

12+

100 дней до



ФИЗИКА

ЭКСПРЕСС-ПОДГОТОВКА

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

100 дней до



К.Э. Немченко
О.П. Бальва

ФИЗИКА

ЭКСПРЕСС-ПОДГОТОВКА



ЭКСМО
МОСКВА

УДК 373.167.4:53
ББК 22.3я721
Н 50

Немченко К. Э.

Н 50 ЕГЭ. Физика : экспресс-подготовка / К. Э. Немченко, О. П. Бальва. – М. : Эксмо, 2013. – 256 с. – (100 дней до ЕГЭ).

ISBN 978-5-699-61001-3

Издание адресовано *выпускникам средней школы* для подготовки к единому государственному экзамену по физике.

Пособие имеет уникальную структуру, предназначенную для экспресс-подготовки к ЕГЭ по физике. Весь материал разделен на 100 занятий, на каждое занятие отводится один день. Таким образом, занимаясь всего 30 минут в день, ученик сможет успешно подготовиться к экзамену. Книга содержит тестовые задания в форме ЕГЭ (части А, В и С), а также подробные ответы и комментарии ко всем заданиям. На полях приводится краткая справочная информация.

Издание окажет помощь *учителям, репетиторам и родителям* при подготовке учащихся к ЕГЭ по физике.

УДК 373.167.4:53
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-699-61001-3

© Немченко К.Э., Бальва О.П., 2013
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2013

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!

Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 (А) включает 21 задание с выбором ответа, базового уровня сложности.

Часть 2 (В) состоит из 4 заданий с кратким ответом, повышенного уровня сложности.

Часть 3 (С) состоит из 10 заданий, объединенных общим видом деятельности — решение задач. Из них 4 задания с выбором одного верного ответа (А22–А25) и 6 заданий с развернутым ответом.

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

Итак,

- 1. Что вы знаете?** Выполните пробный тест, который состоит из 3-х частей, включающих 35 заданий. Выполнение заданий предусматривает определенные умения и способы действий, например: уметь описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов; уметь применять полученные знания при решении задач и пр. 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 2012 году единого государственного экзамена по физике. На выполнение заданий каждого занятия вы потратите не более 30 минут.
- 3. Будьте внимательны.** Прочитайте задание и постарайтесь понять его смысл. Продумайте ход выполнения задания (решения задачи), вспомните необходимые формулы, теоремы и свойства.
- 4. Рассуждаем вместе.** Переверните страницу. Образец решения поможет вам научиться находить правильный ответ, даже если задание вызвало 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!

Каждому разделу и элементу содержания, проверяемых на ЕГЭ, соответствует 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 № 1

Часть 1

При выполнении заданий этой части в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A21) поставьте знак «x» в клеточку, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. Эскалатор метро опускается со скоростью 0,75 м/с. Может ли человек, находящийся на нем, быть в покое в системе отсчета, связанной с Землей?

- 1) может, если человек движется со скоростью 0,75 м/с в сторону, противоположную движению эскалатора
- 2) может, если человек движется по эскалатору со скоростью 0,75 м/с в ту же сторону, что и эскалатор
- 3) может, если человек стоит на эскалаторе
- 4) не может ни при каких условиях

1 2 3 4 A1

A2. Начальная скорость тележки равна 4 м/с. Тележка начинает двигаться с ускорением 3 м/с². Определите скорость тележки через 5 с.

- 1) 17 м/с
- 2) 19 м/с
- 3) 23 м/с
- 4) 79 м/с

1 2 3 4 A2

A3. Диск радиусом R катится по горизонтальной поверхности прямолинейно равномерно. Скорость центра диска равна v . Чему равны модули скорости и ускорения самой верхней точки диска в системе отсчета, связанной с поверхностью Земли? Диск катится без проскальзывания.

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

1 2 3 4 A3

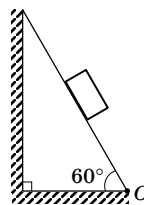
A4. Тело равномерно движется по плоскости. Сила давления тела на плоскость равна 40 Н, сила трения 8 Н. Определите коэффициент трения скольжения.

- 1) 0,04
- 2) 0,2
- 3) 0,25
- 4) 0,8

1 2 3 4 A4

A5. При выполнении лабораторной работы ученик установил наклонную плоскость под углом 60° к поверхности стола. Длина плоскости равна 0,8 м. Момент силы тяжести бруска массой 0,15 кг относительно точки O при прохождении им середины наклонной плоскости равен

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



1 2 3 4 A5

A6. Движущийся бильярдный шар сталкивается с таким же неподвижным шаром. После соударения шары разлетелись так, что направления их скоростей составили угол 90°, при этом импульс одного шара стал равен 0,3 кг·м/с,

1 2 3 4 A6

а другого $0,4 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$. Определите импульс двигавшегося шара до соударения.

1) $0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$

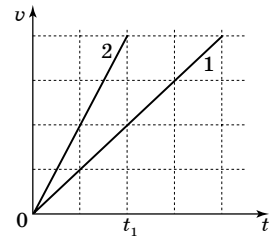
3) $0,7 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$

2) $0,5 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$

4) $0,25 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$

1 2 3 4 A7

A7. Первый автомобиль имеет массу 1200 кг , второй — 600 кг . На рисунке изображены графики зависимости скорости их движения от времени (соответственно). Определите отношение $\frac{E_{k1}}{E_{k2}}$ кинетических энергий автомобилей в момент времени t_1 .



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

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

3) 2

4) 4

1 2 3 4 A8

A8. Маятниковые часы отстают. Чтобы часы шли точно, необходимо уменьшить период колебаний маятника. Для этого необходимо

1) увеличить длину маятника

2) уменьшить длину маятника

3) увеличить массу маятника

4) уменьшить массу маятника

1 2 3 4 A9

A9. При нормальных условиях расстояния между молекулами сравнимы с размерами молекул. Это утверждение справедливо

1) только для газов

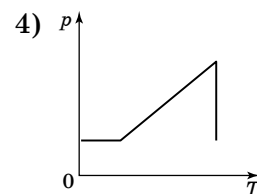
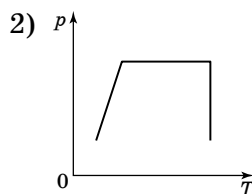
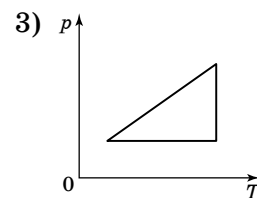
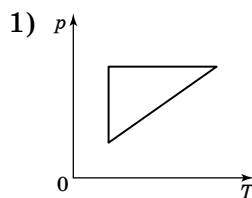
2) только для газов и жидкостей

3) для газов, жидкостей и кристаллических тел

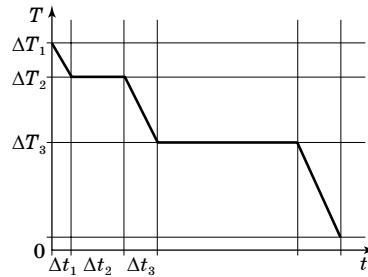
4) для жидкостей, аморфных и кристаллических тел

1 2 3 4 A10

A10. Идеальный газ постоянной массы сначала нагрели при постоянном давлении, потом его давление увеличили при постоянном объеме, затем при постоянной температуре давление газа уменьшили до первоначального значения. Укажите график в системе координат pT , соответствующий этим изменениям состояния газа.



A11. На рисунке изображен график зависимости абсолютной температуры T воды массой m от времени t при осуществлении теплоотвода с постоянной мощностью P . В момент времени $t = 0$ с вода находилась в газообразном состоянии.



