродвигателя заключается в преобразовании
1) механической энергии в электрическую
2) электрической энергии в механическую
3) внутренней энергии в механическую
4) механической энергии в различные виды энергии
6. Последовательно соединены конденсатор, катушка индуктивности и резистор. Если при неизменной частоте и амплитуде вынужденных колебаний напряжения на концах цепи индуктивность катушки уменьшать от ∞ до 0, то амплитуда колебаний силы тока в цепи
1) будет монотонно убывать
2) монотонно возрастать
3) сначала возрастать, затем убывать
4) сначала убывать, затем возрастать

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

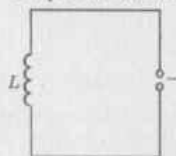
1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

Ответы:

Индуктивное сопротивление



$$X_L = \omega L$$

Колебания напряжения опережают по фазе колебания силы тока на четверть периода.

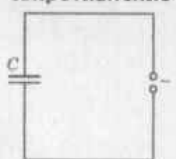
Если $i = I_{\max} \cos \omega t$, то

$$U = U_{\max} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = -U_{\max} \sin \omega t.$$

Связь между амплитудами:

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{X_L}.$$

Емкостное сопротивление



$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Колебания напряжения отстают по фазе от колебаний силы тока на четверть периода.

Если $i = I_{\max} \cos \omega t$, то

$$U = U_{\max} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = U_{\max} \sin \omega t.$$

Связь между амплитудами:

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{X_C}.$$

1. Амплитуды тока и напряжения на катушке индуктивности в цепи переменного тока связаны с индуктивным сопротивлением (аналогично закону Ома для цепи постоянного тока) следующим соотношением:

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}, \quad (1)$$

где $\omega L = X_L$ — индуктивное сопротивление. Из формулы (1) получаем

$$U_m = I_m \omega L. \quad (2)$$

Амплитуду тока I_m и частоту колебаний ω находим из

условия задачи, сопоставив уравнение $I = 0,8 \sin\left(\frac{25}{2} \cdot \pi t\right)$

с уравнением гармонических колебаний силы тока

$I = I_m \sin(\omega t)$. Отсюда $I_m = 0,8$; $\omega = \frac{25}{2} \pi$. Подставив эти значения в (2), получим

$$U_m = 0,8 \cdot \frac{25}{2} \pi \cdot 0,5 = 5\pi \text{ В.}$$

Ответ: 2.

2. Из уравнения $U = 50 \cos(1 \cdot 10^3 t)$ определяем амплитуду напряжения $U_m = 50$ и частоту колебаний напряжения $\omega = 1 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. Из закона Ома для цепи переменного тока с конденсатором

$$I_m = U_m / X_C,$$

где $X_C = \frac{1}{\omega C}$ — емкостное сопротивление, находим амплитуду силы тока. Подставив численные значения величин из условия задачи

$$I_m = 50 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 0,3 \text{ А.}$$

Ответ: 2.

3. КПД трансформатора η определяется отношением выходной мощности к входной:

$$\eta = \left(\frac{I_2 U_2}{I_1 U_1}\right) \cdot 100\% = \left(\frac{12,7 \cdot 8}{127 \cdot 1}\right) \cdot 100\% = 80\%.$$

Ответ: 3.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 2.

6. Ответ: 3.

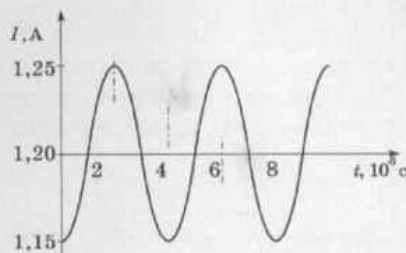
День 80

3.5.3. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны

1. Радиостанция работает на частоте 60 МГц. Найдите длину электромагнитных волн, излучаемых антенной радиостанции
- 1) 0,5 м 2) 5 м 3) 6 м 4) 10 м

1 2 3 4 1

2. На рисунке показан график колебаний силы тока в колебательном контуре с антенной. Определите длину электромагнитной волны, излучаемой антенной.



- 1) $1,2 \cdot 10^3$ м
2) $0,83 \cdot 10^{-3}$ м
3) $7,5 \cdot 10^2$ м
4) $6 \cdot 10^2$ м

1 2 3 4 2

3. На какую длину волны нужно настроить радиоприемник, чтобы слушать радиостанцию «Наше радио», которая вещает на частоте 101,7 МГц?

- 1) 2,950 км 3) 2,950 дм
2) 2,950 м 4) 2,950 см

1 2 3 4 3

4. Какое утверждение верно?

В теории электромагнитного поля Максвелла:

А. Переменное электрическое поле порождает вихревое магнитное поле.

Б. Переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле.

- 1) только А 3) и А, и Б
2) только Б 4) ни А, ни Б

1 2 3 4 4

5. При прохождении электромагнитных волн в воздухе происходят колебания

- 1) молекул воздуха
2) плотности воздуха
3) напряженности электрического и индукции магнитного полей
4) концентрации кислорода

1 2 3 4 5

6. Какое явление характерно для электромагнитных волн, но не является общим свойством волн любой природы?

- 1) поляризация 3) дифракция
2) преломление 4) интерференция

1 2 3 4 6

Ответы:

Свойства электромагнитных волн

- 1) излучаются ускоренно движущимися электрическими зарядами;
- 2) являются поперечными:
 $\vec{E} \perp \vec{v}$ и $\vec{B} \perp \vec{v}$
(\vec{v} — вектор скорости движения волны);
- 3) поглощаются;
- 4) преломляются;
- 5) отражаются.

1. Длина электромагнитной волны λ связана с частотой колебаний электрического колебательного контура ν соотношением

$$\lambda = \frac{c}{\nu},$$

где c — скорость света в вакууме (практически равная скорости света в воздухе). Подставив сюда численные значения c и ν , получим

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^7} = 5 \text{ м.}$$

Ответ: 2.

2. Длина электромагнитной волны λ , излучаемой антенной, связана с частотой ν (или периодом T) колебаний электрического колебательного контура соотношением

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = cT,$$

где c — скорость света в вакууме (практически равна скорости света в воздухе). Период колебаний находим из графика, представленного в условии задачи: $T = 4 \cdot 10^{-6}$ с. Подставив численные значения c и T , получим

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ м.}$$

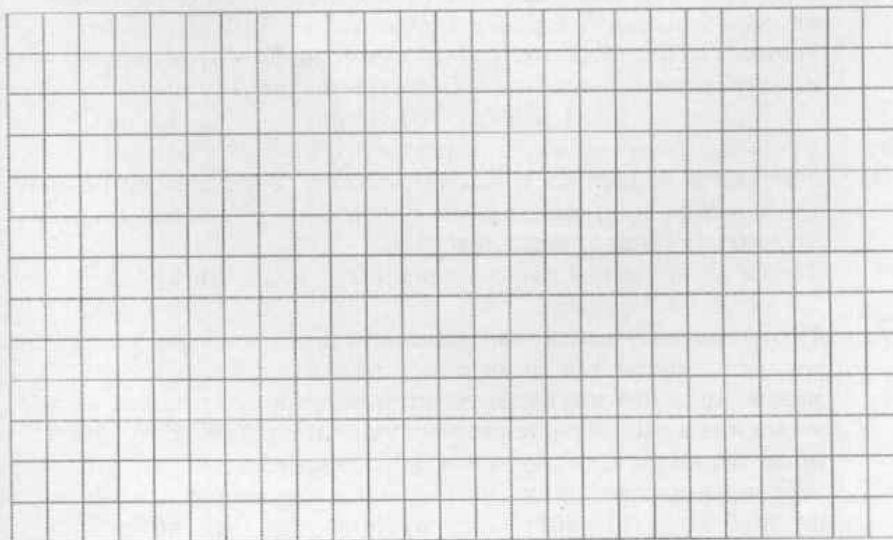
Ответ: 1.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 3.

6. Ответ: 1.



3.6. Оптика

3.6.1. Прямолинейное распространение света в однородной среде. Световой луч.

Отражение света

1. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена люминесцентная лампа длиной 2 м. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Найдите минимальный линейный размер тени.

					1
--	--	--	--	--	---

2. Непрозрачный круг освещается точечным источником света и отбрасывает круглую тень на экран. Определите диаметр тени, если диаметр круга 0,1 м. Расстояние от источника света до круга в 3 раза меньше, чем расстояние до экрана.

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

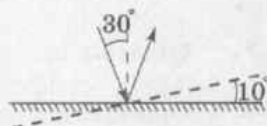
1) 0,03 м 2) 0,1 м 3) 0,3 м 4) 3 м

3. Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен 12° . Угол между падающим лучом и зеркалом:

1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

1) 12° 2) 102° 3) 24° 4) 78°

4. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?



1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

1) 40° 3) 20°
2) 30° 4) 10°

5. Предмет, освещенный маленькой лампочкой, отбрасывает тень на стену. Высота предмета — 0,07 м, высота его тени — 0,7 м. Расстояние от лампочки до предмета меньше расстояния от лампочки до стены в

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1) 7 раз 2) 9 раз 3) 10 раз 4) 11 раз

6. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен 30° . Угол между отраженным лучом и зеркалом равен

1	2	3	4	6
---	---	---	---	---

1) 75° 2) 115° 3) 30° 4) 15°

7. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол между падающим и отраженным лучами, если зеркало повернуть на 10° так, как показано на рисунке?



1	2	3	4	7
---	---	---	---	---

1) 80° 2) 20° 3) 60° 4) 40°

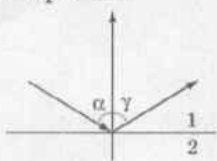
Ответы:

Закон отражения

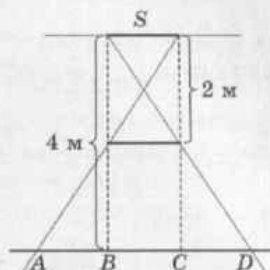
Луч падающий, отраженный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред лежат в одной плоскости, угол отражения равен углу падения:

$$\alpha = \gamma.$$

Внимание! Угол падения и угол отражения отсчитываются от нормали.

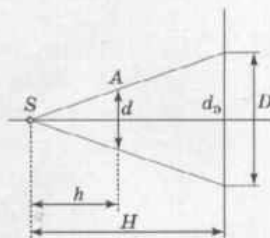


1. Минимальный линейный размер тени — это то место на экране, куда не доходят лучи ни от одной из точек источника (см. рисунок). Очевидно, что его размер BC равен размеру самого диска — 2 м. В областях AB и C наблюдается полутень, которая образуется в местах, куда доходят лучи только от некоторых точек источника (протяженный источник света всегда можно представить себе состоящим из множества точечных источников).



Ответ: 2.

2. Построим ход лучей от точечного источника, на пути которого находится круглый экран (см. рисунок). Из подобия треугольников SAB и SCD следует, что $\frac{D}{d} = \frac{H}{h} = 3$. Диаметр тени $D = 3d = 0,3$ м.



Ответ: 3.

3. Согласно определению, углом падения называется угол между падающим на зеркало лучом и перпендикуляром к зеркалу, восстановленным из точки падения. Плоскость, в которой лежат падающий луч и перпендикуляр, называется плоскостью падения. Угол отражения — это угол между отраженным от поверхности зеркала лучом и перпендикуляром. Согласно закону отражения света: 1. Отраженный луч лежит в плоскости падения. 2. Угол падения равен углу отражения ($\alpha = \gamma$). Следовательно, угол между падающим углом и зеркалом равен $90^\circ - 12^\circ = 78^\circ$.

Ответ: 4.

4. Угол падения и угол отражения при повороте зеркала на угол α уменьшатся на угол α (перпендикуляр к зеркалу повернется вместе с зеркалом на тот же угол). Таким образом, угол отражения будет равен 20° .

Ответ: 3.

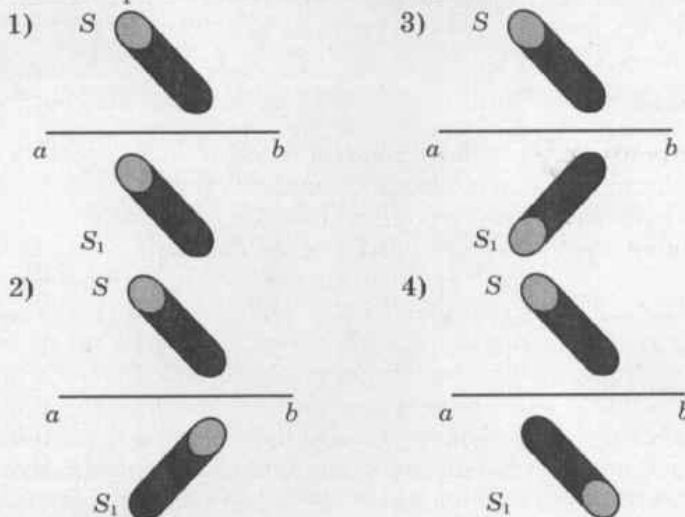
5. Ответ: 3.

6. Ответ: 1.

7. Ответ: 4.

3.6.2. Отражение света. Плоское зеркало. Преломление света

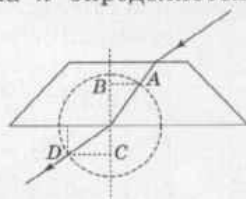
1. Источник света неправильной формы S отражается в плоском зеркале ab . На каком рисунке верно показано изображение S_1 этого источника в зеркале?



1 2 3 4 1

2. На рисунке показан ход светового луча через стеклянную призму. Показатель преломления стекла n определяется отношением длин отрезков

- 1) $\frac{CD}{AB}$ 3) $\frac{OB}{OD}$
2) $\frac{AB}{CD}$ 4) $\frac{OD}{OB}$



1 2 3 4 2

3. Укажите сочетание тех параметров электромагнитной волны, которые изменяются при переходе волны из воздуха в стекло

- 1) скорость и длина волны
2) частота и скорость
3) длина волны и частота
4) амплитуда и частота

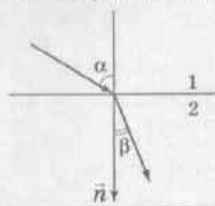
1 2 3 4 3

4. Угол между плоским зеркалом и падающим лучом света увеличили на 6° . Угол между падающим и отраженным от зеркала лучами

- 1) увеличился на 6°
2) увеличился на 12°
3) уменьшился на 6°
4) уменьшился на 12°

1 2 3 4 4

Закон преломления



Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр к границе раздела двух сред лежат в одной плоскости, причем отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред — относительный показатель преломления n_{21} :

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Внимание! Углы падения, отражения и преломления отсчитываются от нормали, проведенной во вторую среду.

1. Изображение предмета в плоском зеркале симметрично предмету относительно плоскости зеркала. Последнее означает, что оно является мнимым, прямым (т. е. не перевернутым), равным по размеру самому предмету, и находится на таком же расстоянии за зеркалом, на каком предмет расположен перед ним. Согласно правилам построения предмета в зеркале из точки S предмета опускают перпендикуляр на плоскость зеркала. На продолжении этого перпендикуляра за зеркалом на точно таком же расстоянии откладывают точку S_1 . Точно так же поступают со всеми остальными точками предмета. Из этого следует, что верным является изображение на рисунке 3).

Ответ: 3.

2. Закон преломления (закон Снеллиуса) гласит: угол падения и угол преломления связаны соотношением:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n, \quad (1)$$

где n — показатель преломления. Показатель преломления называется абсолютным, если свет падает на границу раздела двух сред из вакуума (на практике из воздуха), и относительным, если из другой среды. Поэтому, в данной задаче для определения абсолютного показателя преломления стекла следует считать: $\angle DOC = \alpha$, $\angle AOB = \beta$. Это возможно вследствие принципа обратимости световых лучей. Из построения хода лучей, представленного на рисунке, видно, что:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = \frac{CD}{AB}.$$

Ответ: 1.

3. К параметрам электромагнитной волны относятся частота, длина волны и скорость ее распространения, а также поляризация. Частота колебаний волны совпадает с частотой колебаний источника, так как колебания частиц в среде вынужденные и не зависят от свойств среды, в которой распространяется волна. При переходе волны из одной среды в другую ее частота не изменяется, меняются только скорость и длина.

Ответ: 1.

4. Ответ: 2.

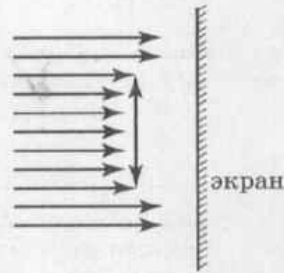
5. Ответ: 3.

3.6.3. Линза. Фокусное расстояние и оптическая сила линзы. Построение изображений в линзах. Формула тонкой линзы. Увеличение линзы

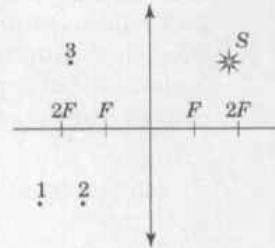
1. Предмет высотой 6 см расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от ее оптического центра. Оптическая сила линзы 5 дптр. Найдите высоту изображения предмета.

 1

2. Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см с оптической силой 5 дптр (см. рисунок). Экран расположен за линзой на расстоянии 10 см. Рассчитайте (в сантиметрах) диаметр светлого пятна, созданного линзой на экране.


 2

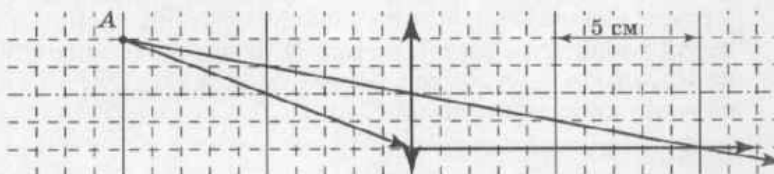
3. Где находится изображение точки S (см. рисунок), даваемое тонкой собирающей линзой?



- 1) в точке 1
- 2) в точке 2
- 3) в точке 3
- 4) на бесконечном расстоянии от линзы

 1 2 3 4 3

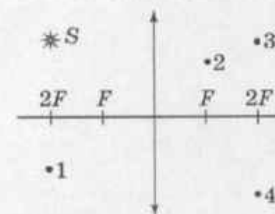
5. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу. Какова оптическая сила линзы?