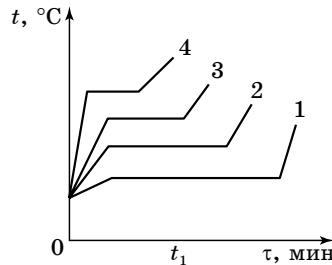
Укажите выражение, которое определяет удельную теплоемкость жидкой воды по результатам этого опыта.

- 1) $\frac{P \cdot \Delta t_1}{m \cdot \Delta T_1}$ 2) $\frac{P \cdot \Delta t_2}{m}$ 3) $\frac{P \cdot \Delta t_3}{m \cdot \Delta T_2}$ 4) $\frac{P \cdot \Delta t_4}{m}$

A12. В сосуде находится 100 кг азота при температуре 280 К и давлении 10^5 Па. Определите объем сосуда.

- 1) $41,6 \text{ м}^3$ 2) $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ 3) $83,1 \text{ м}^3$ 4) $8,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$

A13. На рисунке изображены графики зависимости температуры четырех веществ, нагревавшихся на одном и том же нагревателе, от времени. В начале нагревания все эти вещества находились в жидком состоянии. Определите, какое из веществ имеет наибольшую температуру кипения.



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

A14. В понедельник температура воздуха была выше, чем в воскресенье. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в эти дни оставалось постоянным. В какой из дней относительная влажность воздуха была больше?

- 1) в воскресенье
2) в понедельник
3) для ответа на вопрос недостаточно данных
4) относительная влажность воздуха в эти дни была одинаковой

A15. Температура нагревателя идеальной тепловой машины равна 550 К, а температура холодильника составляет 440 К. Двигатель получил от нагревателя количество теплоты 50 кДж. Определите работу, которую совершило рабочее тело.

- 1) 5,0 кДж 2) 10,0 кДж 3) 20,0 кДж 4) 40,0 кДж

A16. В вершинах квадрата расположены четыре электрически заряженные шарика. Величины и знаки зарядов шариков одинаковы. Каждый из шариков создаёт в точке

1 2 3 4 A11

1 2 3 4 A12

1 2 3 4 A13

1 2 3 4 A14

1 2 3 4 A15

1 2 3 4 A16

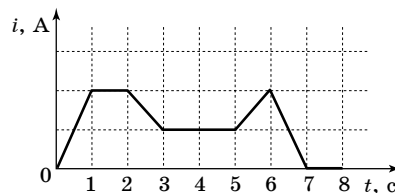
пересечения диагоналей квадрата электрическое поле, напряженность которого равна E . Результирующая напряженность поля в точке пересечения диагоналей квадрата, создаваемая всеми четырьмя шариками равна

- 1) 0 2) $4E$ 3) $2\sqrt{2}E$ 4) $4\sqrt{2}E$

1 2 3 4 A17

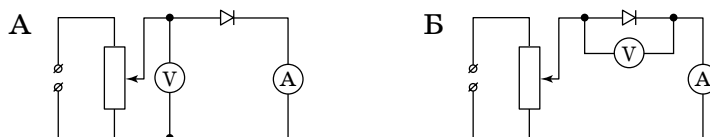
A17. На рисунке изображен график зависимости силы тока в лампочке от времени. Укажите промежутки времени, в которые напряжение на контактах лампы уменьшалось. Сопротивление лампочки считайте неизменным.

- 1) 0–1 с и 5–6 с
2) 1–2 с и 3–4 с
3) 3–4 с и 7–8 с
4) 2–3 с и 6–7 с



1 2 3 4 A18

A18. Какую из электрических схем, изображенных на рисунке, следует использовать при исследовании зависимости прямого тока диода от напряжения? Амперметр и вольтметр не идеальны.



- 1) А
2) Б
3) можно использовать обе схемы
4) ни одну из схем использовать нельзя

1 2 3 4 A19

A19. В первый образец четырехвалентного кремния добавили трехвалентный индий, а во второй такой же образец добавили пятивалентный фосфор. Укажите тип проводимости, которым после этого в основном будут обладать эти образцы полупроводника.

- 1) оба образца — дырочной
2) оба образца — электронной
3) первый образец — дырочной, второй образец — электронной
4) первый образец — электронной, второй образец — дырочной

1 2 3 4 A20

A20. Электрон ${}_{-1}^0e$ и нейтрон ${}_0^1n$ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $2v$ и v соответственно. Определите отношение модулей сил $\frac{F_n}{F_e}$, действующих на них со стороны магнитного поля.

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

A21. В процессе распространения электромагнитной волны в вакууме

- 1) происходит только перенос энергии
- 2) происходит только перенос импульса
- 3) происходит перенос и энергии, и импульса
- 4) не происходит переноса ни энергии, ни импульса

1 2 3 4 A21

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (B1–B4) является набор символов, которые следует записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными образцами.

B1. Космическая ракета стартует с космодрома. Как изменяются в процессе старта ракеты ее масса, скорость и давление воздуха в ракете?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) изменяется несущественно

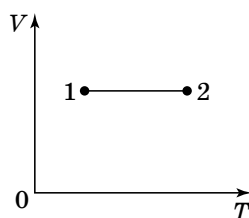
Масса ракеты	Скорость ракеты	Давление воздуха в ракете

 B1

B2. Некий идеальный газ при постоянном давлении был переведен из состояния 1 в состояние 2, как изображено на графике. Как изменились при этом объем, температура и масса газа?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась



Объем газа	Температура газа	Масса газа

 B2

B3. Конденсатор, входящий в состав колебательного контура, зарядили и отсоединили от источника напряжения. После этого площадь пластин конденсатора увеличили. Как это повлияло на емкость конденсатора, частоту электромагнитных колебаний в контуре и максимальную энергию, накопленную в конденсаторе?

 B3

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Емкость конденсатора	Частота колебаний	Максимальная энергия

B4

B4. Электромагнитная волна переходит из среды с показателем преломления $n_1 = 1,3$ в среду с показателем преломления $n_2 = 1,5$. Как при этом изменяются частота, скорость распространения и длина волны?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Частота	Скорость распространения	Длина волны

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

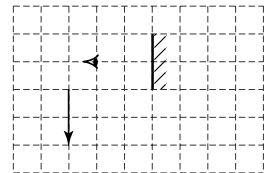
Часть 3

При выполнении заданий (A22–A25) этой части в бланках ответов № 1 под номером выполняемого вами задания поставьте знак «x». Для записи ответов к заданиям (C1–C6) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (C1 и т. д.), а затем полное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.

1 2 3 4 A22

A22. На сколько клеток и в каком направлении (см. рисунок) следует переместить стрелку, чтобы изображение стрелки в зеркале было видно наблюдателю полностью?

- 1) стрелку перемещать не надо, она и так видна наблюдателю полностью
- 2) стрелку переместить на 1 клетку вправо
- 3) стрелку переместить на 1 клетку влево
- 4) стрелку переместить на 1 клетку вниз



1 2 3 4 A23

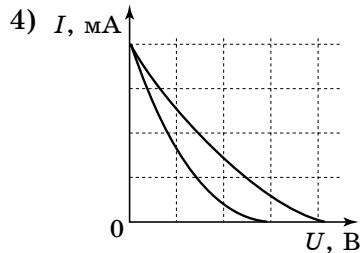
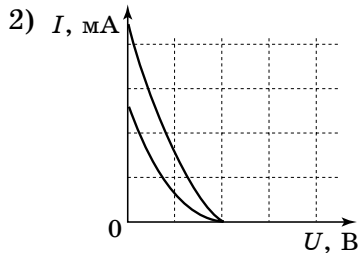
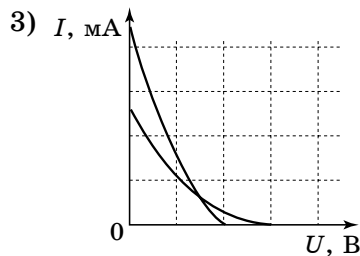
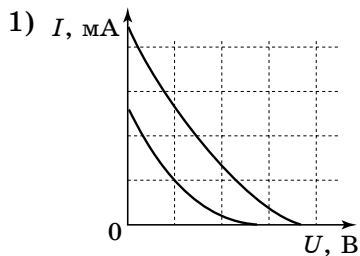
A23. Луч лазера направлен перпендикулярно плоскости дифракционной решетки. На удалённом экране (расстояние до экрана $L \gg 10$ см) образуется дифракционная картина.

Расстояние между нулевым и первым дифракционными максимумами на экране равно 10 см. Расстояние между нулевым и вторым дифракционными максимумами примерно равно

- 1) 5 см
- 2) 10 см
- 3) 20 см
- 4) 40 см

A24. Во время проведения эксперимента металлическую пластинку фотокатода дважды освещали монохроматическим светом одной и той же частоты, но разной интенсивности. При этом исследовали зависимость фототока от приложенного напряжения между фотокатодом и анодом. Укажите рисунок, на котором правильно изображены графики, отражающие результаты этих экспериментов.

1 2 3 4 A24

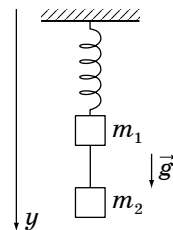


A25. Период полураспада ядер радиоактивного изотопа некоего химического элемента равен 25 мин. Через какой период времени распадется $\frac{3}{4}$ ядер этого элемента?

1 2 3 4 A25

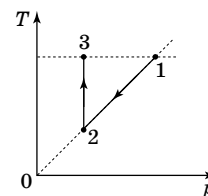
- 1) 12,5 мин
- 2) 25 мин
- 3) 37,5 мин
- 4) 50 мин

C1. К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой $m_1 = 0,4$ кг и нижний массой $m_2 = 0,1$ кг (см. рис.). Нить, соединяющую грузы, пережигают. Найти модуль ускорения, с которым начнет двигаться верхний груз?



С2. Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару. Она пробивает его и продолжает двигаться горизонтально. Определите изменение скорости пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол 39° . (Массу шара считать неизменной, диаметр шара — пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити, $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$).

С3. 3 моль идеального одноатомного газа охладили, уменьшив давление в 3 раза. Затем газ нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщено газу на участке 2–3?



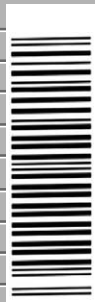
С4. Конденсатор, электрическая емкость которого 1000 мкФ, заряжают до напряжения 70 В, к его выводам подключают цепочку из трех резисторов 100 Ом, 200 Ом и 400 Ом, соединенных параллельно. Какое количество теплоты выделится в резисторе 100 Ом?

С5. Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,05 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром, находится в однородном магнитном поле. Пока проекция магнитной индукции на вертикаль z равномерно меняется от $B_{1z} = 3 \text{ Тл}$ до $B_{2z} = -5 \text{ Тл}$, по контуру протекает заряд $\Delta q = 0,04 \text{ Кл}$. Найдите сопротивление контура.

С6. Какова длина волны λ_k , соответствующая красной границе фотоэффекта, если при облучении металлической пластинки светом с длиной волны $\lambda = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ максимальная скорость выбитых электронов составляет 851 км/с? Ответ округлите до сотен нанометров.

Единственный государственный экзамен

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 значение 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

Часть 1

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

Часть 2

№ задания	Ответ
B1	213
B2	312
B3	123
B4	322

Часть 1. Ответы с объяснениями

A1. Формула сложения скоростей: $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$.

Так как по условию $\vec{v} = 0$, то $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$.

Ответ: 1.

A2. Дано:

$$v_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$t = 5 \text{ с}$$

$$v = ?$$

Решение:

$$v = v_0 + at;$$

$$v = 4 + 3 \cdot 5 = 19 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

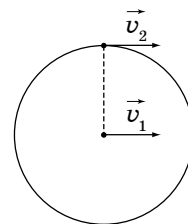
Ответ: 2.

A3. Формула сложения скоростей:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2.$$

$$v = 2v$$

Ускорение тела, равномерно движущегося по окружности в любой ее точке, центростремительное и равно $a = \frac{v^2}{R}$.



Ответ: 3.

A4. Дано:

$$N = 40 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 8 \text{ Н}$$

$$\mu \text{ — ?}$$

Решение:

$$F_{\text{тр}} = \mu N; \mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N};$$

$$\mu = \frac{8}{40} = 0,2.$$

Ответ: 2.

A5. Дано:

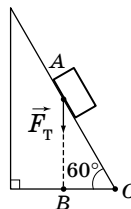
$$\alpha = 60^\circ$$

$$l = 0,8 \text{ м}$$

$$m = 0,15 \text{ кг}$$

$$M \text{ — ?}$$

Решение:



$$M = F \cdot d; F_{\text{т}} = mg;$$

$$\cos \alpha = 60^\circ; d = BO;$$

$$AO = \frac{l}{2};$$

$$BO = AO \cdot \cos \alpha = \frac{l}{2} \cos \alpha;$$

$$M = mg \cdot \frac{l}{2} \cos \alpha;$$

$$M = \frac{0,15 \cdot 10 \cdot 0,8}{2 \cdot 2} = 0,3 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Ответ: 2.

A6. Дано:

$$m = m_1 = m_2$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$p'_1 = 0,3 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$p'_2 = 0,4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$p_2 = 0$$

$$p_1 \text{ — ?}$$

Решение:

Закон сохранения импульса:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

I

II

$$\vec{p}_1 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2; p_1 = \sqrt{p_1'^2 + p_2'^2};$$

$$p_1 = \sqrt{(0,3)^2 + (0,4)^2} = 0,5 \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: $p_1 = 0,5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

Ответ: 2.

A7. Дано:

$$m_1 = 1200 \text{ кг}$$
$$m_2 = 600 \text{ кг}$$
$$t_1$$

$$\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = ?$$

Решение:

$E_k = \frac{mv^2}{2}$. На графике видно, что в момент времени t_1 : $v_2 = 2v_1$.

Тогда $E_{k_1} = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2}$, а $E_{k_2} = \frac{m_2 \cdot 4v_1^2}{2}$;

$$\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = \frac{m_2 \cdot 4v_1^2 \cdot 2}{2 \cdot m_1 \cdot v_1^2} = \frac{4m_2}{m_1};$$

$$\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = \frac{4 \cdot 600}{1200} = 2.$$

Ответ: 3.

A8. Период колебаний математического маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Так как $T \sim l$, поэтому чтобы уменьшить период колебаний, необходимо уменьшить длину маятника.

Ответ: 2.

A9. В газах расстояние между молекулами в среднем во много раз больше размеров самих молекул. А в жидкостях, аморфных и кристаллических телах при нормальных условиях расстояния между молекулами сравнимы с размерами самих молекул.

Ответ: 4.

A10. 1 — $p = \text{const}$, T — увеличилась — изобарный процесс;
2 — p — увеличили, $V = \text{const}$ — изохорный процесс;
3 — $T = \text{const}$, p — уменьшили — изотермический процесс.