- 1) -10 дптр
- 2) -20 дптр
- 3) 20 дптр
- 4) 10 дптр

 1 2 3 4 4

4. Изображением точки S (см. рисунок) в собирающей линзе является точка



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

 1 2 3 4 5

Ответы:

Линейное увеличение линзы Γ определяется из соотношения

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|d_1|}{|d|},$$

где h — высота предмета; d — расстояние предмета от оптического центра линзы; d_1 — расстояние изображения от оптического центра линзы.

Формула тонкой линзы

или
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d_1} = D,$$

где f — фокусное расстояние линзы, D — оптическая сила линзы.

Фокусное расстояние линзы f и ее оптическая сила D связаны соотношением

$$D = \frac{1}{f},$$

где f выражено в метрах.

1. Высоту изображения H можно найти, если известно линейное увеличение линзы Γ :

$$H = \frac{d_1}{d}.$$

Расстояние d_1 находим, воспользовавшись формулой тонкой линзы:

$$d_1 = \frac{d}{(dD - 1)}$$

Подставляя выражение для d_1 , находим

$$H = \frac{h}{(dD - 1)} = \frac{0,06}{(0,3 \cdot 5 - 1)} = 0,12 \text{ м} = 12 \text{ см.}$$

Ответ: 12.

2. Пучок параллельных лучей, падающий нормально на тонкую собирающую линзу, собирается линзой в ее втором главном фокусе (за линзой), который находится от оптического центра линзы на расстоянии f . Фокусное расстояние f обратно пропорционально оптической силе линзы

$$D = \frac{1}{f}, \quad (1)$$

где f выражено в метрах. Из построения хода лучей (см. рисунок) видно, что диаметр пятна на экране d_s определяется из подобия треугольников ABF и DCF :

$$d_s = \frac{d_n(f - l_s)}{f}, \quad (2)$$

где d_n — диаметр линзы. Определив из формулы (1) f и подставив его и другие численные значения физических величин из условия задачи в (2), получим $d_s = 3$ см.

Ответ: 3.

3. Точка S находится на расстоянии d , удовлетворяющем условию

$$f < d < 2f,$$

где f — фокусное расстояние линзы. Согласно правилу построения хода лучей в тонкой линзе, изображение точки будет находиться на расстоянии $d_1 > 2f$. Этому условию удовлетворяет точка I , что следует из формулы тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{f}.$$

Ответ: 1.

4. Ответ: 4.

День 84

3.6.4. Построение изображений в линзах. Формула тонкой линзы. Увеличение линзы. Оптические приборы. Глаз

1. Предмет расположен на тройном фокусном расстоянии от тонкой линзы. Его изображение будет
- 1) перевернутым и увеличенным
 - 2) прямым и уменьшенным
 - 3) прямым и увеличенным
 - 4) перевернутым и уменьшенным



1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

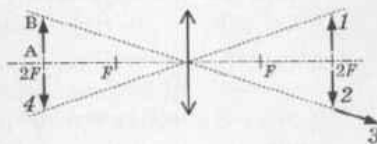
2. Предмет расположен между собирающей линзой и ее фокусом. Изображение предмета
- 1) мнимое перевернутое
 - 2) действительное перевернутое
 - 3) действительное прямое
 - 4) мнимое прямое

1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. При фотографировании удаленного предмета фотоаппаратом, объектив которого — собирающая линза с фокусным расстоянием F , плоскость фотопленки для получения резкого изображения должна находиться от объектива на расстоянии
- 1) большем, чем $2F$
 - 2) равном $2F$
 - 3) между F и $2F$
 - 4) в точности равном F

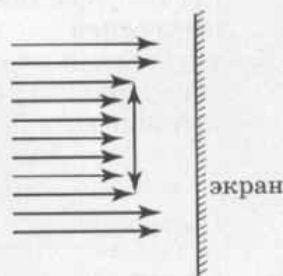
1	2	3	4	3
---	---	---	---	---

4. Какой из образов 1 — 4 служит изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?
- 1) 1
 - 2) 2
 - 3) 3
 - 4) 4



1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

5. Пучок параллельных световых лучей падает перпендикулярно на тонкую собирающую линзу оптической силой 5 дптр. Диаметр линзы 6 см (см. рисунок). Каков внешний диаметр светлого кольца на экране, стоящем на расстоянии 60 см от линзы? Ответ выразите в сантиметрах.



	5
--	---

6. Хрусталик здорового глаза человека по форме похож на
- 1) двояковогнутую линзу
 - 2) двояковыпуклую линзу
 - 3) плосковогнутую линзу
 - 4) плоскопараллельную пластину

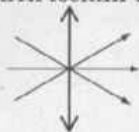
1	2	3	4	6
---	---	---	---	---

Ответы:

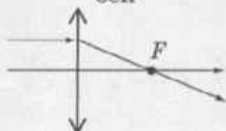
Построение изображений в линзе

Собирающая линза

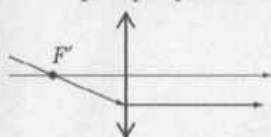
Луч, проходящий через оптический центр



Луч, параллельный главной оптической оси



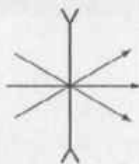
Луч, проходящий через фокус



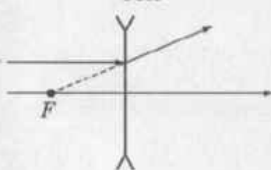
Построение изображений в линзе

Рассеивающая линза

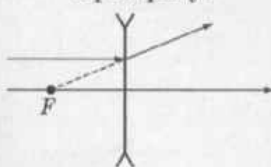
Луч, проходящий через оптический центр



Луч, параллельный главной оптической оси



Луч, проходящий через фокус



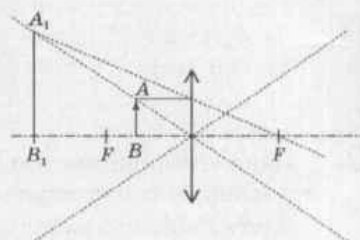
1. Как видно из рисунка, предмет находится за двойным фокусным расстоянием линзы: $d > 2f$. Согласно правилам построения хода лучей в линзе изображение предмета будет действительным уменьшенным ($\frac{H_1}{H} < 1$), обратным (т.е. перевернутым) и расположено на расстоянии d_1 :

$$f < d_1 < 2f \text{ и } \frac{H_1}{H} < 1,$$

где f — фокусное расстояние; H — высота предмета; H_1 — высота изображения.

Ответ: 4.

2. Для ответа на вопрос, поставленный в задаче, следует построить изображение какого-либо предмета, например стрелки (см. рисунок), расположенной между собирающей линзой и ее фокусом. Построим изображение точки A , воспользовавшись правилами построения изображения в тонкой собирающей линзе.



Для образования оптического изображения точки в линзе достаточно двух лучей. В качестве таковых выбирают любые два из трех лучей, ход которых известен. В данном случае это: 1) луч, идущий параллельно оптической оси линзы, который после преломления пересекает оптическую ось в фокусе линзы F ; 2) луч, проходящий через оптический центр линзы, который не меняет своего направления. Точка A_1 пересечения этих двух лучей и будет изображением исходной точки A (см. рисунок). Как следует из построения, эти лучи пересекутся не за линзой, где они расходятся, а пересекутся их продолжения перед линзой (в пространстве предметов). Точка A_1 пересечения этих двух лучей и будет изображением исходной точки A . Точка B_1 находится как точка пересечения перпендикуляра, опущенного из точки A_1 на оптическую ось, с этой осью. Таким образом, изображение предмета будет прямым и мнимым (пересекаются не реальные лучи, а их продолжения).

Ответ: 4.

3. Как известно из правил построения изображений в тонкой линзе, если предмет находится за двойным фокусным расстоянием линзы, его изображение является действительным, уменьшенным, обратным (т.е. перевернутым) и расположено между первым и вторым фокусами линзы. Таким образом, при фотографировании удаленного предмета фотоаппаратом, объектив которого — собирающая линза с фокусным расстоянием F , плоскость фотопленки для получения резкого изображения должна находиться от объектива на расстоянии между F и $2F$.

Ответ: 3.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 12.

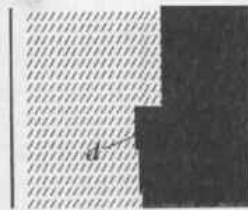
6. Ответ: 2.

3.6.5. Интерференция света. Оптическая разность хода. Условия минимумов и максимумов интерференции. Дисперсия света

1. Два источника испускают электромагнитные волны частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц с одинаковыми начальными фазами. Максимум интерференции будет наблюдаться в точке пространства, для которой минимальная разность хода волн от источников равна
- 1) 0,9 мкм 3) 0,3 мкм
2) 0,6 мкм 4) 0 мкм

1 2 3 4 1

2. Одна сторона толстой стеклянной пластины имеет ступенчатую поверхность, как показано на рисунке. На пластину перпендикулярно ее поверхности падает световой пучок, который после отражения от пластины собирается линзой. Длина падающей световой волны λ . При каком наименьшем из указанных значений высоты ступеньки d интенсивность света в фокусе линзы будет минимальной?



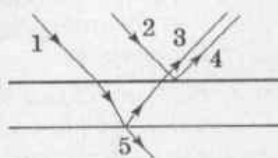
- 1) λ 2) $\frac{1}{8}\lambda$ 3) $\frac{1}{3}\lambda$ 4) $\frac{1}{4}\lambda$

1 2 3 4 2

3. Просветление оптических стекол основано на явлении
- 1) интерференции света
2) дисперсии света
3) преломления света
4) полного внутреннего отражения света

1 2 3 4 3

4. При отражении от тонкой пленки интерферируют световые пучки
- 1) 1 и 2 3) 3 и 4
2) 2 и 3 4) 4 и 5



1 2 3 4 4

5. Дисперсией света объясняется физическое явление:
- А. Фиолетовый цвет мыльной пленки, освещаемой белым светом.
Б. Фиолетовый цвет абажура настольной лампы, светящейся белым светом.
- Верны утверждение
- 1) только А 3) и А, и Б
2) только Б 4) ни А, ни Б

1 2 3 4 5

Ответы:

Интерференция света

Пространственное перераспределение светового потока при наложении двух (или нескольких) когерентных световых волн, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других — минимумы интенсивности (интерференционная картина).

Условие интерференционных максимумов

$$\Delta l = \pm k\lambda$$

Условие интерференционных минимумов

$$\Delta l = \pm(2k + 1)\frac{\lambda}{2},$$

где Δl — разность хода двух волн, возбуждающих колебания в данной точке, λ — длина волны, $k = 0, 1, 2, \dots$

1. Для того чтобы две электромагнитные волны при наложении давали четкую интерференционную картину, они должны быть когерентны. Это означает, что они должны иметь одинаковую частоту и постоянную разность фаз, соответственно постоянную разность хода Δ . При этом максимумы интерференции будут наблюдаться в точках пространства при

$$\Delta = k\lambda,$$

где $k = 0, 1, 2, \dots$; λ — длина волны. Значит, минимальная разность хода волн от источников равна нулю.

Ответ: 4.

2. Волна, падающая на ступенчатую поверхность пластины, в результате отражения разделяется на две когерентные световые волны с постоянной разностью хода, равной $\Delta = 2d$. В фокусе линзы будет наблюдаться интерференция этих волн. Условие минимума интерференции

$$\Delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

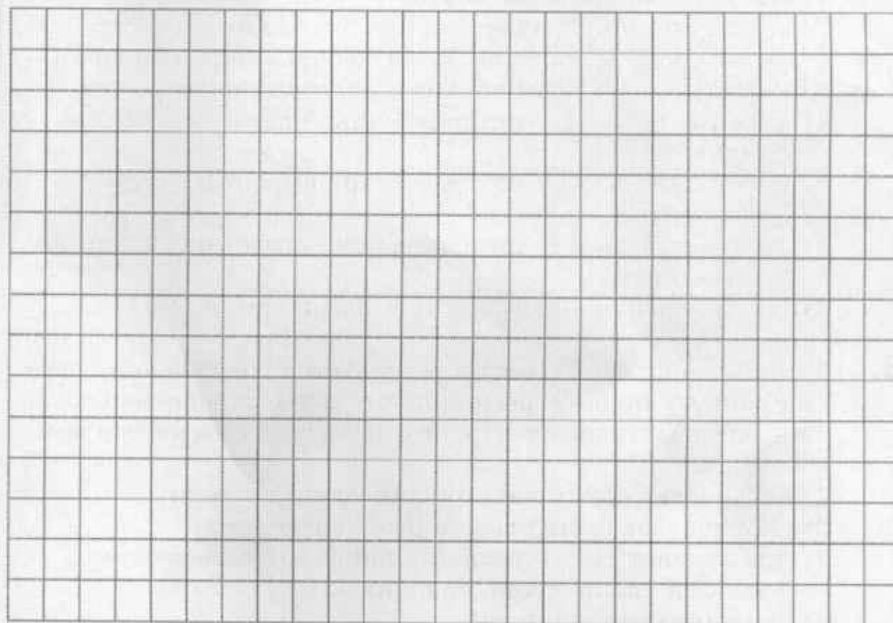
где $k = 0, 1, 2, \dots$; λ — длина волны. Таким образом, первый минимум наблюдается при $k = 0$ и соответствующая ему разность хода $\frac{\lambda}{2} = 2d$, откуда находим $d = \frac{\lambda}{4}$.

Ответ: 4.

3. Ответ: 1.

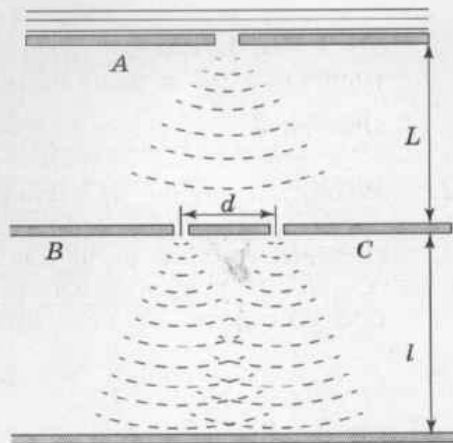
4. Ответ: 3.

5. Ответ: 4.



3.6.6. Интерференция света: опыт Юнга. Дисперсия света

1. В классическом опыте Юнга по дифракции пучок света, прошедший через узкое отверстие A , освещает отверстия B и C , за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок). Если увеличить L вдвое, то



- 1) интерференционная картина останется на месте, сохранив свой вид
- 2) расстояние между интерференционными полосами увеличится
- 3) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 4) интерференционная картина сместится по экрану, сохранив свой вид

1 2 3 4 1

2. На плоскую непрозрачную пластину с двумя узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна из зеленой части видимого спектра. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается интерференционная картина. Если использовать монохроматический свет из красной части видимого спектра, то
- 1) расстояние между интерференционными полосами увеличится
 - 2) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
 - 3) расстояние между интерференционными полосами не изменится
 - 4) интерференционная картина повернется на 90°

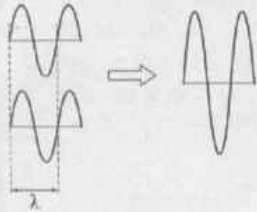
1 2 3 4 2

3. Узкий пучок белого света в результате прохождения через стеклянную призму расширяется и на экране наблюдается разноцветный спектр. Это явление объясняется тем, что призма
- 1) поглощает свет с некоторыми длинами волн
 - 2) окрашивает белый свет в различные цвета
 - 3) преломляет свет с разной длиной волн по-разному, разлагая его на составляющие
 - 4) изменяет частоту волн

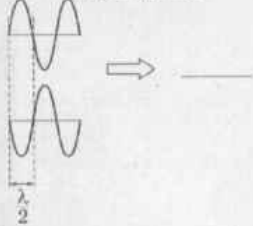
1 2 3 4 3

Ответы:

Нет сдвига или сдвиг на
целое число длин волн



Сдвиг на полуцелое число
длин волн



Внимание! При интерференции волны не уничтожаются. Энергия волн переходит из мест интерференционных минимумов в места максимумов.

1. Интерференционная картина в классическом опыте Юнга представлена максимумами и минимумами интерференции, расстояние которых от центра экрана y_m (где наблюдается интерференционная картина) определяется следующими условиями:

$$\text{максимума: } \frac{dy_m}{l} = m\lambda$$

$$\text{и минимума: } \frac{dy_m}{l} = (2m + 1) \frac{\lambda}{2},$$

где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ — номер максимума или минимума (порядок интерференции).

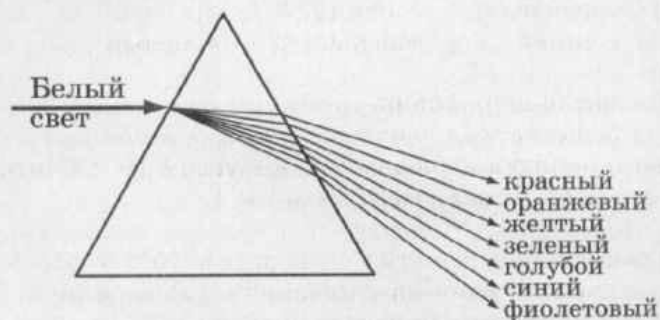
Обозначения в формуле соответствуют обозначениям на рисунке из условия задачи. Под центром экрана понимаем точку пересечения с экраном перпендикуляра, опущенного из точки A (см. рисунок). Из приведенных формул видно, что интерференционная картина не зависит от расстояния l .

Ответ: 1.

2. Ответ: 1.

3. Ответ: 3.

Вследствие дисперсии пучок белого света при прохождении его через призму разлагается в спектр.



Одно из самых красивых явлений, обусловленных дисперсией, — радуга!

3.6.7. Дифракция света. Дифракционная решетка

1. Плоская монохроматическая световая волна с длиной волны 400 нм падает по нормали на дифракционную решетку с периодом 5 мкм. Параллельно решетке позади нее размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 20 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Найдите расстояние между ее главными максимумами первого и второго порядков. Ответ запишите в миллиметрах (мм), округлив до целых. Считать для малых углов ($\varphi \ll 1$ в радианах) $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi$.
2. Дифракционная решетка расположена параллельно экрану на расстоянии 0,7 м от него. Определите количество штрихов на 1 мм для этой дифракционной решетки, если при нормальном падении на нее светового пучка длиной волны 0,43 мкм первый дифракционный максимум на экране находится на расстоянии 3 см от центральной светлой полосы. Считать $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$. Ответ округлите до целых.
3. При освещении дифракционной решетки монохроматическим светом на экране, установленном за ней, возникает дифракционная картина, состоящая из темных и светлых вертикальных полос. В первом опыте расстояние между светлыми полосами было больше, чем во втором, а во втором — больше, чем в третьем. В каком из ответов правильно указана последовательность цветов монохроматического света, которым освещалась решетка?
 - 1) 1 — красный, 2 — зеленый, 3 — синий
 - 2) 1 — красный, 2 — синий, 3 — зеленый
 - 3) 1 — зеленый, 2 — синий, 3 — красный
 - 4) 1 — синий, 2 — зеленый, 3 — красный
4. Какое число штрихов на единицу длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ($\lambda = 550$ нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом 19° ? Считать, что $\sin \varphi = 0,33$. Ответ выразите в мм^{-1} .
5. Дифракционная решетка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 10,44 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 580 нм? Считать $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$.

 1

 2

 1 2 3 4 3

 4

 5

Ответы:

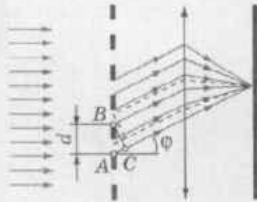
Постоянная (период) решетки

$$d = a + b,$$

где a — ширина щели, b — ширина промежутка.

На решетку падает монохроматическая волна с плоским волновым фронтом; разность хода

$$\Delta l = d \sin \varphi.$$



Интерференционный максимум наблюдается под углом φ , определяемым условием:

$$d \sin \varphi = k\lambda$$

(формула дифракционной решетки), где порядок максимума $k = 0, 1, 2, 3, \dots$,

$$\Delta l = AC = AB \cdot \sin \varphi = d \sin \varphi,$$

λ — длина волны света.

1. Из элементарной теории дифракционной решетки следует, что дифракционные максимумы будут находиться под углом φ , определяемым условием

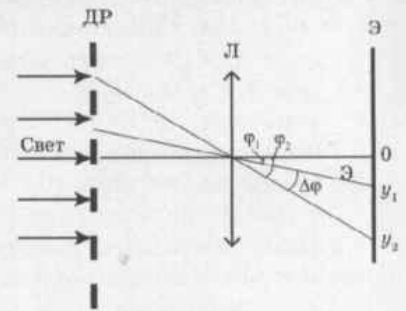
$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

где $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ — порядок дифракции (номер максимума), d — период решетки, λ — длина волны света. Из формулы находим, что главные максимумы первого ($k = 1$) и второго ($k = 2$) порядков будут наблюдаться под углами $\varphi_1 = \frac{\lambda}{d}$ и $\varphi_2 = \frac{2\lambda}{d}$ соответственно. Здесь учтено условие

малости угла φ ($\varphi \ll 1$ в радианах): $\text{tg } \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi$. Таким образом, угловое расстояние первого и второго максимумов $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \approx \frac{\lambda}{d}$. Рас-

стояние Δy между ними на экране, находящемся на фокусном расстоянии f от линзы, с учетом малости угла φ равно $\Delta y = \Delta\varphi f = \frac{\lambda f}{d} = 16$ мм.

Ответ: 16.



2. Число штрихов на единицу длины N — величина, обратная периоду решетки d :

$$N = \frac{1}{d}.$$

Из условия дифракционных максимумов

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad (1)$$

где $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ — порядок дифракции (номер максимума), находим, учитывая малость угла φ :

$$N = \frac{\varphi_1}{\lambda}, \quad (2)$$

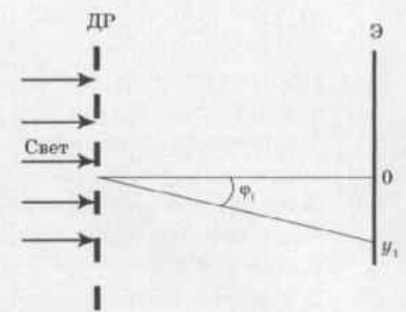
где φ_1 — угол, под которым виден максимум первого порядка. Зная расстояние до экрана $L = 0,7$ м и положение первого дифракционного максимума $y_1 = 3$ см, находим выражение для угла

$$\varphi_1 = \frac{y_1}{L} \quad (3)$$

Подставив формулу (3) в (2), получим количество штрихов на 1 мм: $N = \frac{y_1}{\lambda L} = \frac{30}{0,00043 \cdot 700} = 100 \text{ мм}^{-1}$.

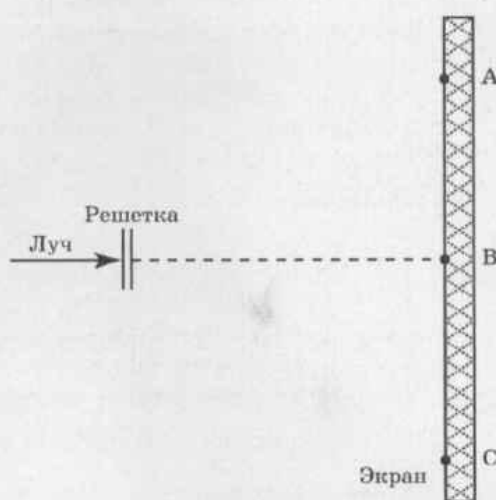
Ответ: 100.

3. Ответ: 1.
4. Ответ: 600.
5. Ответ: 1.



3.6.8. Дифракционная решетка

1. Лазерный луч красного цвета падает перпендикулярно на дифракционную решетку (50 штрихов на 1 мм). На линии *ABC* экрана (рисунок) наблюдается серия красных пятен. Какие изменения произойдут на экране при замене этой решетки на решетку со 100 штрихами на 1 мм?



1 2 3 4 1

- 1) картина не изменится
- 2) пятно в точке *B* не сместится, остальные раздвинутся от него
- 3) пятно в точке *B* не сместится, остальные сдвинутся к нему
- 4) пятно в точке *B* исчезнет, остальные раздвинутся от точки *B*

2. На дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на миллиметр, перпендикулярно ей падает плоская монохроматическая волна. Какова длина падающей волны, если спектр четвертого порядка наблюдается в направлении, перпендикулярном падающим лучам? Ответ дайте в нанометрах.

2

3. Определите постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом длиной волны 656 нм второй спектр виден под углом 15° . Примите, что $\sin \varphi = 0,25$. Ответ выразите в миллиметрах, умножьте на 10^3 .

3

4. Дифракционная решетка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 20,88 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 580 нм? Считать $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha$.

4

Ответы:

1. В условии для максимума дифракции, наблюдаемой на дифракционной решетке $d \sin \varphi = k\lambda$, заменим d на $\frac{1}{N}$:

$$\frac{\sin \varphi}{N} = k\lambda \quad \text{или} \quad \sin \varphi = Nk\lambda.$$

Из последнего выражения видно, что увеличение числа штрихов на миллиметр приводит к увеличению угла, при котором наблюдается максимум интерференции. Это значит, что интерференционные максимумы раздвинутся от центрального пятна, которое по-прежнему будет наблюдаться при $\varphi = 0$.

Ответ: 2.

2. Из условия дифракционных максимумов

$$d \sin \varphi = k\lambda,$$

где $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ — порядок дифракции (номер максимума), определяем длину волны света $\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}$. Заменив

в этой формуле постоянную решетки d на число штрихов на миллиметр $N = \frac{1}{d} = 500 \text{ мм}^{-1}$, а затем, подставив численные значения порядка дифракции $k = 4$ и $\sin \varphi = 1$

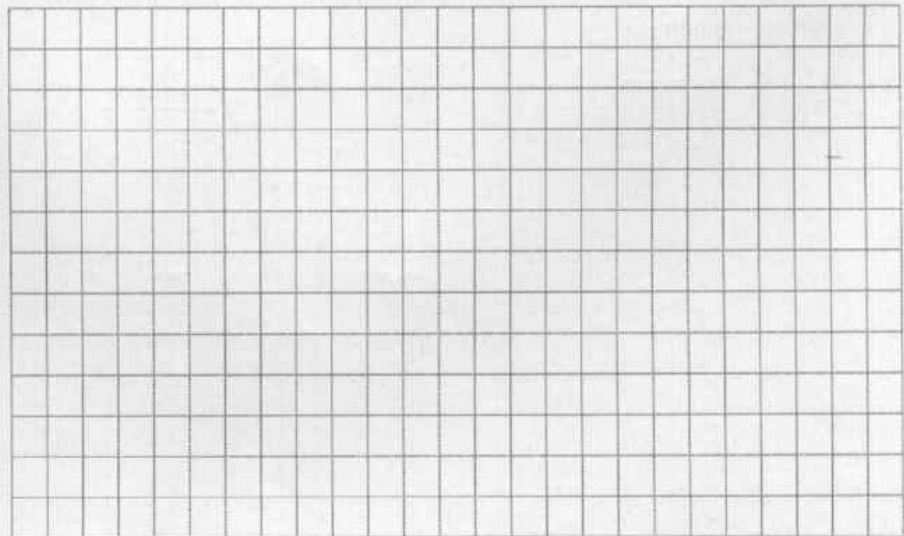
(если спектр четвертого порядка наблюдается в направлении, перпендикулярном падающим лучам, то это значит, что угол $\varphi = 90^\circ$), получим

$$\lambda = \frac{\sin \varphi}{kN} = \frac{1}{500 \cdot 4} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ мм} = 500 \text{ нм}.$$

Ответ: 500.

3. Ответ: 5.

4. Ответ: 2.



КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

4.1. Корпускулярно-волновой дуализм

4.1.1. Гипотеза Планка. Фотозффект.

Законы фотозффекта

1. Интенсивность света, падающего на фотокатод, уменьшилась в 10 раз. При этом уменьшилась (ось)

- 1) максимальная скорость фотоэлектронов
- 2) максимальная энергия фотоэлектронов
- 3) число фотоэлектронов
- 4) максимальный импульс фотоэлектронов

1 2 3 4 1

2. От чего зависит максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, выбиваемых из металла при фотозффекте?

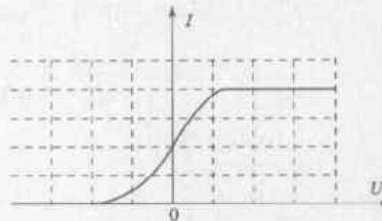
- A. От частоты падающего света.
- B. От интенсивности падающего света.
- B. От работы выхода электронов из металла.

Правильные ответы:

- 1) только B
- 2) A и B
- 3) A и B
- 4) A, B и B

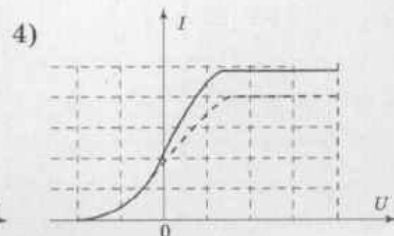
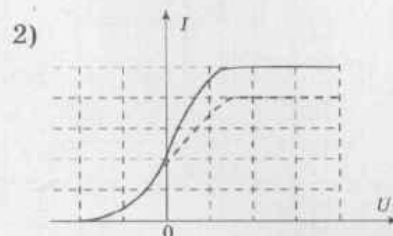
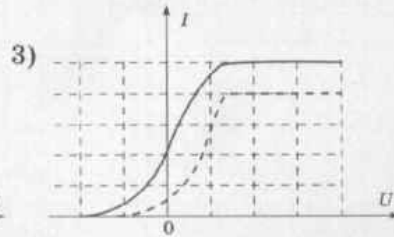
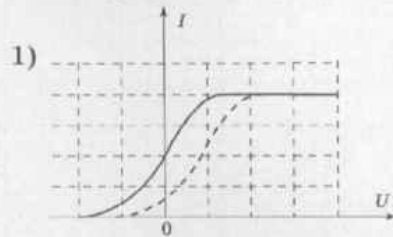
1 2 3 4 2

3. Фотозэлемент освещают светом с определенной частотой и интенсивностью. На рисунке показан график зависимости силы фототока в этом фотозэлементе от приложенного к нему напряжения.



В случае увеличения частоты

без изменения интенсивности падающего света график изменится. На каком из рисунков правильно отмечено изменение графика?



1 2 3 4 3

Гипотеза Планка

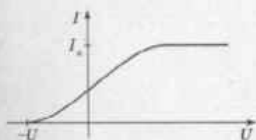
Свет излучается и поглощается отдельными «порциями» — квантами (фотонами). Энергия каждого кванта определяется формулой

$$E = h\nu,$$

где ν — частота света. Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с. Квант энергии — минимальное количество энергии, которое может поглотить или излучить система.

Законы фотоэффекта

1. Сила тока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, падающего на поверхность тела.
2. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с увеличением частоты света и не зависит от его интенсивности.
3. Если частота света меньше некоторой определенной для данного вещества минимальной частоты, то фотоэффект не происходит (красная граница фотоэффекта).



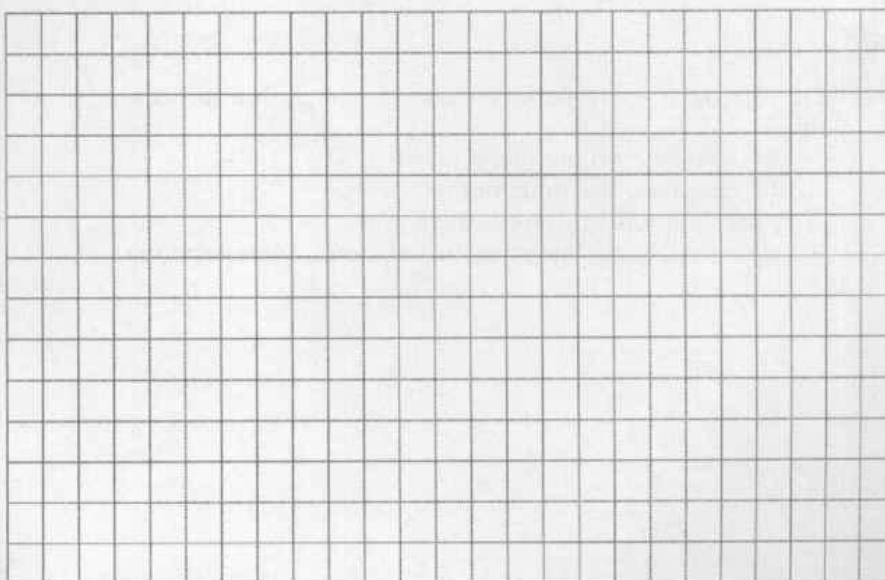
1. Согласно законам фотоэффекта количество электронов, вырванных светом с поверхности металла за 1 с, прямо пропорционально поглощаемой за это время энергии световой волны, т. е. интенсивности света, падающего на фотокатод. В то же время скорость электронов (соответственно их кинетическая энергия и импульс), вылетающих из тела при фотоэффекте, определяется частотой ν света, падающего на фотокатод (поглощенного материалом фотокатода), и не зависит от его интенсивности. Поэтому уменьшение интенсивности света, падающего на фотокатод, приведет только к уменьшению числа фотоэлектронов.

Ответ: 3.

2. Согласно закону фотоэффекта для каждого вещества существует предельная наименьшая частота света ν_{\min} (красная граница фотоэффекта), при которой возможен фотоэффект. Излучение с частотой $\nu < \nu_{\min}$ не вызывает явления фотоэффекта. Энергия фотона с ν_{\min} тратится на работу выхода A электрона из данного вещества. Кинетическая энергия таких электронов будет равна нулю. При $\nu > \nu_{\min}$ избыток энергии, полученный атомом металла от фотона, пойдет на увеличение скорости (кинетической энергии) выбитого электрона. Поэтому максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, выбиваемых из металла при фотоэффекте, зависит от частоты падающего света, а также от работы выхода электронов из металла.

Ответ: 3.

3. Ответ: 1.



4.1.2. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Работа выхода

- Работа выхода для материала пластины равна 2 эВ. Пластина освещается монохроматическим светом. Какова энергия фотонов падающего света, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 1,5 эВ?

1) 0,5 эВ 2) 1,5 эВ 3) 2 эВ 4) 3,5 эВ
- Работа выхода из материала 1 больше, чем работа выхода из материала 2. Максимальная длина волны, при которой может наблюдаться фотоэффект на материале 1, равна λ_1 ; максимальная длина волны, при которой может наблюдаться фотоэффект на материале 2, равна λ_2 . На основании законов фотоэффекта можно утверждать

1) $\lambda_1 < \lambda_2$
 2) $\lambda_1 = \lambda_2$
 3) $\lambda_1 > \lambda_2$
 4) λ_1 может быть как больше, так и меньше λ_2
- Работа выхода электрона из металла $A_{\text{вых}} = 3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найдите максимальную длину волны λ излучения, которым могут выбиваться электроны

1) 660 нм 2) 66 нм 3) 6,6 нм 4) 6600 нм
- Если A — работа выхода, h — постоянная Планка, то длина волны света $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая красной границе фотоэффекта, определяется соотношением

1) $\frac{A}{h}$ 2) $\frac{h}{A}$ 3) $\frac{hc}{A}$ 4) $\frac{hA}{c}$
- При фотоэффекте работа выхода электрона из металла зависит

1) от частоты падающего света
 2) интенсивности падающего света
 3) химической природы металла
 4) кинетической энергии вырываемых электронов

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

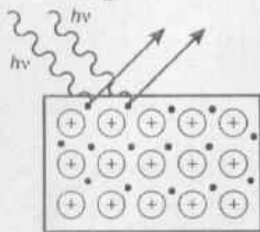
1 2 3 4 5

Ответы:

Свет — поток особых частиц — фотонов с энергией $E = h\nu$ и импульсом $p = \frac{h\nu}{c}$. Фотоны поглощаются как единое целое.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + A_{\text{вых}}$$



Если $h\nu < A_{\text{вых}}$, то фотоэффект не происходит.

Красная граница фотоэффекта

$$\nu_{\text{min}} = \frac{A_{\text{вых}}}{h} \cdot e$$

1. Задачу решают с применением уравнения Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

Энергия фотонов $h\nu = 2 \text{ эВ} + 1,5 \text{ эВ} = 3,5 \text{ эВ}$.

Ответ: 4.

2. Используем формулу, связывающую работу выхода с красной границей для фотоэффекта (с максимальной длиной волны, при которой может наблюдаться фотоэффект):

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{ch}{A}$$

Возьмем отношение левых и правых частей этой формулы, записанной для первого и второго материалов: $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{A_2}{A_1}$.

Поскольку $A_1 > A_2$, то $\lambda_1 < \lambda_2$.