Ответ: 4.

A11. За период времени Δt_1 — газ охлаждали до температуры T_1 . За период времени Δt_2 — произошла конденсация газа в воду. За период времени Δt_3 — воду охлаждали до температуры T_2 .

Тогда $Q = cm\Delta T_2$; $Q = A$; $A = P \cdot \Delta t_3$. $c = \frac{P\Delta t_3}{m\Delta T_2}$.

Ответ: 3.

A12. Дано:

$$N_2$$
$$m = 100 \text{ кг}$$
$$T = 280 \text{ К}$$
$$p = 10^5 \text{ Па}$$
$$V = ?$$

Решение:

$$pV = \frac{m}{M} kT; k = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}};$$

$$V = \frac{mkT}{Mp}; M(N_2) = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}};$$

$$V = \frac{10^2 \cdot 8,31 \cdot 280}{28 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5} = 83,1 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Ответ: 3.

A13. Ответ: 4.

A14. $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$; $p_0 = \frac{mRT}{MV}$; $\varphi = \frac{p \cdot 100\% \cdot M \cdot V}{mRT}$. То есть

$\varphi \sim \frac{1}{T}$, чем больше температура, тем меньше относительная влажность воздуха.

Ответ: 1.

A15. Дано:

$$\begin{array}{l} T_1 = 550 \text{ К} \\ T_2 = 440 \text{ К} \\ Q_1 = 50 \text{ кДж} \\ A = ? \end{array}$$

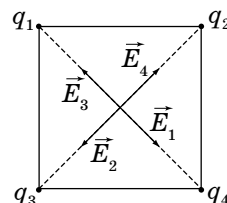
Решение:

$$\eta = \frac{A}{Q_1};$$
$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1};$$

$$\frac{A}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \Rightarrow A = \frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1};$$

$$A = \frac{50 \cdot 10^3 \cdot (550 - 440)}{550} = 10,0 \text{ (кДж)}.$$

Ответ: 2.



A16. Принцип суперпозиции полей: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$.

Так как величины и знаки зарядов шариков одинаковы, то, применяя правило сложения векторов, получаем $\vec{E} = 0$.

Ответ: 1.

A17. Согласно закону Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$. Т. е.

$I \sim U$. Так как $R = \text{const}$, то напряжение на контактах лампы уменьшилось, когда уменьшилась сила тока.

Ответ: 4.

A18. Вольт-амперная характеристика диода — зависимость тока от напряжения.

Ответ: 1.

A19. В первом образце концентрация дырок превышает концентрацию электронов проводимости. Такие полупроводники называются *дырочными полупроводниками*.

Во втором образце электроны служат основными носителями заряда, а дырки неосновными, поэтому второй проводник называется *электронным полупроводником*.

Ответ: 3.

A20. $F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$, $\sin \alpha = 1$;

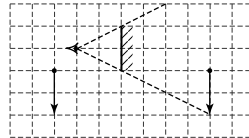
$$\frac{F_n}{F_e} = \frac{|q_n| \cdot v \cdot B}{|q_e| \cdot v \cdot B}, \text{ т. к. } q_n = 0, \text{ то } \frac{F_n}{F_e} = 0.$$

Ответ: 1.

A21. Электромагнитные волны переносят энергию и импульс, т. к. электромагнитное поле обладает всеми признаками материальных тел — энергией, конечной скоростью распространения, импульсом, массой.

Ответ: 3.

A22. При помощи построения получаем, что стрелку необходимо переместить на клетку влево. Вследствии закона отражения света мнимое изображение предмета располагается симметрично относительно зеркальной поверхности. Размер изображения равен размеру самого предмета.



Ответ: 3.

A23. Дано:

$$d_1 = 10 \text{ см}$$

$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 2$$

$$d_2 = ?$$

Решение:

$$d \sin \varphi = k\lambda; \quad d_2 = \frac{k_2 \lambda}{\sin \varphi}; \quad \sin \varphi = \frac{k_1 \lambda}{d_1};$$

$$d_2 = \frac{k_2 \lambda d_1}{k_1 \lambda} = \frac{k_2 d_1}{k_1}; \quad d_2 = \frac{2 \cdot 10}{1} = 20 \text{ (см)}$$

Ответ: 3.

A24. Так как $v_1 = v_2$, а от интенсивности света задерживающее напряжение не зависит.

Ответ: 2.

A25. Дано:

$$T = 25 \text{ мин}$$

$$N = \frac{3}{4} N_0$$

$$t = ?$$

Решение:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}; \quad \frac{3}{4} N_0 = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right); \quad \frac{1}{4} = 2^{-\frac{t}{T}};$$

$$2^{-2} = 2^{-\frac{t}{25}}; \quad -2 = -\frac{t}{25}; \quad t = 50 \text{ (мин)}.$$

Ответ: 4.

Часть 2. Ответы с объяснениями

B1. Для замкнутой системы «ракета + газы» на основании закона сохранения импульса можно записать:

$$V = \frac{m}{M} u,$$

где V — скорость ракеты; M — масса ракеты; m — масса газов; u — скорость газа.

Поэтому для увеличения скорости ракеты, необходимо уменьшение массы ракеты.

Ответ: 213.

- В2.** Из условия $p = \text{const}$, $V = \text{const}$, $T_2 > T_1$. Из уравнения Менделеева – Клапейрона $pV = \frac{m}{M} RT$ находим $m = \frac{p \cdot V \cdot M}{RT}$, т. е. $m \sim \frac{1}{T}$, при увеличении температуры масса уменьшается.

Ответ: 312.

- В3.** $S_2 > S_1$. $C \sim \frac{S\varepsilon}{d}$, т. е. при увеличении площади пластин емкость конденсатора увеличивается.

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; $\omega_0 \sim \frac{1}{C}$ — при увеличении емкости, частота колебаний уменьшается.

Максимальная энергия накопленная в конденсаторе не изменяется.

Ответ: 123.

- В4.** $n_1 = 1,3$; $n_2 = 1,5$. Частота электромагнитной волны не изменилась. Из $\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ видно, что при увеличении показателя преломления скорость уменьшается.

Так как $v = \lambda \cdot \nu$, то при уменьшении скорости распространения длина волны так же уменьшается.

Ответ:

Часть 3. Ответы с объяснениями

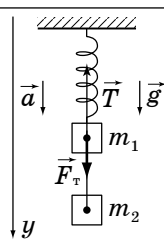
С1. Дано:

Решение:

Баллы
1 балл
2 балла
3 балла

$m_1 = 0,4$ кг
 $m_2 = 01$, кг
 $a_1 = ?$

Возможное решение



Согласно II закону Ньютона:

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

$$\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{N}$$

или

$$\vec{a}_1 m_1 = m_1 \vec{g} + (m_1 + m_2) \vec{g} \quad (1)$$

Проецируем на ось y :

$$a_1 m_1 = m_1 g - (m_1 + m_2) g \quad (2)$$

Отсюда, ускорение направлено вниз и равно по величине

$$a_1 = g \frac{m_2}{m_1}, \quad [a_1] = \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \frac{\text{КГ}}{\text{КГ}} = \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

$$a_1 = \frac{9,8 \cdot 0,1}{0,4} = 2,5 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right).$$

Ответ: $2,5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

C2. Дано:

Решение:

$$M = 1 \text{ кг}$$

$$l = 90 \text{ см} =$$

$$= 0,9 \text{ м}$$

$$\alpha = 90^\circ,$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2}$$

$$m = 10 \text{ г} =$$

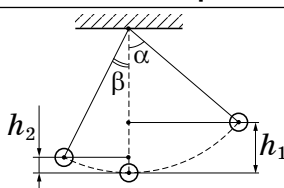
$$= 0,01 \text{ кг}$$

$$\beta = 36^\circ,$$

$$\cos \beta = \frac{7}{9} \approx 0,78$$

$$\Delta v = ?$$

Возможное решение



Согласно закону сохранения импульса:

$$M\vec{u} + m\vec{v}_1 = M\vec{u}' + m\vec{v}_2.$$

I $\vec{v}_1 \quad \vec{v}_2$

II $\vec{v}_2' \quad \vec{v}_1'$

$$Mu - mv_1 = Mu' - mv_2;$$

$$M(u - u') = m(v_1 - v_2).$$

$$\text{Отсюда: } \Delta v = v_2 - v_1 = \frac{M}{m}(u' - u).$$

$E_{\text{п}} = E_{\text{к}}$ — закон сохранения энергии.

$$Mgh_1 = \frac{Mu^2}{2};$$

$$h_1 = l(1 - \cos \alpha);$$

$$u^2 = 2gl(1 - \cos \alpha).$$

Отсюда, скорость шара до столкновения с пулей:

$$u = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}.$$

Согласно закону сохранения энергии, после столкновения:

$$Mgh_2 = \frac{Mu'^2}{2}.$$

$h_2 = l(1 - \cos \beta)$. Отсюда, скорость шара после столкновения с пулей:

$$u' = \sqrt{2gl(1 - \cos \beta)}.$$

$$|\Delta v| = \left| \frac{m}{M} \left\{ \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} - \sqrt{2gl(1 - \cos \beta)} \right\} \right|.$$

$$|\Delta v| = \left| \frac{1}{0,01} \left\{ \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,9 \left(1 - \frac{1}{2}\right)} - \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,9(1 - 0,78)} \right\} \right| = 100 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Ответ: $100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Баллы

1 балл

2 балла

3 балла

4 балла

С3. Дано:

Решение:

Баллы
1 балл
2 балла
3 балла
4 балла

Возможное решение

$$\nu = 3 \text{ моль}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = 3$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$k = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A'$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23};$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu k \Delta T_{23} + \nu k \Delta T_{23};$$

$$A_{23} = \nu k \Delta T_{23}.$$

$$Q = ?$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu k \Delta T_{23} + \nu k \Delta T_{23}; \quad Q_{23} = \frac{5}{2} \nu k \Delta T_{23}.$$

Так как $T_3 = T_1$, то закон Шарля: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$.

Отсюда, согласно условию задачи: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} = 3$. Следовательно: $T_2 = \frac{T_1}{3}$.

Подставляем в формулу, получаем:

$$Q = \frac{5}{2} \nu k \left(T_1 - \frac{T_1}{3} \right); \quad Q = \frac{5}{2} \nu k T_1.$$

$$[Q] = \frac{\text{моль} \cdot \text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = \text{Дж}.$$

$$Q = \frac{5}{2} \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 300 = 12\,465 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 12 465 Дж.

С4. Дано:

Решение:

Баллы
1 балл
2 балла
3 балла

Возможное решение

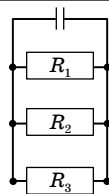
$$C = 1000 \text{ мкФ} = 10^{-3} \text{ Ф}$$

$$U = 70 \text{ В}$$

$$R_1 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 200 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 400 \text{ Ом}$$



Энергия конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2};$$

$$W_2 = ?$$

$$W = \frac{U^2 t}{R};$$

$$W_1 : W_2 : W_3 = \frac{U^2}{R_1} : \frac{U^2}{R_2} : \frac{U^2}{R_3} = \frac{1}{100} : \frac{1}{200} : 4 \frac{1}{100} = 4 : 2 : 1$$

Полная энергия конденсатора: $W = W_1 + W_2 + W_3$.

$$\left(\frac{7}{7} = \frac{4}{7} + \frac{2}{7} + \frac{1}{7} \right); \quad W_2 = \frac{2}{7} W.$$

$$W_2 = \frac{2}{7} \cdot \frac{CU^2}{2} = \frac{CU^2}{7}; [W_2] = \Phi \cdot B^2 = \frac{\text{КлВ}^2}{\text{В}} = \text{Дж}.$$

$$W_2 = \frac{10^{-3} \cdot 70^2}{7} = 1,4 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 1,4 Дж.

4 балла

С5. Дано:

Решение:

Возможное решение

$$\begin{aligned} S &= 0,05 \text{ м}^2 \\ B_{1z} &= 3 \text{ Тл} \\ B_{2z} &= -5 \text{ Тл} \\ \Delta q &= 0,04 \text{ Кл} \\ R &= ? \end{aligned}$$

Закон электромагнитной индукции:

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|.$$

$$\Delta \Phi = \Delta B_z S.$$

$$\text{Отсюда: } \varepsilon_i = S \left| \frac{\Delta B_z}{\Delta t} \right|.$$

$$\varepsilon_i = I_i R;$$

$$I_i = \frac{\Delta q}{\Delta t}; I_i = \frac{S}{R} \left| \frac{\Delta B_z}{\Delta t} \right|;$$

$$|\Delta q| = I \Delta t = \frac{S}{\Delta q} |B_{2z} - B_{1z}|.$$

$$\text{Отсюда: } R = \frac{S}{\Delta q} |B_{2z} - B_{1z}|.$$

$$[R] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{Тл}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}.$$

$$R = \frac{0,05(3+5)}{0,04} = 10 \text{ (Ом)}$$

Ответ: 10 Ом.

Баллы

1 балл

2 балла

3 балла

4 балла

5 баллов

С6. Дано:

Решение:

Возможное решение

$$\begin{aligned} \lambda &= 3 \cdot 10^{-7} \text{ м} \\ v &= 851 \frac{\text{км}}{\text{с}} = \\ &= 851 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ \lambda_{\text{кр}} &= ? \end{aligned}$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

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

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - h\nu_{\text{min}}; \lambda = \frac{c}{\nu}.$$

$$\nu_{\text{min}} = \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}}; A_{\text{вых}} = \frac{ch}{\lambda_{\text{кр}}};$$

Баллы

1 балл

2 балла

3 балла

3 балла

4 балла

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - \frac{ch}{\lambda_{\text{кр}}}; \quad \frac{ch}{\lambda_{\text{кр}}} = h\nu - \frac{mv^2}{2};$$
$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{\frac{hc}{\lambda} - \frac{mv^2}{2}}.$$

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^7} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 851^2 \cdot 10^6}{2}} =$$

$$= 600 \text{ (нм)}.$$

Ответ: 600 нм.

1 день

1. МЕХАНИКА

1.1. Кинематика

1.1.1. Механическое движение и его виды

1.1.2. Относительность механического движения

1. В каких из приведенных ниже случаев изучаемое тело можно принять за материальную точку?

- 1) вычисляют время перелета самолета из одного города в другой
- 2) измеряют высоту ракеты
- 3) вычисляют давление автомобиля на грунт
- 4) определяют объем стального кубика, пользуясь измерительным цилиндром (мензуркой)

1 2 3 4 1

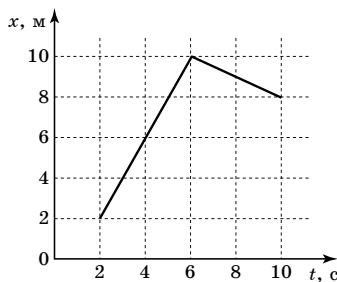
2. Найти путь и модуль перемещения мяча, который упал с высоты 8 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 2 м.