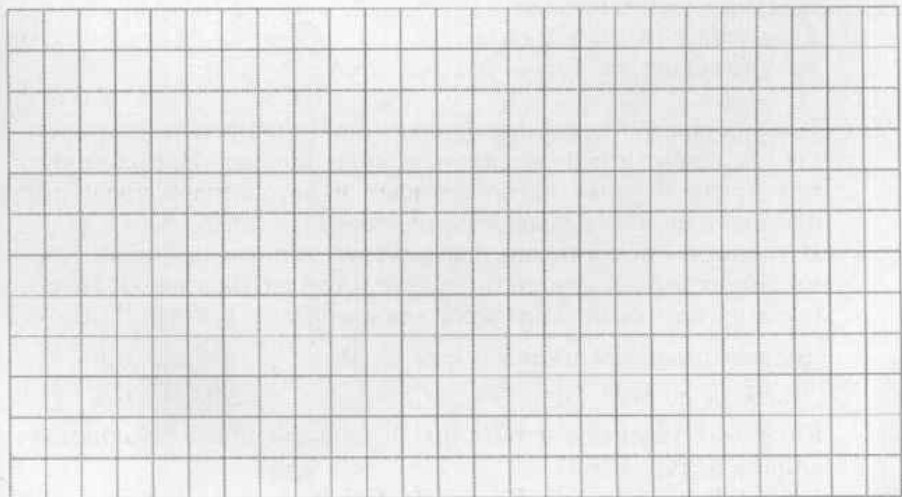
Ответ: 1.

3. Максимальная длина волны λ излучения, которым могут выбиваться электроны (красная граница фотоэффекта) определяется формулой $\lambda_{\text{max}} = \frac{ch}{A}$, где c — скорость света, h — постоянная Планка, A — работа выхода электрона из металла. Подставив в эту формулу численные значения входящих в нее величин, получим 660 Нм.

Ответ: 1.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 3.



День 91

4.1.3. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Задерживающее напряжение

1. Энергия фотонов, падающих на фотокатод, в 4 раза больше работы выхода из материала фотокатода. Каково отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов к работе выхода?

1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

1 2 3 4 1

2. В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, называется задерживающим.

В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов при освещении одной и той же пластины.

Задерживающее напряжение U , В	0,4	0,6
Частота ν , 10^{14} Гц	5,5	6,1

Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1) $4,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с 3) $7,0 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
2) $5,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с 4) $6,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

1 2 3 4 2

3. В опытах по фотоэффекту металлическую пластину с работой выхода $3,4 \cdot 10^{-19}$ Дж стали освещать светом частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Затем частоту уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 1) увеличилась в 1,5 раза
2) стала равной нулю
3) уменьшилась в 2 раза
4) уменьшилась более чем в 2 раза

1 2 3 4 3

4. В некоторых опытах по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. Напряжение, при котором поле останавливает и возвращает назад все фотоэлектроны, называется задерживающим.

В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов при освещении одной и той же пластины. В процессе опыта было получено значение $h = 5,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Задерживающее напряжение U , В		0,6
Частота ν , 10^{14} Гц	5,5	6,1

Каково опущенное в таблице первое значение задерживающего потенциала?

- 1) 0,4 В 2) 0,5 В 3) 0,7 В 4) 0,8 В

1 2 3 4 4

Ответы:

1. В уравнении Эйнштейна для фотоэффекта $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$ заменяем энергию фотонов, падающих на фотокатод $h\nu$, на 4 А (согласно условию задачи) и находим значение максимальной кинетической энергии, выраженное через работу выхода:

$$\frac{mv^2}{2} = 3 \text{ А.}$$

Ответ: 3.

2. Задерживающее напряжение пропорционально максимальной кинетической энергии фотоэлектронов: $eU = \frac{mv^2}{2}$. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Составим систему уравнений для значений частот $\nu_1 = 5,5 \cdot 10^{14}$ Гц В; $U_1 = 0,4$ В, $\nu_2 = 6,1 \cdot 10^{14}$ Гц; $U_2 = 6$ В, полученных в эксперименте:

$$h\nu_1 = A + eU_1; \quad (2)$$

$$h\nu_2 = A + eU_2.$$

Вычитая из первого уравнения системы (2) второе, находим выражение для постоянной Планка

$$h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2} = 5,3 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

Ответ: 2.

3. Определим энергию падающих фотоэлектронов после уменьшения частоты света в два раза:

$$E = h\nu = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{14} = 1,710^{-19} \text{ Дж.}$$

Энергия падающих фотонов стала меньше работы выхода электронов из металла: $A = 3,4 \cdot 10^{-19}$. Следовательно, фотоны такой частоты не будут вызывать фотоэффект, т. е. максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов станет равной нулю. Что касается числа фотонов, падающих на пластину за 1 с, т. е. интенсивности света, то оно на кинетическую энергию фотоэлектронов не влияет.

Ответ: 2.

4. Ответ: 1.

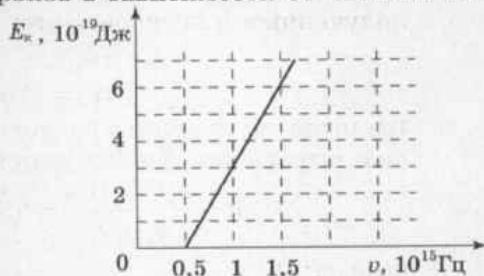
5. Ответ: 3.

4.1.4. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Красная граница фотоэффекта

1. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны $\lambda_{кр} = 600$ нм. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода?
- 1) 300 нм 2) 400 нм 3) 900 нм 4) 1200 нм

1 2 3 4 1

2. Слой оксида кальция облучается светом и испускает электроны. На рисунке показан график изменения максимальной энергии фотоэлектронов в зависимости от частоты падающего света. Какова работа выхода фотоэлектронов из оксида кальция?
- 1) 0,7 эВ
2) 1,4 эВ
3) 1,9 эВ
4) 2,8 эВ

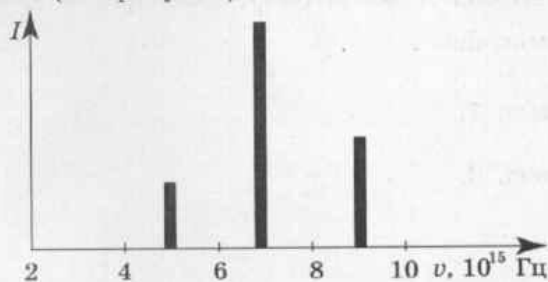


1 2 3 4 2

3. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. Чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза, нужно увеличить энергию фотона на
- 1) 0,1 эВ 3) 0,3 эВ
2) 0,2 эВ 4) 0,4 эВ

1 2 3 4 3

4. На металлическую пластинку с работой выхода $A = 2,0$ эВ падает излучение, имеющее три частоты различной интенсивности (см. рисунок).



1 2 3 4 4

- Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов
- 1) 0,06 эВ 3) 1,7 эВ
2) 0,9 эВ 4) 6,7 эВ

Ответы:

1. В уравнении Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

выполним следующие замены:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (2)$$

выразив частоту фотона ν через соответствующую длину волны света λ :

$$A = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}. \quad (3)$$

Согласно условию задачи воспользуемся выражением для красной границы фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A}$:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{A}{2} = \frac{hc}{2\lambda_{\text{кр}}}. \quad (4)$$

После подстановки выражений (2) — (4) в уравнение (1) получим

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} + \frac{hc}{2\lambda_{\text{кр}}}.$$

Из последнего уравнения находим

$$\lambda = \frac{2}{3}\lambda_{\text{кр}} = \frac{2}{3} \cdot 600 = 400 \text{ нм.}$$

Ответ: 2.

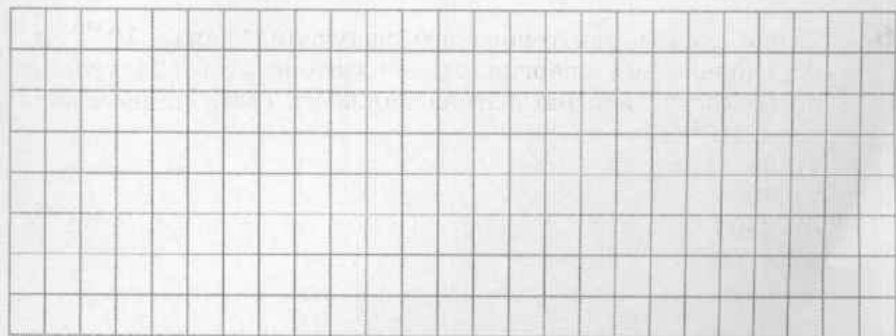
2. Нулевое значение максимальной кинетической энергии, которое согласно графику наблюдается при частоте облучающего света $\nu = 0,5 \cdot 10^{14}$ Гц, означает, что эта частота является красной границей фотоэффекта $\nu_{\text{кр}} = \frac{A}{h}$, где A — работа выхода. Следовательно,

$$A = 0,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц} \cdot 10^{-34} = 1,9 \text{ эВ.}$$

Ответ: 3.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 3.



4.1.5. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотон. Энергия фотона

1. При освещении катода вакуумного фотоэлемента потоком монохроматического света происходит освобождение фотоэлектронов. Как изменится максимальная энергия вылетевших фотоэлектронов при уменьшении частоты падающего света в 2 раза?

1) увеличится в 2 раза
2) уменьшится в 2 раза
3) уменьшится более чем в 2 раза
4) уменьшится менее чем в 2 раза

1 2 3 4 1

2. Частота красного света примерно в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Энергия фотона красного света по отношению к энергии фотона фиолетового света

1) больше в 4 раза
2) больше в 2 раза
3) меньше в 4 раза
4) меньше в 2 раза

1 2 3 4 2

3. При испускании фотона с энергией 6 эВ заряд атома

1) не изменяется
2) увеличивается на $9,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
3) увеличивается на $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
4) уменьшается на $9,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

1 2 3 4 3

4. Свет с частотой $4 \cdot 10^{15}$ Гц состоит из фотонов с электрическим зарядом, равным

1) $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
2) $6,4 \cdot 10^{-19}$ Кл
3) 0 Кл
4) $6,4 \cdot 10^{-4}$ Кл

1 2 3 4 4

5. Какова энергия фотона, соответствующего длине световой волны $\lambda = 6$ мкм?

5

6. Длина волны рентгеновского излучения равна 10^{-10} м. Во сколько раз энергия одного фотона этого излучения превосходит энергию фотона видимого света длиной волны $4 \cdot 10^{-7}$ м?

1) 25
2) 40
3) 2500
4) 4000

1 2 3 4 6

День 94

4.1.6. Фотон. Импульс фотона. Корпускулярно-волновой дуализм

1. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше модуля импульса фотона во втором пучке. Отношение длины волны в первом пучке света к длине волны во втором пучке равно
1) 1 2) 2 3) $\sqrt{2}$ 4) $\frac{1}{2}$
2. Покоящийся атом поглотил фотон с энергией $1,2 \cdot 10^{-17}$ Дж. При этом импульс атома
1) не изменился
2) стал равным $1,2 \cdot 10^{-17}$ кг·м/с
3) стал равным $4 \cdot 10^{-26}$ кг·м/с
4) стал равным $3,6 \cdot 10^{-9}$ кг·м/с
3. Два источника света излучают волны, длины которых $\lambda_1 = 3,75 \cdot 10^{-7}$ м и $\lambda_2 = 7,5 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равно отношение импульсов $\frac{P_1}{P_2}$ фотонов, излучаемых первым и вторым источниками?
1) $\frac{1}{4}$ 2) 2 3) $\frac{1}{2}$ 4) 4
4. Чему равен импульс, полученный атомом при поглощении фотона из светового пучка частотой $1,5 \cdot 10^{14}$ Гц?
1) $5 \cdot 10^{-29}$ кг·м/с
2) $3,3 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с
3) $3 \cdot 10^{-12}$ кг·м/с
4) $3,3 \cdot 10^6$ кг·м/с
5. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Отношение частоты света первого пучка к частоте второго равно
1) 1 2) 2 3) $\sqrt{2}$ 4) $\frac{1}{2}$
6. Импульс фотона имеет наименьшее значение в диапазоне частот
1) рентгеновского излучения
2) видимого излучения
3) ультрафиолетового излучения
4) инфракрасного излучения

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

1 2 3 4 6

Ответы:

1. Фотоны, будучи квантами электромагнитного излучения, обладают одновременно и волновыми, и корпускулярными свойствами. Импульс фотона выражается через материальные характеристики — частоту ν и длину волны λ :

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}.$$

Из этого соотношения следует $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2}$.

Ответ: 4.

2. Импульс атома после поглощения фотона стал равен импульсу фотона согласно закону сохранения импульса. Импульс фотона связан с его энергией соотношением

$$p = \frac{E}{c}.$$

Поэтому импульс атома

$$p_A = \frac{1,2 \cdot 10^{-17}}{3 \cdot 10^{-8}} = 4 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

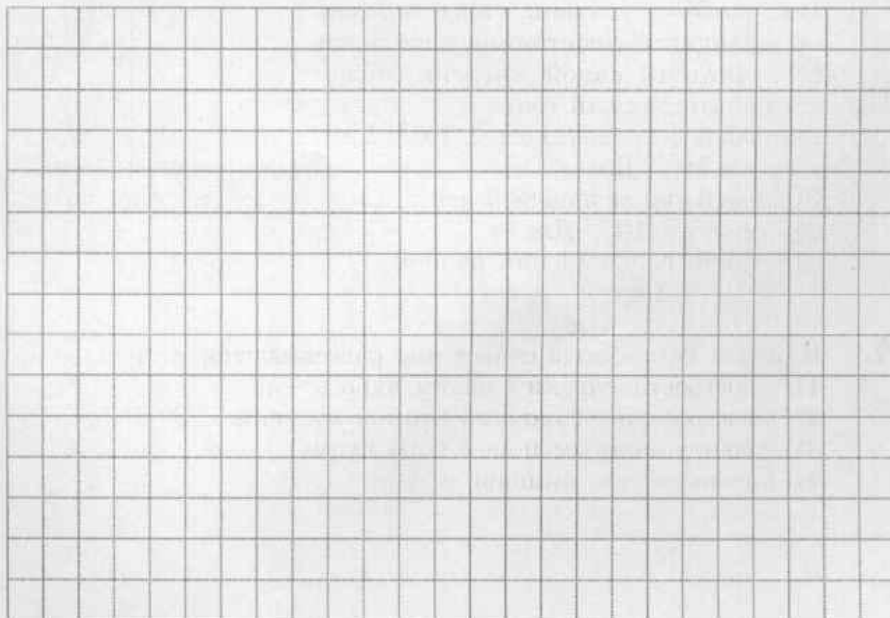
Ответ: 3.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 2.

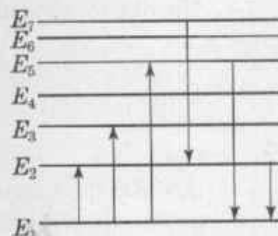
6. Ответ: 4.



4.2. Кинематика

4.2.1. опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Квантовые постулаты Бора

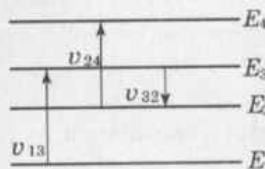
1. На рисунке показана диаграмма энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается поглощением кванта минимальной частоты?



- 1) с уровня 1 на уровень 5
- 2) с уровня 1 на уровень 2
- 3) с уровня 5 на уровень 1
- 4) с уровня 2 на уровень 1

1 2 3 4 1

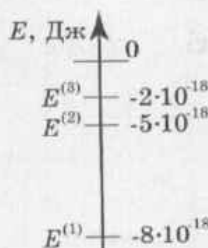
2. На рисунке показано несколько энергетических уровней электронной оболочки атома и указаны частоты фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах между этими уровнями.



Какова минимальная длина волны фотонов, излучаемых атомом при любых возможных переходах между уровнями E_1 , E_2 , E_3 и E_4 , если $\nu_{13} = 7 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{24} = 5 \cdot 10^{14}$ Гц, $\nu_{32} = 3 \cdot 10^{14}$ Гц?

2

3. Предположим, что энергия атомов газа может принимать только те значения, которые указаны на схеме. Атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(3)}$. Фотоны какой энергии может поглощать данный газ?



- 1) любой в пределах от $2 \cdot 10^{-18}$ Дж до $8 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 2) любой, но меньшей $2 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 3) только $2 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 4) любой, большей или равной $2 \cdot 10^{-18}$ Дж

1 2 3 4 3

4. В опыте Резерфорда α -частицы рассеиваются

- 1) электростатическим полем ядра атома
- 2) электронной оболочкой атомов мишени
- 3) гравитационным полем ядра атома
- 4) поверхностью мишени

1 2 3 4 4

Ответы:

Постулаты Бора

1. Атомная система может находиться в особых квантовых стационарных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия E_n .
2. При переходе атома из одного стационарного состояния в другое происходит испускание или поглощение квантов электромагнитного излучения.

Энергия фотона равна разности энергии атома в двух стационарных состояниях:

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

Правило квантования Бора

(третий постулат Бора):

$$m\nu R = n \frac{h}{2\pi},$$

где m — масса электрона, ν — скорость электрона, R — радиус круговой орбиты, n — номер энергетического состояния (целое число).

1. Согласно постулатам Бора: 1) атомная система может находиться только в особых стационарных или квантовых состояниях. Каждому состоянию соответствует определенная энергия E_n , и в стационарном состоянии атом не излучает; 2) излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией E_k в стационарное состояние с меньшей энергией E_n . Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний:

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n.$$

Отсюда можно получить частоту излучения

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h} = \frac{E_k}{h} - \frac{E_n}{h}.$$

При поглощении света атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией.

Уровни энергии располагаются в порядке возрастания их величины — снизу вверх. На рисунке поглощение отмечено стрелками, направленными вверх. Минимальная частота поглощения соответствует переходу между двумя ближайшими уровнями энергии: $E_1 \rightarrow E_2$.

Ответ: 2.

2. Минимальная длина волны λ (учитывая соотношение между λ и частотой ν : $\lambda = \frac{c}{\nu}$) соответствует максимальному

значению частоты излучаемого фотона и максимальной разности энергий уровней. Для представленной в условии задачи схемы уровней это будет длина волны излучения при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 . Частоту перехода ν_{41} находим по известным частотам переходов

$$\nu_{41} = \nu_{13} + \nu_{24} - \nu_{13} = 9 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$\text{Длина волны } \lambda_{41} = \frac{c}{\nu_{41}} = 333 \text{ нм.}$$

Ответ: 333.

3. Второй постулат Бора: при поглощении света атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией. Согласно условию задачи атом находится на уровне $E^{(3)}$, переход с которого на высший энергетический уровень атома (с $E = 0$) происходит с поглощением фотона с энергией, равной $E^{(3)} - 0 = 2 \cdot 10^{-18}$ Дж. Фотоны с меньшей энергией этот газ поглощать не может. Однако фотоны с большей энергией (причем любых непрерывных, а не только дискретных значений) он поглотить может, так как поглощение фотонов с такой энергией приведет к ионизации атома газа, т. е. к отрыву электрона от атома, а свободный электрон может обладать любыми значениями энергии.

Ответ: 4.

4. Ответ: 1.

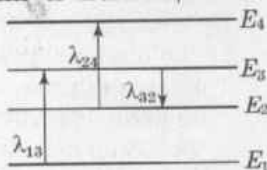
4.2.2. Энергетические уровни атома, линейчатые спектры. Лазер

1. Излучение фотонов происходит при переходе из возбужденных состояний с энергиями $E_1 > E_2 > E_3$ в основное состояние. Для частот соответствующих фотонов ν_1, ν_2, ν_3 справедливо соотношение

- 1) $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3$ 3) $\nu_2 < \nu_3 < \nu_1$
 2) $\nu_2 < \nu_1 < \nu_3$ 4) $\nu_1 > \nu_2 > \nu_3$

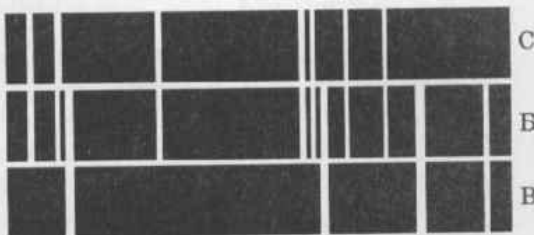
1 2 3 4 1

2. На рисунке показаны энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Какова длина волны для фотонов, излучаемых при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 , если $\lambda_{13} = 400$ нм, $\lambda_{24} = 500$ нм, $\lambda_{32} = 600$ нм?



3. На рисунках А, Б, В показаны спектры излучения газов А и В и газовой смеси Б. На основании анализа этих участков спектров можно сделать вывод, что смесь газов содержит

- 1) только газы А и В
 2) газы А, В и другие
 3) газ А и другой неизвестный газ
 4) газ В и другой неизвестный газ



1 2 3 4 2

4. Электрон внешней оболочки атома сначала переходит из стационарного состояния с энергией E_1 в стационарное состояние с энергией E_2 , поглощая фотон частотой ν_1 . Затем он переходит из состояния E_2 в стационарное состояние с энергией E_3 , поглощая фотон частотой $\nu_2 > \nu_1$. Что происходит при переходе электрона из состояния E_3 в состояние E_1 ?

- 1) излучение света частотой $\nu_2 - \nu_1$
 2) поглощение света частотой $\nu_2 - \nu_1$
 3) излучение света частотой $\nu_2 + \nu_1$
 4) поглощение света частотой $\nu_2 + \nu_1$

1 2 3 4 3

5. Излучение лазера — это
- 1) тепловое излучение
 2) вынужденное излучение
 3) спонтанное (самопроизвольное) излучение
 4) люминесценция

1 2 3 4 4

Ответы:

Энергия фотона

Равна разности энергий атома в двух стационарных состояниях:

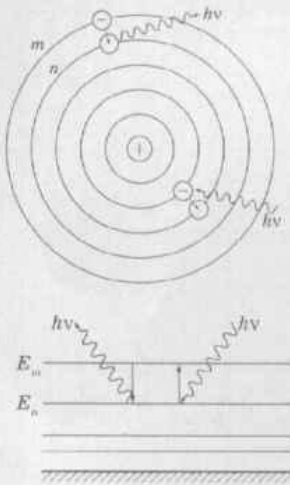
$$\Delta E = h\nu = E_m - E_n.$$

Основное состояние атома

Стационарное состояние с минимальной энергией.

Возбужденное состояние атома

Стационарное состояние атома с любыми значениями энергии, кроме минимального.



1. Энергия фотона $h\nu_{10}$, испускаемого атомом при переходе из возбужденного уровня E_1 в основное состояние E_0 , равна разности энергий верхнего и основного уровней: $h\nu_{10} = E_1 - E_0$. Отсюда следует, что $\nu_1 > \nu_2 > \nu_3$.

Ответ: 4.

2. Из второго постулата Бора следует, что частота излучаемого фотона при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией E_k в стационарное состояние с меньшей энергией E_n определяется по формуле

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h} = \frac{E_k}{h} - \frac{E_n}{h}.$$

Частота связана с длиной волны излучения соотношением

$\nu = \frac{c}{\lambda}$. Из условия задачи следует, что частота излучаемых фотонов при переходе с уровня 4 на уровень 1 (см. рисунок) равна:

$$\nu_{41} = \nu_{13} + \nu_{24} - \nu_{32} = c \left(\frac{1}{\lambda_{13}} + \frac{1}{\lambda_{24}} - \frac{1}{\lambda_{32}} \right) = c \cdot 2,8 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

Отсюда находим длину волны

$$\lambda_{41} = \frac{c}{\nu_{41}} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{13}} + \frac{1}{\lambda_{24}} - \frac{1}{\lambda_{32}}} = 359 \text{ нм.}$$

Ответ: 359.

3. Для ответа на вопрос, поставленный в задаче, сравниваем линейчатый спектр излучения газовой смеси B со спектрами газов A и B . Убеждаемся, что на рисунке B присутствуют только линии, находящиеся либо на рисунке A , либо на рисунке B . Других линий нет. Следовательно, верен ответ 1), поскольку смесь газов, если между ними не происходит химической реакции и условия возбуждения во всех трех случаях идентичны, будет излучать спектр, представленный только линиями, характерными для каждого газа в отдельности.

Ответ: 1.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 2.

4.3. Физика атомного ядра

4.3.1. Нуклонная модель ядра. Энергия связи.

Радиоактивность. Радиоактивные превращения

1. Торий ${}_{90}^{232}\text{Th}$, испытав два электронных β -распада и один α -распад, превращается в элемент

- 1) ${}_{94}^{236}\text{Pu}$ 2) ${}_{90}^{228}\text{Th}$ 3) ${}_{86}^{228}\text{Rn}$ 4) ${}_{86}^{234}\text{Rn}$

1 2 3 4 1

2. Ядро ${}_{93}^{237}\text{Np}$, испытав серию α - и β -распадов, превратилось в ядро ${}_{83}^{213}\text{Bi}$. Определите число α -распадов.

- 1) 6 2) 2 3) 24 4) 4

1 2 3 4 2

3. Нагретый газ углерод ${}_{6}^{15}\text{C}$ излучает свет. Этот изотоп испытывает β -распад с периодом полураспада 2,5 с. Как изменится спектр излучения всего газа за 5 с?

- 1) спектр углерода исчезнет и заменится спектром азота ${}_{7}^{15}\text{N}$
 2) спектр станет ярче из-за выделяющейся энергии
 3) спектр сдвинется вследствие уменьшения числа атомов углерода
 4) спектр углерода станет менее ярким и добавятся линии азота ${}_{7}^{15}\text{N}$

1 2 3 4 3

4. Ядро состоит

- 1) из нейтронов и электронов
 2) протонов и нейтронов
 3) протонов и электронов
 4) нейтронов

1 2 3 4 4

5. α -излучение

- 1) это поток ядер гелия
 2) поток протонов
 3) поток электронов
 4) электромагнитные волны

1 2 3 4 5

6. При самопроизвольном распаде ядра энергия

- 1) не выделяется и не поглощается
 2) поглощается
 3) сначала поглощается, а потом выделяется
 4) выделяется

1 2 3 4 6

7. Ядро изотопа урана U после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа U. Какие это были распады?

- 1) один α и два β 3) два α и один β
 2) один α и один β 4) такое превращение невозможно

1 2 3 4 7

Ответы:

Ядро атома состоит из протонов и нейтронов.

Протон

$p = +e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл,
масса:

$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$ кг.

Нейтрон

n — заряд равен нулю,
масса:

$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$ кг.

Число протонов в ядре атома обозначается Z и совпадает с порядковым номером элемента в таблице Менделеева.

Число нейтронов в ядре атома обозначается N .

Заряд ядра равен Ze
Общее число нейтронов и протонов в ядре равно массовому числу A :

$$A = Z + N.$$

Обозначение ядер:

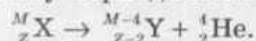


где X — обозначение химического элемента.

Например:

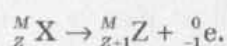
${}^{235}_{92}U$ — ядро урана, в котором содержится 92 протона и $235 - 92 = 143$ нейтрона.

1. Радиоактивные превращения ядер подчиняются правилу смещения: при α -распаде ядро теряет положительный заряд $+2e$ и его масса убывает приблизительно на четыре атомные единицы массы. В результате элемент смещается на две клетки к началу периодической системы:



Здесь элемент обозначается общепринятыми символами. Заряд ядра указывается в виде индекса внизу слева символа элемента, а атомная масса — в виде индекса сверху слева от символа. Для α -частицы, являющейся ядром атома гелия, применяют обозначение ${}^4_2 \text{He}$.

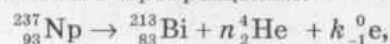
При β -распаде из ядра вылетает электрон. В результате заряд ядра увеличивается на единицу, масса остается почти неизменной:



Здесь ${}^0_{-1} e$ — электрон; индекс 0 сверху означает, что масса его очень мала по сравнению с атомной единицей массы. Таким образом, согласно правилу смещения ${}^{232}_{90} \text{Th}$ превращается в элемент с массовым числом $M = 232 - 4 = 228$ и зарядом $Z = 90 - 2 + 2 \cdot 1 = 90$, т.е. в изотоп тория ${}^{228}_{90} \text{Th}$.

Ответ: 2.

2. Согласно условию задачи осуществляется следующая реакция радиоактивного превращения:



где n и k — число α - и β -распадов соответственно. Используя правило смещения, находим n

$$237 = 213 + 4n; n = 6.$$

Ответ: 1.

3. За время, равное двум периодам полураспада, число атомов исходного элемента заметно уменьшится, следовательно, яркость излучения ${}^{15}_6 \text{C}$ также уменьшится. К линиям излучения элемента добавятся линии излучения элемента, являющегося продуктом β -распада ${}^{15}_6 \text{C}$ с тем же массовым числом 15, но согласно закону смещения с зарядовым числом, большим на единицу. Это изотоп азота ${}^{15}_7 \text{N}$.

Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 1.

6. Ответ: 4.

7. Ответ: 1.

День 98

4.3.2. Закон радиоактивного распада

1. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадётся за время, равное половине периода полураспада?
 1) 0,71 2) 0,50 3) 0,29 4) 0,14

1 2 3 4 1

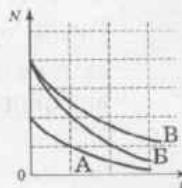
2. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Каков период полураспада этого элемента?
 1) 32 дня 2) 16 дней 3) 4 дня 4) 2 дня

1 2 3 4 2

3. Период полураспада радона — 3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 64 раза?
 1) 19 дней 2) 38 дней 3) 3,8 дня 4) 22,8 дня

1 2 3 4 3

4. На рисунке приведена зависимость от времени числа нераспавшихся ядер в процессе радиоактивного распада для трех изотопов. Для какого из них период полураспада наибольший?



1) А 3) В
 2) Б 4) для всех одинаковый

1 2 3 4 4

5. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен одному месяцу. В течение какого времени число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?

1) 3 месяца 3) 5 месяцев
 2) 4 месяца 4) 6 месяцев

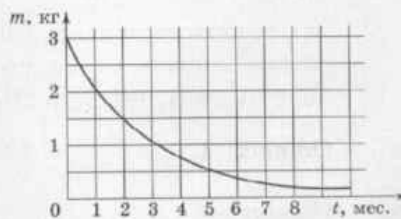
1 2 3 4 5

6. Период полураспада изотопа натрия Na равен 2,6 года. Если изначально было 104 г изотопа, то сколько примерно его будет через 5,2 лет?

1) 13 г 2) 26 г 3) 39 г 4) 52 г

1 2 3 4 6

7. На рисунке показан график изменения массы находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени. Период полураспада изотопа равен



1) 1 месяц 3) 4 месяца
 2) 2 месяца 4) 8 месяцев

1 2 3 4 7

8. Имеется 10^8 атомов радиоактивного изотопа йода I, период полураспада которого 25 мин. Какое количество ядер изотопа распадается за 50 мин?

1) $\sim 2,5 \cdot 10^7$ 3) $\sim 7,5 \cdot 10^7$
 2) $\sim 5 \cdot 10^7$ 4) $\sim 10^8$

1 2 3 4 8

Ответы:

Закон радиоактивного распада можно выразить упрощенной формулой

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}},$$

где N_0 — число радиоактивных атомов в начальный момент времени $t = 0$; T — период полураспада, т.е. время, в течение которого распадается половина наличного числа радиоактивных атомов.

По формуле (1) находят число нераспавшихся атомов N в любой момент времени.

1. Подставляя в формулу закона радиоактивного распада $t = \frac{T}{2}$, находим долю нераспавшихся ядер:
- $$\frac{(N_0 - N)}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} = 1 - 2^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 1 - 0,71 = 0,29.$$

Ответ: 3.

2. Активностью радиоактивного элемента называется число распадов в единицу времени $\frac{\Delta N}{\Delta t}$, которое выражается соотношением

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N = \lambda N_0 2^{-\frac{t}{T}},$$

где λ — постоянная распада ($\lambda = \ln \frac{2}{T}$). Согласно условию задачи отношение активностей

$$\frac{\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_1}{\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_2} = 4 = 2^2 = 2^{-\frac{t_1 + t_2}{T}} = 2^{-\frac{t_2 - t_1}{T}} = 2^{\frac{8}{T}}.$$

Отсюда следует, что $T = \frac{8}{2} = 4$.

Ответ: 3.

3. Запишем закон радиоактивного распада $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ для начального момента времени и момента времени, когда первоначальная масса радона уменьшилась вследствие распада в 64 раза, и разделим первое уравнение на второе. В результате получим

$$\frac{N_1}{N_2} = 64 = 2^6 = 2^{\frac{t}{T}} = 2^{\frac{t}{3,8}},$$

откуда следует, что $\frac{t}{3,8} = 6$ или $t = 3,8 \cdot 6 = 22,8$ дня.

Ответ: 4.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 3.

6. Ответ: 2.

7. Ответ: 2.

8. Ответ: 3.

4.3.3. Ядерные реакции. Цепная реакция

1. Какая ядерная реакция может быть использована для получения цепной реакции деления?

- 1) $\text{Cm} + n \rightarrow 4n + \text{Mo} + \text{Xe}$
- 2) $\text{C} \rightarrow \text{Li} + \text{Li}$
- 3) $\text{Th} + n \rightarrow \text{In} + \text{Nb}$
- 4) $\text{Cm} \rightarrow \text{Tc} + \text{I}$

1 2 3 4 1

2. Определите энергию ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0n$. Энергию считать положительной, если в процессе реакции она выделяется, и отрицательной, если она поглощается.

- 1) $-2,9$ МэВ
- 2) $2,9$ МэВ
- 3) 0 МэВ
- 4) $20\,530$ МэВ

1 2 3 4 2

3. При бомбардировке изотопа бора ${}^{10}_5\text{B}$ нейтронами 1_0n образуются α -частица ${}^4_2\text{He}$ и ядро

- 1) ${}^6_3\text{Li}$
- 2) ${}^7_4\text{Be}$
- 3) ${}^7_3\text{Li}$
- 4) ${}^6_2\text{He}$

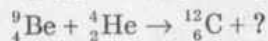
1 2 3 4 3

4. Ядро магния ${}^{21}_{12}\text{Mg}$ захватило электрон и испустило протон. В результате такой реакции образовалось ядро

- 1) ${}^{21}_{10}\text{Ne}$
- 2) ${}^{20}_{12}\text{Mg}$
- 3) ${}^{21}_{10}\text{Ne}$
- 4) ${}^{22}_{14}\text{Si}$

1 2 3 4 4

5. Укажите второй продукт ядерной реакции



- 1) 1_0n
- 2) ${}^4_2\text{He}$
- 3) ${}^0_{-1}e$
- 4) γ

1 2 3 4 5

6. В результате деления тяжелого атомного ядра происходит

- 1) разделение ядра на меньшее ядро и α -частицу
- 2) разделение ядра на два соразмерных по массе ядра и испускание нейтронов
- 3) разделение ядра на отдельные протоны и нейтроны
- 4) испускание ядром одного или нескольких нейтронов

1 2 3 4 6

Ответы:

Энергия связи

Минимальная энергия, которую необходимо затратить для разделения атомного ядра на составляющие его нуклоны, и которая расходуется на совершение работы против действия ядерных сил притяжения между нуклонами. Энергия связи

$$\Delta E = \Delta mc^2,$$

где $\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{ядр}}$ — дефект массы ядра.

Энергетический выход ядерной реакции

$$\Delta E = \Delta mc^2,$$

где Δm — разность между суммарной массой покоя частиц и ядер, вступающих в реакцию, и продуктов реакции; $\Delta E < 0$ — энергия поглощается, $\Delta E > 0$ — энергия выделяется.

1. Для течения цепной ядерной реакции необходимо, чтобы среднее число освобожденных нейтронов в данной массе элемента не уменьшалось со временем или коэффициент размножения нейтронов k был больше или равен единице. Коэффициентом размножения нейтронов называют отношение числа нейтронов в каком-либо «поколении» к числу нейтронов предшествующего «поколения». Этому условию отвечает первая из перечисленных реакций.

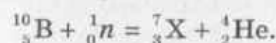
Ответ: 1.

2. Энергетическим выходом реакции называется разность энергий покоя ядер и частиц до и после реакции. Энергия покоя $E_0 = mc^2$. Определив по таблице массы изотопов (в а.е.м.) и воспользовавшись коэффициентом взаимосвязи массы и энергии $c^2 = 931,5$ МэВ/а.е.м., находим разницу энергий между продуктами реакции и исходными компонентами

$$(7,016 - 4,003 - 10,013 - 1,009) \cdot 931,5 = - 2,8 \text{ МэВ.}$$

Ответ: 1.