- 1) 10 м и 8 м
- 2) 6 м и 10 м
- 3) 10 м и 6 м
- 4) 8 м и 6 м

1 2 3 4 2

3. На рисунке показана траектория движения материальной точки. Найти модуль перемещения материальной точки.

- 1) 4 м
- 2) 6 м
- 3) 8 м
- 4) 2 м



1 2 3 4 3

4. Турист прошел в направлении на восток 4 км, а затем в северном направлении еще 3 км. Найти модуль перемещения.

- 1) 7 км
- 2) 2 км
- 3) 1 км
- 4) 5 км

1 2 3 4 4

5. Катер прошел по озеру половину окружности радиусом 45 м. Определить пройденный им путь и модуль его перемещения. Чему равны путь катера и модуль его перемещения, если он пройдет полную окружность?

5

ОТВЕТЫ:

Перемещение

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

$$S = vt.$$

Путь равен модулю перемещения!

Система отсчета, связанная с неподвижным наблюдателем, называется лабораторной системой отсчета.

Система отсчета может быть связана с движущимся наблюдателем.

Движение в различных системах отсчета выглядит неодинаково. Поэтому говорят, что движение относительно.

1. Ответ: 1.

2. Ответ: 3.

3. Ответ: 2.

4. Путь определяется длиной траектории.

Значит, $l = AB + BC$,

$$l = 4 \text{ км} + 3 \text{ км} = 7 \text{ км}.$$

Перемещение — это направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением.

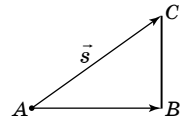
AC — модуль перемещения.

$\triangle ABC = 90^\circ$; $\triangle ABC$ — прямоугольный.

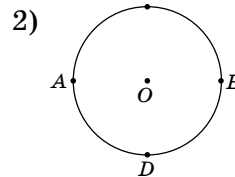
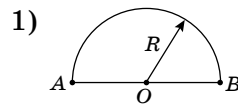
$$AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}; \quad AC = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ (км)}.$$

$$S_x = 5 \text{ км}.$$

Ответ: 4.



5.



Дано:

$$R = 45 \text{ м}$$

$$\begin{array}{l} l_1 - ? \quad S_1 - ? \\ l_2 - ? \quad S_2 - ? \end{array}$$

Решение:

Длина окружности $l = 2\pi R$.

$$l_1 = \frac{2\pi R}{2} = \pi R; \quad [l_1] = \text{м}. \quad S_1 = AOB = 2R;$$

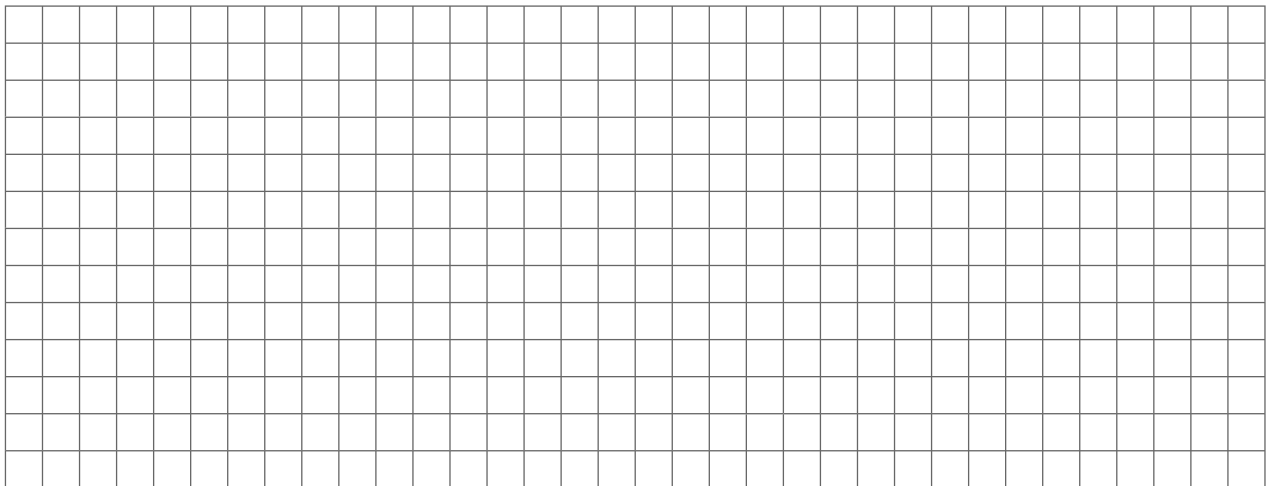
$$[S_1] = \text{м}; \quad l_2 = ACBDA = 2\pi R; \quad [l_2] = \text{м};$$

$S_2 = A = 0$ (т. к. начальная и конечная точки совпадают).

$$l_1 \approx 3,14 \cdot 45 = 141,3 \text{ (м)}; \quad S_2 = 2 \cdot 45 = 90 \text{ (м)};$$

$$l_2 \approx 2 \cdot 3,14 \cdot 45 = 282,6 \text{ (м)}; \quad S_2 = 0.$$

Ответ: $l_1 \approx 141,3 \text{ м}$, $S_1 = 90 \text{ м}$; $l_2 \approx 282,6 \text{ м}$; $S_2 = 0$.

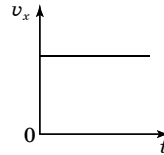


2 день

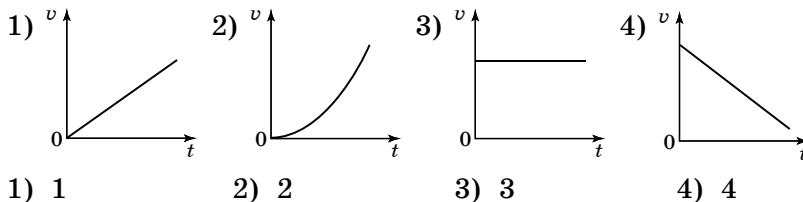
1.1.3. Скорость

1.1.4. Равномерное движение

1. Материальная точка движется вдоль оси Ox . На рисунке представлен график зависимости проекции скорости этой материальной точки на ось Ox от времени. Какой из приведенных ниже графиков соответствует зависимости координаты материальной точки от времени?



1 2 3 4 1



2. Какая из приведенных ниже формул дает возможность найти перемещение точки, движущейся равномерно?

1 2 3 4 2

1) $x = x_0 + v_x t$ 3) $v_x = \frac{S_x}{t}$
2) $s = vt$ 4) $\Delta x = x - x_0$

3. Уравнение движения материальной точки имеет вид $x = 10t + 0,5t^2$. Найти путь, пройденный точкой через 2 с.

1 2 3 4 3

1) 42 м 2) 24 м 3) 18 м 4) 22 м

4. По прямолинейному участку шоссе навстречу друг другу движутся два автомобиля: один со скоростью 60 км/ч, другой — 90 км/ч. Возле автозаправочной станции автомобили встретились и после этого продолжили свое движение. Определить расстояние между ними через 30 мин после их встречи.

1 2 3 4 4

1) 70 км 2) 25 км 3) 75 км 4) 50 км

5. Скорость велосипеда 18 км/ч, а встречного ветра 5 м/с. Какова скорость ветра в системе отсчета «Велосипед»?