3. Запишем ядерную реакцию, воспользовавшись законом сохранения массового числа и заряда: 1) сохраняется суммарный электрический заряд частиц, участвующих в реакции; 2) сохраняется массовое ядерное число, т.е. полное число нуклонов (если не образуются античастицы):



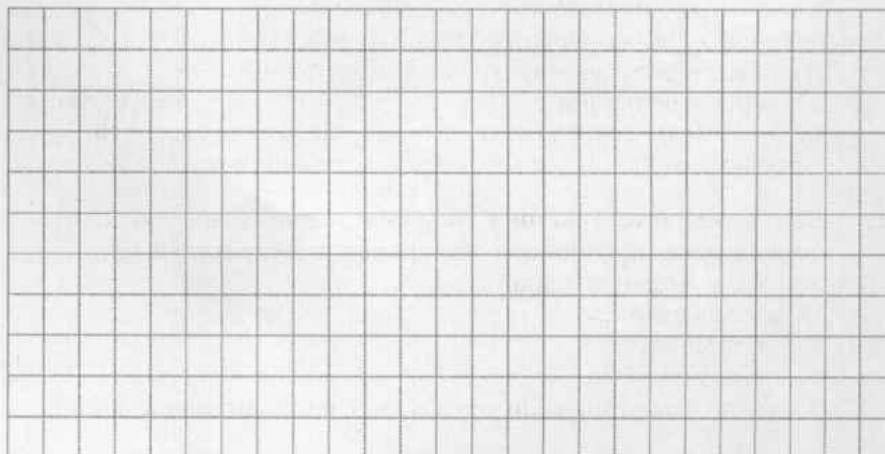
Из таблицы Менделеева находим, что это изотоп лития ${}^7_3\text{Li}$.

Ответ: 3.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 1.

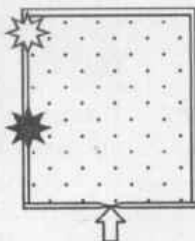
6. Ответ: 2.



День 100

4.4.4. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер. Регистрация продуктов реакции

1. Неизвестная частица, являющаяся продуктом некоторой ядерной реакции, влетает в камеру с магнитным полем, направленным перпендикулярно направлению ее движения (перпендикулярно плоскости рисунка). На рисунке белой звездочкой показано место, где частица ударила в экран, черной звездочкой — место, где на экран попадают протоны 1_1p с той же энергией. Неизвестная частица, скорее всего, является
- 1) электроном ${}^0_{-1}e$ 3) α — частицей 4_2He
 2) нейтроном 1_0n 4) позитроном ${}^0_{+1}e$



1 2 3 4 1

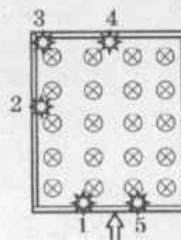
2. Ядро бария ${}^{143}_{56}Ba$ в результате испускания нейтрона, а затем электрона превратилось в ядро
- 1) ${}^{145}_{56}Ba$ 2) ${}^{142}_{57}La$ 3) ${}^{143}_{58}Ba$ 4) ${}^{144}_{55}Cs$

1 2 3 4 2

3. При облучении нейтронами ядра урана 235 делится
- 1) на 2 сравнимых по массе осколка деления и нейтроны
 2) α - и β -частицы
 3) нейтроны и протоны
 4) нейтроны, протоны и электроны

1 2 3 4 3

4. В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны ${}^0_{-1}e$, позитроны ${}^0_{+1}e$, протоны 1_1p , нейтроны 1_0n , α -частицы 4_2He и γ -кванты). На экране соответствует попаданию в него позитрона вспышка
- 1) 1 2) 2 3) 5 4) 4



1 2 3 4 4

5. Как изменяется полная энергия нескольких свободных покоящихся протонов и нейтронов в результате соединения их в атомное ядро?
- 1) увеличивается
 2) уменьшается
 3) не изменяется
 4) увеличивается, если образуется радиоактивное ядро

1 2 3 4 5

Ответы:

1. Вспомним, как ведет себя заряженная частица, попавшая в однородное магнитное поле. На частицу, движущуюся с некоторой постоянной скоростью в магнитном поле, действует сила Лоренца, величина которой $F = |q|vB \sin \alpha$, где q — заряд частицы; v — скорость ее движения; α — угол между векторами скорости и индукции магнитного поля. Направление силы определяется правилом левой руки: если расположить ладонь левой руки так, чтобы четыре вытянутых пальца указывали направление движения положительного заряда, а вектор магнитной индукции поля входил в ладонь, то отставленный большой палец укажет направление силы. Если заряд частицы отрицательный, то сила Лоренца будет направлена в противоположную сторону. Сила, действующая со стороны магнитного поля на частицу, скорость которой перпендикулярна магнитному полю, заставит ее равномерно вращаться по окружности радиуса

$$r = \frac{mv}{|q|B},$$

где m — масса частицы. Из этой формулы следует, что чем больше масса частицы, тем больше радиус описываемой ею окружности. Из рисунка видно, что радиус окружности, который описала неизвестная частица, больше, чем радиус окружности, описанной протоном, так как расстояние от точки «влета» до точки попадания на экран у нее больше. Направление поворота (направление действующей силы) указывает на то, что знак заряда частицы положительный (как и у протона). Из этого следует, что неизвестная частица не может быть ни электроном, ни позитроном, ни нейтроном (в последнем случае она бы не изменила направление своего движения). Это, скорее всего, α -частица ${}^4_2\text{He}$.

Ответ: 3.

2. При испускании нейтрона и электрона массовое число ${}^{143}_{56}\text{Ba}$ уменьшается на единицу и становится равным 142. Заряд ядра вследствие испускания отрицательного заряда увеличивается на единицу и равен 57. Следовательно, это ${}^{142}_{57}\text{La}$.

Ответ: 2.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 2.

ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ТЕСТ № 2¹

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1—А25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

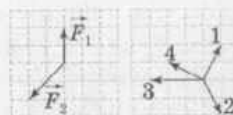
- А1.** Четыре тела двигались по оси Ox . В таблице представлена зависимость их координат от времени.

t, c	0	1	2	3	4	5
$x_1, м$	0	2	4	6	8	10
$x_2, м$	0	0	0	0	0	0
$x_3, м$	0	1	4	9	16	25
$x_4, м$	0	2	0	-2	0	2

У какого из тел скорость могла быть постоянна и отлична от нуля?

- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

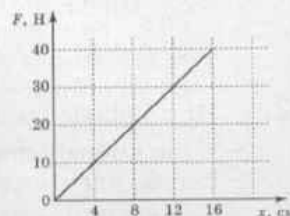
- А2.** На тело в инерциальной системе отсчета действуют две силы. Какой из векторов, изображенных на правом рисунке, правильно указывает направление ускорения тела в этой системе отсчета?



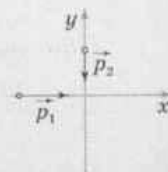
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

- А3.** На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Чему равна жесткость пружины?

- 1) 250 Н/м 3) 2,5 Н/м
2) 160 Н/м 4) 1,6 Н/м



- А4.** Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$, а второго тела $p_2 = 3 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



- 1) 1 кг·м/с 2) 4 кг·м/с 3) 5 кг·м/с 4) 7 кг·м/с

¹ Тренировочный тест № 2 является демонстрационным вариантом КИМ ЕГЭ 2011 г. (www.fipi.ru).

1 2 3 4 A1

1 2 3 4 A2

1 2 3 4 A3

1 2 3 4 A4

1 2 3 4 A5

- A5.** Автомобиль массой 10^3 кг движется со скоростью 10 м/с. Чему равна кинетическая энергия автомобиля?
1) 10^5 Дж 2) 10^4 Дж 3) $5 \cdot 10^4$ Дж 4) $5 \cdot 10^3$ Дж

1 2 3 4 A6

- A6.** Период колебаний пружинного маятника 1 с. Каким будет период колебаний, если массу груза маятника и жесткость пружины увеличить в 4 раза?
1) 1 с 2) 2 с 3) 4 с 4) 0,5 с

1 2 3 4 A7

- A7.** На последнем километре тормозного пути скорость поезда уменьшилась на 10 м/с. Определите скорость в начале торможения, если общий тормозной путь поезда составил 4 км, а торможение было равнозамедленным.
1) 20 м/с 2) 25 м/с 3) 40 м/с 4) 42 м/с

1 2 3 4 A8

- A8.** При снижении температуры газа в запаянном сосуде давление газа уменьшается. Это уменьшение давления объясняется тем, что
1) уменьшается энергия теплового движения молекул газа
2) уменьшается энергия взаимодействия молекул газа друг с другом
3) уменьшается хаотичность движения молекул газа
4) уменьшаются размеры молекул газа при его охлаждении

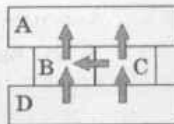
1 2 3 4 A9

- A9.** На газовой плите стоит узкая кастрюля с водой, закрытая крышкой. Если воду из нее перелить в широкую кастрюлю и тоже закрыть, то вода закипит заметно быстрее, чем если бы она осталась в узкой. Этот факт объясняется тем, что
1) увеличивается площадь нагревания и, следовательно, увеличивается скорость нагревания воды
2) существенно увеличивается необходимое давление насыщенного пара в пузырьках и, следовательно, воде у дна надо нагреваться до менее высокой температуры
3) увеличивается площадь поверхности воды и, следовательно, испарение идет более активно
4) заметно уменьшается глубина слоя воды и, следовательно, пузырьки пара быстрее добираются до поверхности

1 2 3 4 A10

- A10.** Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 60 %. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в два раза. Относительная влажность воздуха стала равна
1) 120 % 2) 100 % 3) 60 % 4) 30 %

A11. Четыре металлических бруска положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску.



Температуры брусков в данный момент 100°C , 80°C , 60°C , 40°C . Температуру 60°C имеет брусок

- 1) A 2) B 3) C 4) D

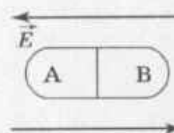
1 2 3 4 A11

A12. При температуре 10°C и давлении 10^5 Па плотность газа равна $2,5 \text{ кг/м}^3$. Какова молярная масса газа?

- 1) 59 г/моль 3) 598 кг/моль
2) 69 г/моль 4) $5,8 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

1 2 3 4 A12

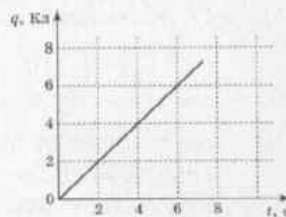
A13. Незаряженное металлическое тело внесли в однородное электростатическое поле, а затем разделили на части A и B (см. рисунок). Какими электрическими зарядами обладают эти части после разделения?



- 1) A — положительным, B — останется нейтральным
2) A — останется нейтральным, B — отрицательным
3) A — отрицательным, B — положительным
4) A — положительным, B — отрицательным

1 2 3 4 A13

A14. По проводнику течет постоянный электрический ток. Значение заряда, прошедшего через проводник, возрастает с течением времени согласно графику, представленному на рисунке. Сила тока в проводнике равна



- 1) 36 А 2) 16 А 3) 6 А 4) 1 А

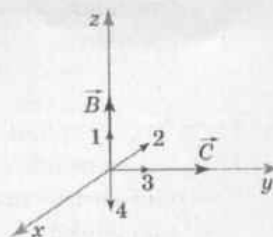
1 2 3 4 A14

A15. Индуктивность витка проволоки равна $2 \cdot 10^{-3}$ Гн. При какой силе тока в витке магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, равен 12 мВб?

- 1) $24 \cdot 10^{-6}$ А 2) 0,17 А 3) 6 А 4) 24 А

1 2 3 4 A15

A16. На рисунке в декартовой системе координат представлены вектор индукции \vec{B} магнитного поля в электромагнитной волне и вектор \vec{C} скорости ее распространения. Направление вектора напряженности электрического поля \vec{E} в волне совпадает со стрелкой

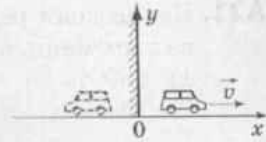


- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

1 2 3 4 A16

1 2 3 4 A17

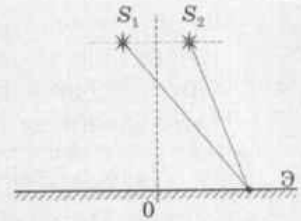
A17. Ученики исследовали соотношение между скоростями автомобильчика и его изображения в плоском зеркале в системе отсчета, связанной с зеркалом (см. рисунок). Проекция на ось Ox вектора скорости, с которой движется изображение, в этой системе отсчета равна



- 1) $-2v$
- 2) $2v$
- 3) v
- 4) $-v$

1 2 3 4 A18

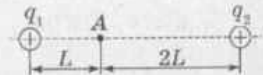
A18. Два точечных источника света S_1 и S_2 находятся близко друг от друга и создают на удаленном экране \mathcal{E} устойчивую интерференционную картину (см. рисунок). Это возможно, если S_1 и S_2 — малые отверстия в непрозрачном экране, освещенные



- 1) каждое своим солнечным зайчиком от разных зеркал
- 2) одно — лампочкой накаливания, а второе — горящей свечой
- 3) одно синим светом, а другое красным светом
- 4) светом от одного и того же точечного источника

1 2 3 4 A19

A19. Два точечных положительных заряда $q_1 = 200$ нКл и $q_2 = 400$ нКл находятся в вакууме.

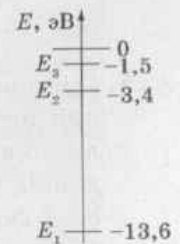


Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке A , расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии L от первого и $2L$ от второго заряда. $L = 1,5$ м.

- 1) 1200 кВ/м
- 2) 1200 В/м
- 3) 400 кВ/м
- 4) 400 В/м

1 2 3 4 A20

A20. На рисунке представлены несколько самых нижних уровней энергии атома водорода. Может ли атом, находящийся в E_1 , поглотить фотон с энергией 3,4 эВ?



- 1) да, при этом атом переходит в состояние E_2
- 2) да, при этом атом переходит в состояние E_3
- 3) да, при этом атом ионизуется, распадаясь на протон и электрон
- 4) нет, энергии фотона недостаточно для перехода атома в возбужденное состояние

A21. Какая доля радиоактивных ядер распадается через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- 1) 100 % 3) 50 %
2) 75 % 4) 25 %

1 2 3 4 A21

A22. Радиоактивный полоний ${}^{216}_{84}\text{Po}$, испытав один α -распад и два β -распада, превратился в изотоп

- 1) свинца ${}^{212}_{82}\text{Pb}$ 3) висмута ${}^{212}_{83}\text{Bi}$
2) полония ${}^{212}_{84}\text{Po}$ 4) таллия ${}^{208}_{81}\text{Tl}$

1 2 3 4 A22

A23. Один из способов измерения постоянной Планка основан на определении максимальной кинетической энергии электронов при фотоэффекте с помощью измерения напряжения, задерживающего их. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Задерживающее напряжение U , В	0,4	0,9
Частота света ν , 10^{14} Гц	5,5	6,9

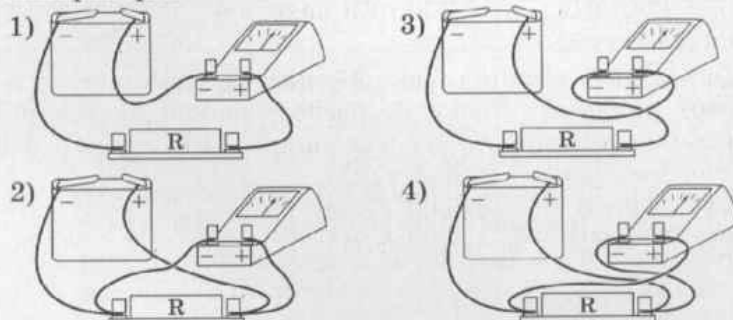
1 2 3 4 A23

Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1) $6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с 3) $6,3 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
2) $5,7 \cdot 10^{-34}$ Дж·с 4) $6,0 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

1 2 3 4 A24

A24. При измерении силы тока в проволоочной спирали R четыре ученика по-разному подсоединили амперметр. Результат изображен на рисунке. Укажите верное подсоединение амперметра.



A25. При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии.

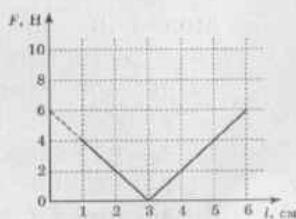


График полученной зависимости приведен на рисунке. Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам опыта?

1 2 3 4 A25

А. Длина пружины в недеформированном состоянии равна 3 см.

Б. Жесткость пружины равна 200 Н/м.

- 1) только А 3) и А, и Б
2) только Б 4) ни А, ни Б

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1

В1. В результате перехода с одной круговой орбиты на другую центростремительное ускорение спутника Земли уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника, скорость его движения по орбите и период обращения вокруг Земли? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
2) уменьшилась
3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Скорость движения по орбите	Период обращения вокруг Земли

В2

В2. Температуру холодильника тепловой машины увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины, количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, и работа газа за цикл? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
2) уменьшилась
3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы	Работа газа за цикл

- В3.** Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны — ν , скорость света в воде — v , показатель преломления воды относительно воздуха — n . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

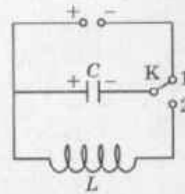
Физические величины

- А) длина волны света в воздухе
 Б) длина волны света в воде

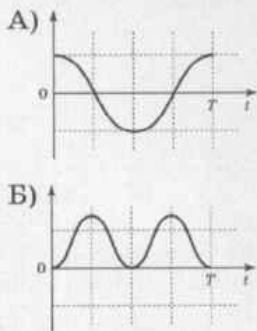
Формулы

- 1) $\frac{v}{n \cdot \nu}$
 2) $\frac{n \cdot v}{\nu}$
 3) $\frac{n \cdot \nu}{v}$
 4) $\frac{v}{\nu}$

- В4.** Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после переключения переключателя К в положение 2. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Графики



Физические величины

- 1) заряд левой обкладки конденсатора
 2) сила тока в катушке
 3) энергия электрического поля конденсатора
 4) энергия магнитного поля катушки

А	Б

В3

А	Б

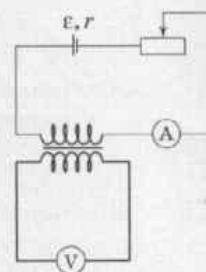
В4

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1

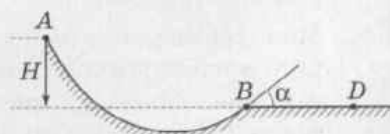
- С1.** На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата влево. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с ε .



Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

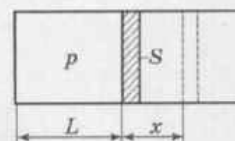
С2

- С2.** Шайба массой m начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). $BD = 4$ м. Найдите массу шайбы m . Сопротивлением воздуха пренебречь.



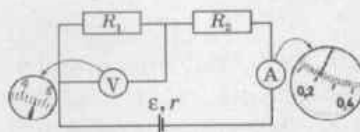
С3

- С3.** В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня равно L . Площадь поперечного сечения поршня $S = 25$ см². В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты $Q = 1,65$ кДж, а поршень сдвинулся на расстояние $x = 10$ см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной $F_{тр} = 3 \cdot 10^3$ Н. Найдите L . Считать, что сосуд находится в вакууме.



- C4. При проведении лабораторной работы ученик собрал электрическую цепь по схеме на рисунке. Сопротивления R_1 и R_2 равны 20 Ом и 150 Ом соответственно. Сопротивление вольтметра равно 10 кОм, а амперметра — 0,4 Ом. ЭДС источника равна 36 В, а его внутреннее сопротивление — 1 Ом.

На рисунке показаны шкалы приборов с показаниями, которые получил ученик. Исправны ли приборы или же какой-то из них дает неверные показания?



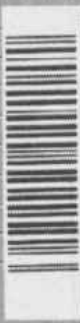
- C5. Небольшой груз, подвешенный на нити длиной 2,5 м, совершает гармонические колебания, при которых его максимальная скорость достигает 0,2 м/с. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м изображение колеблющегося груза проецируется на экран, расположенный на расстоянии 0,5 м от линзы. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Определите максимальное смещение изображения груза на экране от положения равновесия.
- C6. Монохроматический пучок параллельных лучей создается источником, который за время $\Delta t = 8 \cdot 10^{-4}$ с излучает $N = 5 \cdot 10^{14}$ фотонов. Фотоны падают по нормали на площадку $S = 0,7 \text{ см}^2$ и создают давление $P = 1,5 \cdot 10^{-5}$ Па. При этом 40 % фотонов отражается, а 60 % поглощается. Определите длину волны излучения.

C4

C5

C6

Бланк ответов №2



Регион	Код предмета	Название предмета	Результат - 8
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Дополнительный бланк ответов №2	<input type="text"/>	Лист № 1	<input type="text"/>

Переведите значение полей «регион», «код предмета», «название предмета» на БЛАНК РЕГИСТРАЦИИ.
Отвечая на задание типа С, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвечаете, например С1.
Условия задания переписывать не нужно.

ВНИМАНИЕ! Все бланки и листы с контрольными измерительными материалами рассматриваются в комплекте.

--

Бланк ответов №2



Регион	Код предмета	Название предмета
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Резерв - 8

Дополнительная бланк ответов №2	Лист № 1
---------------------------------	----------

Перепишите значения полей «регион», «код предмета», «название предмета» из БЛАНКА РЕГИСТРАЦИИ.
Отвечая на задание типа С, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвечаете, например С1.
Условия задания переписывать не нужно.

ВНИМАНИЕ! Все бланки и листы с контрольными измерительными материалами рассматриваются в комплекте.

--

Бланк ответов №2



Регион	Код предмета	Название предмета	Резерв - 8
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Дополнительный бланк ответов №2	<input type="text"/>	Лист № 1	<input type="text"/>
---------------------------------	----------------------	----------	----------------------

Перепишите значения полей «регион», «код предмета», «название предмета» из БЛАНКА РЕГИСТРАЦИИ.
Отвечая на задание типа С, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвечаете, например С1.
Условия задания переписывать не нужно.

ВНИМАНИЕ! Все бланки и листы с контрольными измерительными материалами рассматриваются в комплекте.

--

Ответы к тренировочному тесту № 2

За правильный ответ на каждое задание части 1 ставится 1 балл. Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует — 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	1	A14	4
A2	3	A15	3
A3	1	A16	2
A4	3	A17	4
A5	3	A18	4
A6	1	A19	4
A7	1	A20	4
A8	1	A21	2
A9	1	A22	2
A10	2	A23	2
A11	2	A24	3
A12	1	A25	3
A13	4		

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях B1–B4 правильно указана последовательность цифр. За полный правильный ответ ставится 2 балла, 1 балл — допущена одна ошибка; за неверный ответ (более одной ошибки) или его отсутствие — 0 баллов.

№ задания	Ответ
B1	121
B2	212
B3	34
B4	14

A1. При движении с постоянной отличной от нуля скоростью должны выполняться следующие условия:

- 1) координата x постоянно уменьшается или увеличивается;
- 2) путь $s = (x_2 - x_1)$, пройденный телом за одно и то же время, одинаков.

Эти условия выполняются для тела 1. Действительно $x_1 - x_0 = x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = x_4 - x_3 = x_5 - x_4 = 2$ м.

2 3 4 A1

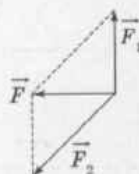
A2. Равнодействующая двух сил

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

По второму закону Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}, \text{ т. е. } \vec{F} \uparrow \vec{a}.$$

Построив вектор равнодействующей силы, можно убедиться, что ее направление, а значит, и направление ускорения соответствует направлению 3.



1 2 4 A2

A3. Сила упругости пружины

$$F = k \cdot x,$$

$$\text{откуда } k = \frac{F}{x} = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ Н/м.}$$

1 2 4 A3

A4. По закону сохранения импульса

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2,$$

или в проекциях на оси

$$x: p_x = p_1;$$

$$y: p_y = -p_2;$$

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2} = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ кг}\cdot\text{м/с.}$$

1 2 4 A4

A5. Кинетическая энергия автомобиля

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{10^3 \cdot 10^2}{2} = 5 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

1 2 4 A5

A6. Период колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 1 \text{ с.}$$

При увеличении массы и жесткости пружины в 4 раза:

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{4m}{4k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = T = 1 \text{ с.}$$

2 3 4 A6

A7. Уравнения равнозамедленного торможения

$$\begin{cases} x = v_0 t - \frac{at^2}{2}, \\ v = v_0 - at. \end{cases}$$

Обозначим t_3 и t_4 — время, за которое поезд прошел 3 и 4 км тормозного пути соответственно, тогда $\Delta t = t_4 - t_3$ — время прохождения последнего километра. Поскольку $v_4 = (t_4) = 0$, $v_3 = 10$ м/с, так время в начале последнего километра, тогда

$$x_3 = v_0 t_3 - \frac{at_3^2}{2} = 3000, \quad v_3 = v_0 - at_3 = 10,$$

$$x_4 = v_0 t_4 - \frac{at_4^2}{2} = 4000, \quad v_4 = v_0 - at_4 = 0.$$

С другой стороны, для последнего километра пути начальная скорость равна $v_3 = 10$ м/с, а закон движения

$$x = x_3 + v_3(t - t_3) - a \frac{(t - t_3)^2}{2},$$

$v = v_3 = a(t - t_3)$, откуда

$$x_4 = x_3 + v_3(t_4 - t_3) - \frac{a(t_4 - t_3)^2}{2} = x_3 + v_3 \cdot \Delta t - \frac{a\Delta t^2}{2},$$

$$v_4 = v_3 - a(t_4 - t_3) = v_3 - a\Delta t = 0.$$

Тогда $v_3 = a\Delta t$, $v_0 = at_4$

$$x_4 = x_3 + v_3 \Delta t - \frac{v_3 \Delta t}{2} = v_0 t_4 - \frac{v_0 t_4}{2};$$

$$\frac{v_0 t_4}{v_3 \Delta t} = \frac{at_4^2}{a\Delta t^2} = \frac{4000}{1000} = 4, \quad \frac{t_4^2}{\Delta t^2} = 4, \quad \frac{t_4}{\Delta t} = 2,$$

откуда $\frac{v_0}{v_3} = \frac{at_4}{a\Delta t} = \frac{t_4}{\Delta t} = 2$, $v_0 = 2v_3 = 20$ м/с.

A8. Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории газов

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k,$$

где p — давление на стенки сосуда, n — концентрация молекул в сосуде, \bar{E}_k — средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул.

С другой стороны,

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT,$$

где k — постоянная Больцмана.

Таким образом, при снижении температуры газа уменьшается энергия теплового движения молекул газа, которая и вызывает уменьшение давления газа.

- A9.** Количество теплоты, получаемое кастрюлей на плите, зависит от площади поверхности теплопередачи, т. е. дна. В широкой кастрюле площадь дна больше, а значит нагрев и закипание в ней произойдет быстрее.

2 3 4 A9

- A10.** Согласно закону Бойля—Мариотта при изотермическом сжатии

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ откуда}$$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 2p_1.$$

Для парциального давления водяных паров выполняется то же соотношение, поэтому

$$p_2^{\text{H}_2\text{O}} = 2p_1^{\text{H}_2\text{O}}.$$

Из уравнения относительной влажности

$$R\varphi = \frac{p^{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{насыщ.}}^{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100 \%,$$

получаем, что $\frac{R\varphi_2}{R\varphi_1} = \frac{p_2^{\text{H}_2\text{O}}}{p_1^{\text{H}_2\text{O}}} = 2,$

а значит $R\varphi_2 = 2R\varphi_1 = 120 \%$, где $p_{\text{насыщ.}}^{\text{H}_2\text{O}}$ — давление насыщенного пара, которое остается неизменным.

Однако относительная влажность не может быть более 100%. Это значит, что после сжатия относительная влажность станет равной 100%, а избыток влаги концентрируется на стенках сосуда.

- A11.** Теплопередача происходит от более нагретого тела к менее нагретому. Это значит, что

$$T_D > T_B, T_D > T_C, T_C > T_B, T_C > T_A, T_B > T_A,$$

т. е. $T_D > T_C > T_B > T_A,$

откуда $T_D = 100^\circ\text{C}, T_C = 80^\circ\text{C}, T_B = 60^\circ\text{C}, T_A = 40^\circ\text{C}.$

Таким образом, температура 60°C имеет тело В.

1 3 4 A11

- A12.** Согласно уравнению Клапейрона—Менделеева

$$pV = \frac{m}{M} RT,$$

тогда плотность газа $\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT},$

где m — масса газа, V — объем сосуда, p — давление газа, M — молярная масса, R — универсальная газовая постоянная, T — температура газа по шкале Кельвина.

Получаем

$$M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{2,5 \cdot 8,31441 \cdot (273 + 10)}{10^5} = 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/моль} = 59 \text{ г/моль}.$$

2 3 4 A12

1 2 4 A13

A13. При разделении зарядов положительные двигаются вдоль линий напряженности поля, а отрицательные — против, поэтому часть А приобретет положительный заряд, а часть В — отрицательный.

1 2 3 A14

A14. Сила тока в проводнике равна $I = \frac{dq}{dt} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{6}{6} = 1$ А.

1 2 4 A15

A15. Магнитный поток, пронизывающий контур витка

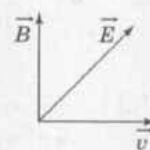
$$\Phi = LI,$$

где L — индуктивность витка, I — сила тока в нем.

$$\text{Тогда } I = \frac{\Phi}{L} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 6 \text{ А.}$$

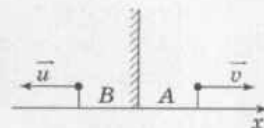
1 2 4 A16

A16. В электромагнитной волне векторы \vec{v} , \vec{E} , \vec{B} образуют так называемую правую тройку векторов, что соответствует направлению, обозначенному на рисунке стрелкой 3.



1 2 3 A17

A17. Обозначим скорость изображения \vec{u} , тогда вектор \vec{u} направлен таким образом, что изображение будет удаляться от зеркала.



Обозначим A и B — расстояние от плоскости зеркала до объекта и изображения соответственно, тогда

$$A = B, \quad \frac{dA}{dt} = v = \frac{dB}{dt} = u.$$

В проекции на ось x $u_x = -u = -v$.

1 2 3 A18

A18. Для получения устойчивой интерференционной картины излучения от источников S_1 и S_2 должны быть когерентными, что в случае двух малых отверстий в непрозрачном экране, освещенных светом от одного и того же точечного источника.

1 2 3 A19

A19. Согласно принципу суперпозиции

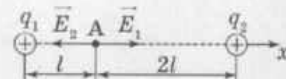
$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

или в проекциях на ось x

$$E_A = E_1 - E_2.$$

По формуле напряженности электрического поля

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1^2} = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 L^2},$$



$$E_2 = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2^2} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 (2L)^2} = \frac{q_2}{16\pi\epsilon_0 L^2},$$

$$E_A = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 L^2} - \frac{q_2}{16\pi\epsilon_0 L^2} = \frac{4q_1 - q_2}{16\pi\epsilon_0 L^2} =$$

$$= \frac{4 \cdot 200 \cdot 10^{-9} - 400 \cdot 10^{-9}}{16 \cdot 3,14 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 1,5^2} = 400 \text{ В/м.}$$

A20. Для перехода атома в возбужденное состояние ему необходимо поглотить фотон с энергией, равной или превышающей разницу уровней энергии.

Минимальная энергия, необходимая для возбуждения атома, указанного в задаче, равна

$$E_2 - E_1 = -3,4 + 13,6 = 10,2 \text{ эВ.}$$

Таким образом, энергии фотона 3,4 эВ явно недостаточно для перехода атома в возбужденное состояние.

1 2 3 A20

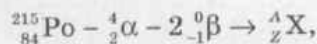
A21. Периодом полураспада называется промежуток времени, необходимый для распада 50 % от числа атомов до начала отсчета. Тогда за время $t_1 = T_n$ распадется 50 % атомов, имеющихся вначале, а за следующие $t_2 = T_n$ распадется 50 % оставшихся атомов, т. е. $0,5 \cdot 50 \% = 25 \%$ от начального числа атомов. Таким образом, всего распадется:

$$50 \% + 25 \% = 75 \%$$

от начального числа атомов.

1 3 4 A21

A22. Запишем уравнение реакции распада, описанной в задаче:



$$A = 216 - 4 - 2 \cdot 0 = 212,$$

$$Z = 84 - 2 - 2 \cdot (-1) = 84.$$

Таким образом, элемент X имеет атомную массу $A = 212$ и заряд ядра $Z = 84$. По значению A определим, что это полоний ${}_{84}^{212}\text{Po}$.

1 3 4 A22

A23. Согласно формуле Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_1^2}{2},$$

$$h\nu_2 = A_{\text{вых}} + \frac{mv_2^2}{2},$$

$$h(\nu_2 - \nu_1) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2},$$

1 3 4 A23

при этом кинетическая энергия электрона определяется из величины напряжения U :

$$\frac{mv^2}{2} = U,$$

откуда

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{v_2 - v_1} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} (0,9 - 0,4)}{6,9 \cdot 10^{14} - 5,5 \cdot 10^{14}} = 5,7 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

1 2 4 A24

- A24.** При измерении силы тока амперметр подключается последовательно к исследуемым сопротивлениям таким образом, чтобы полярность амперметра соответствовала направлению движения тока в цепи. Поскольку ток в цепи течет от «+» батареи к «-», правильное подключение амперметра показано на схеме 3.

1 2 4 A25

- A25.** Исследуем полученную зависимость. Можно заметить, что при $l = 3$ см $F = 0$, тогда

$$F = k|l - l_0| = 0, \quad |l - l_0| = 0, \quad l_0 = l = 3 \text{ см},$$

т. е. утверждение А верно.

Определим жесткость пружины k . Для этого по графику отметим, что при $l = 6$ см $F = 6$ Н, тогда

$$F = k|l - l_0| = 6 \text{ Н},$$

$$k = \frac{F}{|l - l_0|} = \frac{6}{|0,06 - 0,03|} = \frac{6}{0,03} = 200 \text{ Н/м},$$

т. е. утверждение Б также верно.

121

B1

- B1.** При переходе с одной круговой орбиты на другую скорость, радиус орбиты и центростремительное ускорение связаны соотношениями

$$a_n = \frac{v^2}{R}.$$

По второму закону Ньютона $F_T = ma_n$, получаем

$$G \frac{mM}{R^2} = ma_n = m \frac{v^2}{R},$$

следовательно

$$v^2 = \frac{GM}{R}, \quad a_n = \frac{G^2 M^2}{R^3}.$$

Поскольку a_n уменьшилось, радиус орбиты R должен был увеличиться. Тогда значение скорости

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

уменьшается, а период вращения вокруг Земли

$$T = \frac{L}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{GM}{R}}} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

увеличивается.

В2. КПД тепловой машины

$$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = \frac{T_n - T_x}{T_n} = \frac{A}{Q_n},$$

Поскольку T_x увеличили, а T_n осталась прежней, КПД уменьшился. При этом уменьшается числитель дроби

$$\frac{Q_n - Q_x}{Q_n},$$

а значит, увеличивается значение количества теплоты Q_x , отданного холодильнику. Также при уменьшении КПД и постоянном Q_n уменьшается работа цикла.

В3. При переходе из среды в среду частота излучения не изменяется, однако меняется скорость ее распространения, а значит, и длина волны.

Показатель преломления воды относительно воздуха определяет соотношение скорости света в средах, т. е.

$$n = \frac{u}{v},$$

где u — скорость распространения излучения в воздухе, тогда $u = n \cdot v$ и длина волны в воздухе

$$\lambda_{\text{воздуха}} = \frac{u}{v} = \frac{n \cdot v}{v},$$

в воде

$$\lambda_{\text{воды}} = \frac{u}{v}.$$

В4. При переключении ключа в контуре возникает ток. При этом заряд левой обкладки конденсатора начинает уменьшаться по закону

$$q = q_m \cdot \cos \omega t,$$

достигает нуля через время $t = \frac{T}{4}$, минимума через $t = \frac{T}{2}$,

второго нуля через $t = \frac{3T}{4}$ и максимума через T , где T — период колебаний.

Энергия конденсатора изменяется по закону

$$U_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{q_m^2 \cdot \cos^2 \omega t}{2C} = \frac{q_m^2}{4C} (1 + \cos 2\omega t)$$

212

B1

34

B1

14

B1

с периодом колебания $T' = \frac{T}{2}$ и максимумами в моменты времени $t = 0; \frac{T}{2}; T$ и т. д., положительная.

Сила тока в катушке изменяется по закону

$$I = \frac{dq}{dt} = -\frac{q_m}{\omega} \cdot \sin \omega t = -I_m \sin \omega t,$$

имеет период T равна нулю при $t = 0; \frac{T}{2}; T$ и т. д.

Энергия магнитного поля катушки

$$E = \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2 \sin^2 \omega t}{2} = \frac{LI_m^2}{4} (1 - \cos 2\omega t),$$

имеет период $T' = \frac{T}{2}$, нули в точках $t = 0; \frac{T}{2}; T$ и т. д., положительная.

Таким образом, на графике А изображена зависимость заряда левой обкладки конденсатора от времени, а на графике Б — зависимость от энергии магнитного поля катушки.

- С1.** 1) Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут плавно увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки.

Примечание: Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем левом положении. (Когда движок придет в крайнее левое положение и движение его прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю.)

- 2) При перемещении ползунка влево сопротивление цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$, где R — сопротивление внешней цепи.
- 3) Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора.
- 4) В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ во вторичной обмотке, а следовательно, напряжение U на ее концах, регистрируемое вольтметром.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае — изменение показаний приборов, п. 1), и полное верное объяснение (в данном случае — п. 2–4) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае — электромагнитная индукция, закон индукции Фарадея, закон Ома для полной цепи).</p>	3
<p>Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: — в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ — рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ — указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ — приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ — представлен только правильный ответ без обоснований.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

- C2.** 1. Скорость шайбы в точке В определяется из баланса ее энергии в точках А и В с учетом потерь на трение:

$$\frac{mv^2}{2} = mgH - E.$$

Отсюда $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$.

2. Время полета шайбы из точки В в точку D:

$$y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0,$$

где y — вертикальная координата шайбы в системе отсчета с началом координат в точке В. Отсюда $t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$.

3. Дальность полета BD определяется из выражения для горизонтальной координаты шайбы в той же системе отсчета:

$$BD = v \cos \alpha \cdot t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha.$$

4. Подставляя в выражение для BD значение v^2 , получаем

$$BD = 2 \left(H - \frac{\Delta E}{mg} \right) \sin 2\alpha.$$

5. Отсюда находим массу шайбы:

$$m = \frac{\Delta E}{g \left(H - \frac{BD}{2 \sin 2\alpha} \right)}.$$

Ответ: $m = 0,1$ кг.

Баллы	Критерии оценки выполнения задания
3	<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон сохранения энергии и формулы кинематики свободного падения);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>
2	<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:

— представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;

ИЛИ

— в решении отсутствует *одна* из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;

ИЛИ

— в *одной* из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

1

0

- С3.** 1) Поршень будет медленно двигаться, если сила давления газа на поршень и сила трения со стороны стенок сосуда уравновесят друг друга: $p_2 S = F_{\text{тр}}$, откуда

$$p_2 = \frac{F_{\text{тр}}}{S} = 12 \cdot 10^5 \text{ Па} > p_1.$$

2) Поэтому при нагревании газа поршень будет неподвижен, пока давление газа не достигнет значения p_2 . В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{12} .

Затем поршень будет сдвигаться, увеличивая объем газа, при постоянном давлении. В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{23} .

3) В процессе нагревания, в соответствии с первым началом термодинамики, газ получит количество теплоты:

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + p_2 S x = (U_2 - U_1) + F_{\text{тр}} x.$$

4) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа: в начальном состоянии

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 S L$$

в конечном состоянии

$$U_3 = \frac{3}{2} \nu R T_3 = \frac{3}{2} p_2 S (L + x) = \frac{3}{2} F_{\text{тр}} (L + x).$$

5) Из пп. 3, 4 получаем
$$L = \frac{Q - \frac{5}{2} F_{\text{тр}} x}{\frac{3}{2} (F_{\text{тр}} - p_1 S)}$$
.

Ответ: $L = 0,3$ м.

Баллы	Критерии оценки выполнения задания
3	<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, уравнение Клапейрона — Менделеева, выражение для работы газа и первое начало термодинамики);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>
2	<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>
1	<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>— представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p>

ИЛИ

— в решении отсутствует *одна* из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;

ИЛИ

— в *одной* из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.

0

- С4.** Для определения силы тока используем закон Ома для полной цепи. Вольтметр и резистор R_1 соединены параллельно.

$$\text{Следовательно, } \frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_1}.$$

Отсюда

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_V}{R_V + R_1} = \frac{20 \cdot 10\,000}{10\,020} = 19,96 \approx 20 \text{ Ом.}$$

Следовательно,

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_A + r} = \frac{36}{20 + 150 + 0,4 + 1} = \frac{36}{171,4} = 0,21 \text{ А.}$$

Отсюда $U = I \cdot R_1 = 0,21 \cdot 20 = 4,2$ В. Вольтметр же показывает напряжение 4,6 В. Цена деления вольтметра 0,2 В, что в два раза меньше отклонения показаний.

Следовательно, вольтметр дает неверные показания.

Примечание: решение задачи считается верным, если измерительные приборы считаются идеальными.

Критерии оценки выполнения задания
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон Ома для полной цепи и для участка цепи, формулы для расчета сопротивления участка цепи при последовательном и параллельном соединении проводников);

Баллы
3

	<p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>
2	<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <ul style="list-style-type: none"> — в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка; <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены; <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде; <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.
1	<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <ul style="list-style-type: none"> — представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа; <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — в решении отсутствует <i>одна</i> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи; <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> — в <i>одной</i> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.
0	<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>

- С5.** При колебаниях маятника максимальная скорость груза v может быть определена из закона сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh,$$

где $h = l(1 - \cos \alpha) = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2} \approx \frac{l\alpha^2}{2}$ — максимальная высота

подъема груза. Максимальный угол отклонения $\alpha \approx \frac{A}{l}$, где A — амплитуда колебаний (амплитуда смещения). Отсюда

$$A = v \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Амплитуда A_1 колебаний смещения изображения груза на экране, расположенном на расстоянии b от плоскости тонкой линзы, пропорциональна амплитуде A колебаний груза, движущегося на расстоянии a от плоскости линзы:

$$A_1 = A \frac{b}{a}.$$

Расстояние a определяется по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

откуда $a = b \frac{F}{b - F}$ и $\frac{b}{a} = \frac{b}{F} - 1$.

Следовательно, $A_1 = A \frac{b}{a} = v \sqrt{\frac{l}{g}} \frac{b}{a}$, $A_1 = v \sqrt{\frac{l}{g}} \left(\frac{b}{F} - 1 \right)$.

Ответ: $A_1 = 0,15$ м.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон сохранения энергии, формула для увеличения тонкой линзы и формула тонкой линзы);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p>	2

	<p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>
1	<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>— представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— в решении отсутствует <i>одна</i> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— в <i>одной</i> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>
0	<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>

С6. Выражение для давления света:

$$P = P_{\text{отр.}} + P_{\text{погл.}} = \frac{N_{\text{отр.}} \Delta p_{\text{отр.}} + N_{\text{погл.}} \Delta p_{\text{погл.}}}{S \Delta t}. \quad (1)$$

(Формула (1) следует из $\bar{F} = \frac{\Delta \bar{p}}{\Delta t}$ и $P = \frac{F}{S}$).

Формулы для изменения импульса фотона при отражении и поглощении лучей: $\Delta p_{\text{отр.}} = 2p$, $\Delta p_{\text{погл.}} = p$; число отраженных фотонов: $N_{\text{отр.}} = 0,4N$, а поглощенных: $N_{\text{погл.}} = 0,6N$.

Тогда выражение (1) принимает вид $P = \frac{1,4Np}{S \Delta t}$.

Выражение для импульса фотона: $p = \frac{h}{\lambda}$.

Выражение для длины волны излучения: $\lambda = \frac{1,4Nh}{PS \Delta t}$.

$$\text{Ответ: } \lambda = \frac{1,4 \cdot 5 \cdot 10^{14} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}}{1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0,7 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^{-4}} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>формулы для давления света, импульса фотонов, II закон Ньютона</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п. 1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>— в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>— представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— в решении отсутствует <i>одна</i> из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;</p> <p>ИЛИ</p> <p>— в <i>одной</i> из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ТЕСТ № 1	5
ДЕНЬ 1	35
МЕХАНИКА	
1.1. Кинематика	
1.1.1. Относительность механического движения, равномерное и неравномерное движение, скорость	
ДЕНЬ 2	37
1.1.2. Ускорение. Уравнения прямолинейного равноускоренного движения	
ДЕНЬ 3	39
1.1.3. Уравнения прямолинейного равноускоренного движения. Свободное падение	
ДЕНЬ 4	41
1.1.4. Движение в поле тяжести Земли, движение по окружности. Центростремительное ускорение	
ДЕНЬ 5	43
1.2. Динамика	
1.2.1. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Сила. Принцип суперпозиции сил	
ДЕНЬ 6	45
1.2.2. Равнодействующая сила. Взаимодействие. Второй закон Ньютона	
ДЕНЬ 7	47
1.2.3. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона	
ДЕНЬ 8	49
1.2.4. Второй закон Ньютона. Сила трения	
ДЕНЬ 9	51
1.2.5. Сила трения	
ДЕНЬ 10	53
1.2.5. Сила трения	
ДЕНЬ 11	55
1.2.6. Сила упругости. Закон Гука	
ДЕНЬ 12	57
1.2.7. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести	
ДЕНЬ 13	59
1.3. Статика	
1.3.1. Момент силы. Плечо силы	

ДЕНЬ 14	61
1.3.2. Условие равновесия твердого тела. Рычаг	
ДЕНЬ 15	63
1.3.3. Закон Паскаля. Гидростатическое давление	
ДЕНЬ 16	65
1.3.4. Закон Архимеда	
ДЕНЬ 17	67
1.4. Законы сохранения в механике	
1.4.1. Импульс тела. Импульс силы	
ДЕНЬ 18	69
1.4.2. Закон сохранения импульса	
ДЕНЬ 19	71
1.4.2. Закон сохранения импульса	
ДЕНЬ 20	73
1.4.3. Работа силы	
ДЕНЬ 21	75
1.4.4. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии	
ДЕНЬ 22	77
1.4.4. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии	
ДЕНЬ 23	79
1.4.5. Потенциальная энергия	
ДЕНЬ 24	81
1.4.6. Закон сохранения механической энергии	
ДЕНЬ 25	83
1.4.6. Закон сохранения механической энергии	
ДЕНЬ 26	85
1.4.6. Закон сохранения механической энергии	
ДЕНЬ 27	87
1.4.6. Закон сохранения механической энергии	
ДЕНЬ 28	89
1.5. Механические колебания и волны	
1.5.1. Механические свободные колебания. Период и частота свободных гармонических колебаний	
ДЕНЬ 29	91
1.5.2. Колебания математического и пружинного маятников — частота, период колебаний. Скорость и ускорение колеблющейся точки	
ДЕНЬ 30	93
1.5.3. Механическая энергия свободных гармонических колебаний	

ДЕНЬ 31	95
1.5.4. Вынужденные колебания. Резонанс	
ДЕНЬ 32	97
1.5.5. Механические волны. Длина волны и скорость ее распространения. Звук	
ДЕНЬ 33	99
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА	
2.1. Молекулярная физика	
2.1.1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел. Основные положения МКТ и явления, их обосновывающие: броуновское движение, диффузия, растворимость	
ДЕНЬ 34	101
2.1.2. Основное уравнение МКТ	
ДЕНЬ 35	103
2.1.3. Уравнение Менделеева — Клапейрона	
ДЕНЬ 36	105
2.1.4. Теория МКТ. Уравнение Менделеева — Клапейрона	
ДЕНЬ 37	107
2.1.5. Уравнение Менделеева — Клапейрона. Диффузия	
ДЕНЬ 38	109
2.1.6. Изопроцессы. Изотермический процесс	
ДЕНЬ 39	111
2.1.7. Изопроцессы. Изохорический процесс	
ДЕНЬ 40	113
2.1.8. Изопроцессы. Изотермический, изохорный, изобарный. Графики изотермических процессов	
ДЕНЬ 41	115
2.1.9. Насыщенные и ненасыщенные пары. Парциальное давление водяного пара. Влажность воздуха	
ДЕНЬ 42	117
2.1.10. Насыщенные и ненасыщенные пары. Парциальное давление водяного пара. Влажность воздуха	
ДЕНЬ 43	119
2.1.11. Испарение и конденсация. Кипение жидкости	
ДЕНЬ 44	121
2.1.12. Плавление и кристаллизация	
ДЕНЬ 45	123
2.2. Термодинамика	
2.2.1. Внутренняя энергия	

ДЕНЬ 46	125
2.2.2. Тепловое равновесие. Теплообмен	
ДЕНЬ 47	127
2.2.3. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Уравнение теплового баланса	
ДЕНЬ 48	129
2.2.4. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики	
ДЕНЬ 49	131
2.2.5. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики	
ДЕНЬ 50	133
2.2.6. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики	
ДЕНЬ 51	135
2.2.7. КПД тепловой машины. Циклический процесс	
ДЕНЬ 52	137
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	
3.1. Электрическое поле	
3.1.1. Электризация тел. Два вида зарядов. Взаимодействие зарядов. Элементарный электрический заряд	
ДЕНЬ 53	139
3.1.2. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона	
ДЕНЬ 54	141
3.1.3. Закон Кулона. Независимость электрических полей, создаваемых зарядами	
ДЕНЬ 55	143
3.1.4. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Силовые линии поля	
ДЕНЬ 56	145
3.1.5. Принцип суперпозиции полей. Силовые линии электрического поля. Проводники и диэлектрики в электрическом поле	
ДЕНЬ 57	147
3.1.6. Потенциальность электрического поля. Потенциал. Разность потенциалов. Связь между напряжением и напряженностью поля	
ДЕНЬ 58	149
3.1.7. Электрическая емкость конденсатора. Энергия электрического поля	

ДЕНЬ 59	151
3.2. Законы постоянного тока	
3.2.1. Постоянный ток. Сила тока. Закон Ома для участка цепи. Удельное сопротивление	
ДЕНЬ 60	153
3.2.2. Закон Ома для участка цепи	
ДЕНЬ 61	155
3.2.3. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной электрической цепи	
ДЕНЬ 62	157
3.2.4. Последовательное соединение проводников. Падение напряжения	
ДЕНЬ 63	159
3.2.5. Параллельное и смешанное соединение проводников	
ДЕНЬ 64	161
3.2.6. Смешанное соединение проводников. Токи и напряжения в сложных цепях	
ДЕНЬ 65	163
3.2.7. Работа тока. Закон Джоуля—Ленца	
ДЕНЬ 66	165
3.2.7. Работа тока. Закон Джоуля—Ленца	
ДЕНЬ 67	167
3.2.8. Мощность тока	
ДЕНЬ 68	169
3.2.9. Носители тока в различных средах	
ДЕНЬ 69	171
3.2.10. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников	
ДЕНЬ 70	173
3.3. Магнитное поле	
3.3.1. Магнитное поле. Взаимодействие токов. Взаимодействие магнитов. Силовые линии магнитного поля. Индукция магнитного поля	
ДЕНЬ 71	175
3.3.2. Действие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера	
ДЕНЬ 72	177
3.3.3. Действие магнитного поля на движущийся точечный электрический заряд. Сила Лоренца	
ДЕНЬ 73	179
3.3.4. Магнитный поток. Явление электромагнитной индукции	

ДЕНЬ 74	181
3.4. Электромагнитная индукция	
3.4.1. Основной закон электромагнитной индукции	
ДЕНЬ 75	183
3.4.2. Явление электромагнитной индукции.	
ЭДС индукции в движущихся проводниках	
ДЕНЬ 76	185
3.4.3. Самоиндукция. Индуктивность	
ДЕНЬ 77	187
3.4.4. Энергия магнитного поля	
ДЕНЬ 78	189
3.5. Электромагнитные колебания и волны	
3.5.1. Свободные электромагнитные колебания.	
Колебательный контур. Формула Томсона	
ДЕНЬ 79	191
3.5.2. Вынужденные электромагнитные колебания.	
Переменный ток. Емкостное и индуктивное	
сопротивления. Трансформатор	
ДЕНЬ 80	193
3.5.3. Электромагнитное поле. Электромагнитные	
волны	
ДЕНЬ 81	195
3.6. Оптика	
3.6.1. Прямолинейное распространение света в	
однородной среде. Световой луч. Отражение света	
ДЕНЬ 82	197
3.6.2. Отражение света. Плоское зеркало. Преломление	
света	
ДЕНЬ 83	199
3.6.3. Линза. Фокусное расстояние и оптическая сила	
линзы. Построение изображений в линзах. Формула	
тонкой линзы. Увеличение линзы	
ДЕНЬ 84	201
3.6.4. Построение изображений в линзах. Формула	
тонкой линзы. Увеличение линзы. Оптические	
приборы. Глаз	
ДЕНЬ 85	203
3.6.5. Интерференция света. Оптическая разность хода.	
Условия минимумов и максимумов интерференции.	
Дисперсия света	
ДЕНЬ 86	205
3.6.6. Интерференция света: опыт Юнга. Дисперсия	
света	

ДЕНЬ 87	207
3.6.7. Дифракция света. Дифракционная решетка	
ДЕНЬ 88	209
3.6.8. Дифракционная решетка	
ДЕНЬ 89	211
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	
4.1. Корпускулярно-волновой дуализм	
4.1.1. Гипотеза Планка. Фотоэффект. Законы фотоэффекта	
ДЕНЬ 90	213
4.1.2. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Работа выхода	
ДЕНЬ 91	215
4.1.3. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Задерживающее напряжение	
ДЕНЬ 92	217
4.1.4. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Красная граница фотоэффекта	
ДЕНЬ 93	219
4.1.5. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотон. Энергия фотона	
ДЕНЬ 94	221
4.1.6. Фотон. Импульс фотона. Корпускулярно-волновой дуализм	
ДЕНЬ 95	223
4.2. Кинематика	
4.2.1. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Квантовые постулаты Бора	
ДЕНЬ 96	225
4.2.2. Энергетические уровни атома, линейчатые спектры. Лазер	
ДЕНЬ 97	227
4.3. Физика атомного ядра	
4.3.1. Нуклонная модель ядра. Энергия связи. Радиоактивность. Радиоактивные превращения	
ДЕНЬ 98	229
4.3.2. Закон радиоактивного распада	
ДЕНЬ 99	231
4.3.3. Ядерные реакции. Цепная реакция	
ДЕНЬ 100	233
4.4.4. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер. Регистрация продуктов реакции	
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ТЕСТ № 2	235