1 2 3 4 5

1) 10 м/с 2) 5 м/с 3) 13 м/с 4) 23 м/с

ОТВЕТЫ:

Скорость при равномерном движении тела

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

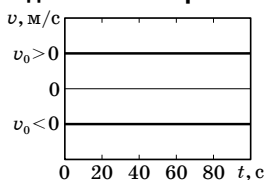
Координата в конечный момент времени

$$x = x_0 + S,$$

$$x = x_0 + vt.$$

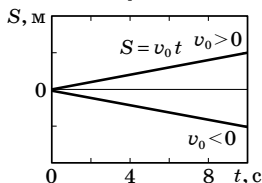
Графическое изображение

зависимости скорости движения от времени



Графическое изображение

зависимости координаты от времени



Перемещение численно равно площади под графиком зависимости скорости от времени.

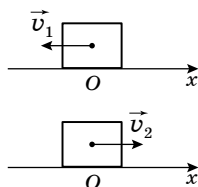
1. Ответ: 1.

2. $\vec{S} = \vec{v}t$.
Ответ: 2.

3. Ответ: 4.

4. Дано:
 $v_1 = 60 \text{ км/ч}$
 $v_2 = 90 \text{ км/ч}$
 $x_0 = 0$
 $t = 30 \text{ мин} = 0,5 \text{ ч}$
 $l = ?$

Решение:



$$l = x_2 - x_1;$$

$$x = x_0 + v_x t; x_0 = 0;$$

$$x_1 = v_{x_1} t; x_2 = v_{x_2} t.$$

Перейдем от проекций к модулям векторов:

$$v_{x_1} = -v_1; v_{x_2} = v_2;$$

$$x_1 = -v_1 t; x_2 = v_2 t; l = v_2 t + v_1 t.$$

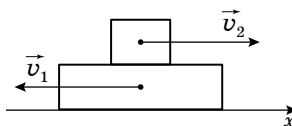
$$[l] = \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \text{ч} + \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \text{ч} = \text{км};$$

$$l = 90 \cdot 0,5 + 60 \cdot 0,5 = 75 \text{ (км)}.$$

Ответ: 3.

5. Дано:
 $v_1 = 18 \text{ км/ч}$
 $v = 5 \text{ м/с}$
 $v_2 = ?$

Решение:



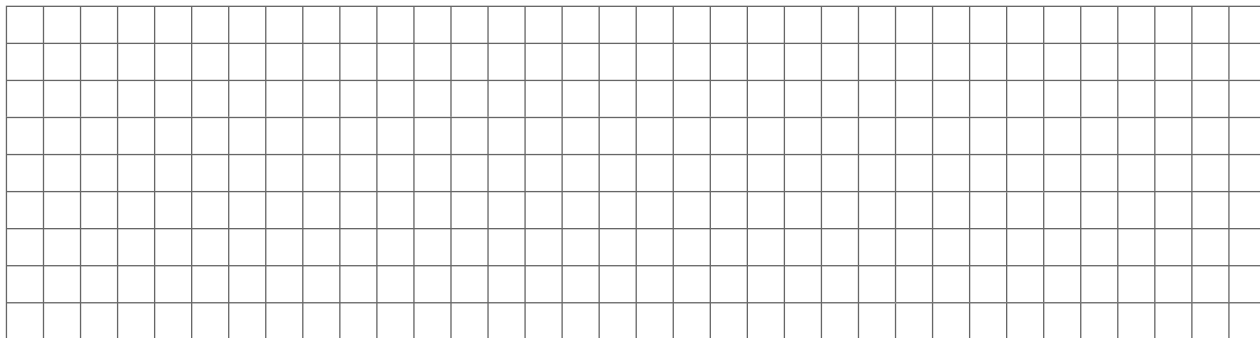
$$18 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{18 \cdot 1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$; v — скорость тела относительно системы отсчета; v_1 — скорость подвижной системы отсчета относительно неподвижной; v_2 — скорость тела относительно подвижной системы отсчета.

Проецируем векторы на ось x : $v_x = v_{1x} + v_{2x}$; $v_x = v$;
 $v_{1x} = -v_1$; $v = -v_1 + v_{2x}$; $v_{2x} = v + v_1$.

$$[v_{2x}] = \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}; v_{2x} = 5 + 5 = 10 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right); v_2 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 1.



3 день

1.1.5. Ускорение

1.1.6. Прямолинейное равноускоренное движение

1. На пути 150 м тело изменило свою скорость от 10 м/с до 20 м/с. С каким ускорением двигалось тело?

- 1) 1 м/с^2 2) 2 м/с^2 3) $0,5 \text{ м/с}^2$ 4) 3 м/с^2

1 2 3 4 1

2. Небольшое тело движется вдоль оси Ox . Его координата x изменяется с течением времени t по закону $x(t) = 4 + 2t - t^2$, где t выражено в секундах, а x — в метрах. Чему равен модуль ускорения этого тела на ось Ox в момент времени $t = 1 \text{ с}$?

- 1) 2 м/с^2 2) -2 м/с^2 3) 1 м/с^2 4) -1 м/с^2

1 2 3 4 2

3. За какое время поезд, отправляясь от станции с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$, пройдет путь $0,5 \text{ км}$?

- 1) 20 с 2) 30 с 3) 40 с 4) 50 с

1 2 3 4 3

4. Обладая некоторой начальной скоростью, тело движется с ускорением 2 м/с^2 . В течение 5 с оно проходит путь $0,5 \text{ км}$. Найти начальную скорость тела.

- 1) 75 м/с 2) 95 м/с 3) 10 м/с 4) 9 м/с

1 2 3 4 4

5. Автомобиль, двигаясь равномерно, проходит за 10 с путь 50 м, после чего в течении следующих 5 с, двигаясь равноускоренно, проходит 75 м. С каким ускорением двигался автомобиль?

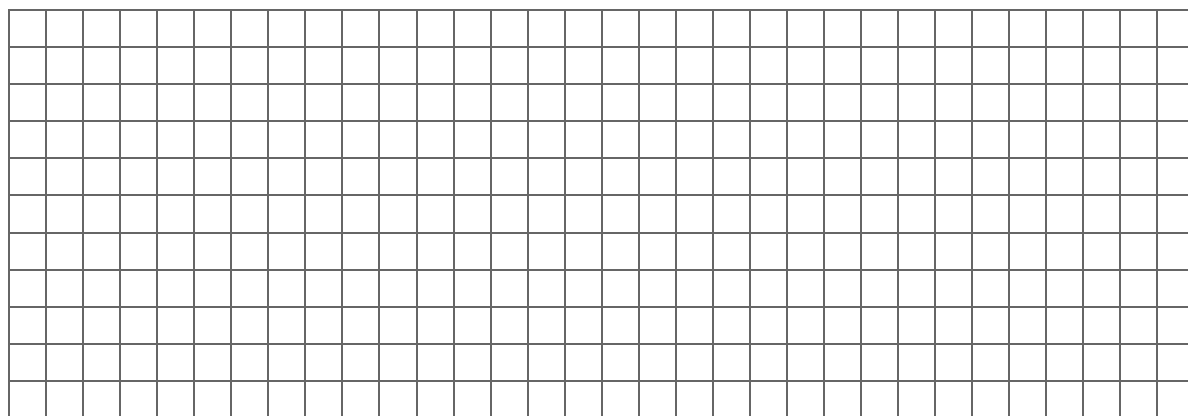
- 1) 1 м/с^2 2) 6 м/с^2 3) 11 м/с^2 4) 5 м/с^2

1 2 3 4 5

6. Какую скорость развивает поезд за 20 с после начала движения, если его ускорение $a = 5 \text{ м/с}^2$?

- 1) 150 м/с 2) 10 м/с 3) 50 м/с 4) 100 м/с

1 2 3 4 6



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. Дано:

$$v_{0x} = 10 \text{ м/с}$$

$$v_x = 20 \text{ м/с}$$

$$S_x = 150 \text{ м}$$

$$a_x = ?$$

Решение:

$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}; \quad 2a_x S_x = v_x^2 - v_{0x}^2;$$

$$a_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2S_x}; \quad [a_x] = \frac{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\text{м}} = \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$a_x = \frac{20^2 - 10^2}{2 \cdot 150} = 1 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

Ответ: 1.**2. Ответ: 3.****3. Дано:**

$$a = 0,4 \text{ м/с}^2$$

$$S = 0,5 \text{ км} = 500 \text{ м}$$

$$v_0 = 0$$

$$t = ?$$

Решение:

$$S_x = \frac{a_x t^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2S}{a}}; \quad [t] = \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{м}} \cdot \text{с}^2} = \text{с};$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{0,4}} = 50 \text{ (с)}.$$

Ответ: 4.**4. Дано:**

$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$t = 5 \text{ с}$$

$$S = 0,5 \text{ км} = 500 \text{ м}$$

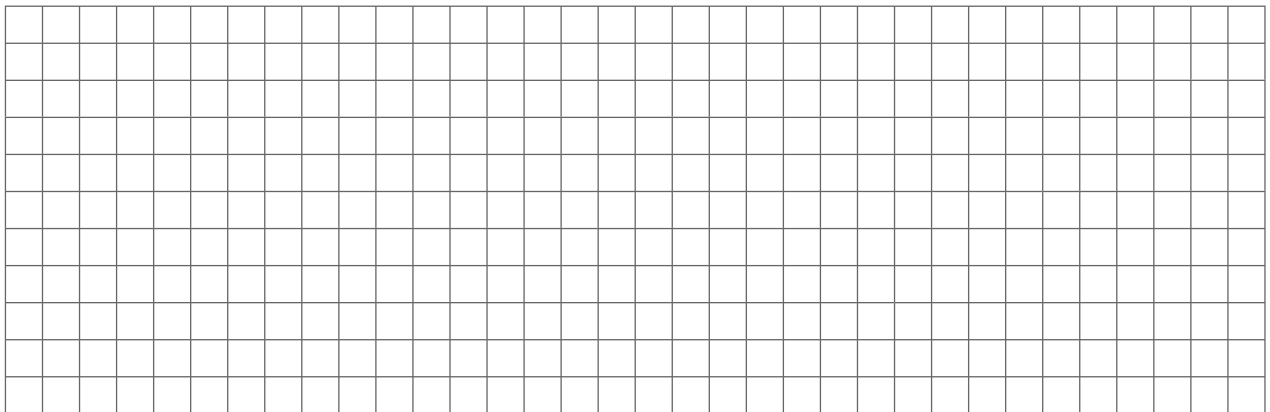
$$v_0 = ?$$

Решение:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad v_0 t = S - \frac{at^2}{2};$$

$$v_0 = \frac{2S - at^2}{2t}; \quad [v_0] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v_0 = \frac{2 \cdot 500 - 2 \cdot 5^2}{2 \cdot 5} = 95 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 2.**5. Ответ: 3****6. Ответ: 4.**

4 день

1.1.7. Свободное падение (ускорение свободного падения)

1. При свободном падении
- 1) ускорение тела тем больше, чем больше его масса
 - 2) все тела движутся с одинаковым ускорением
 - 3) ускорение тела тем больше, чем меньше его масса
 - 4) все тела движутся с одинаковой постоянной скоростью
2. Тело свободно падает без начальной скорости. Какое расстояние оно пролетит за 4 с?
- 1) 40 м 2) 80 м 3) 20 м 4) 100 м
3. Какую скорость набирает тело за первые 4 с свободного падения без начальной скорости?
- 1) 10 м/с 2) 20 м/с 3) 40 м/с 4) 80 м/с.
4. Свободное падение тела длилось 10 с. На какой высоте находилось тело через 5 с после начала падения?
5. На какой высоте скорость тела, которое свободно падало с высоты 18 м, равняется половине конечной скорости?

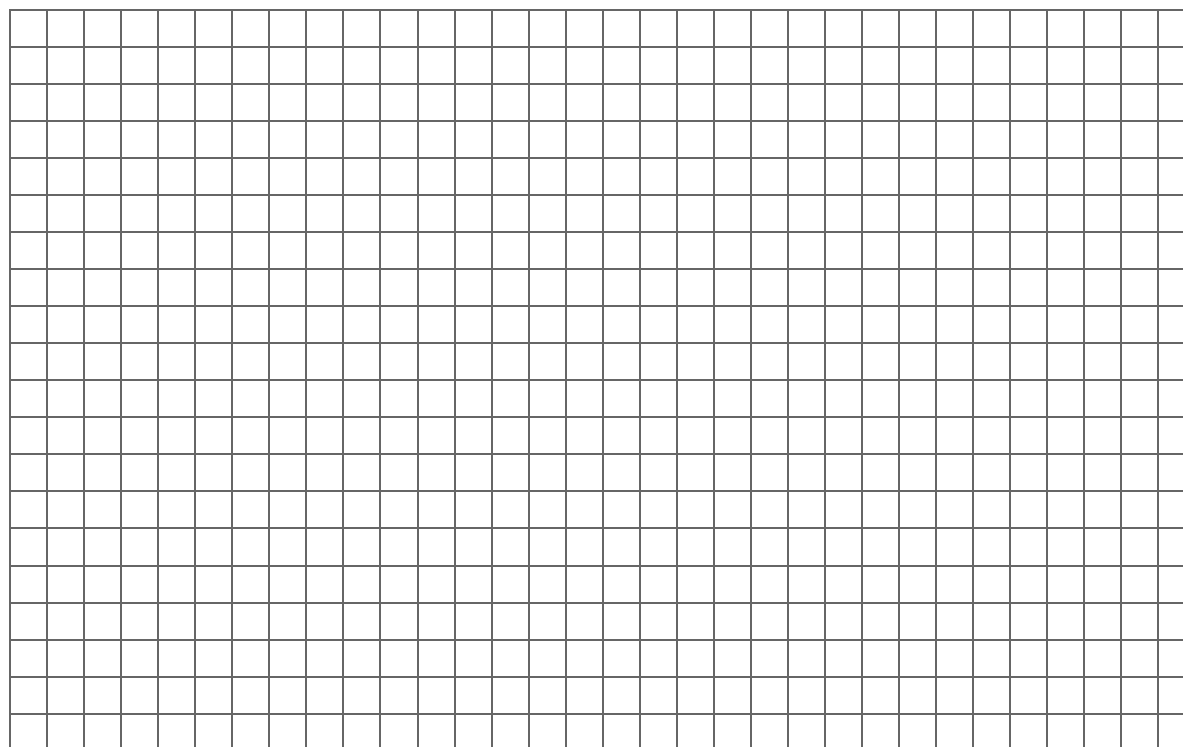
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

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

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

				4
--	--	--	--	---

				5
--	--	--	--	---

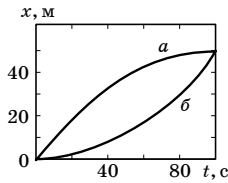
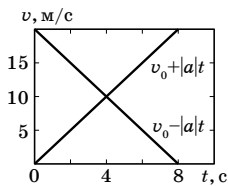
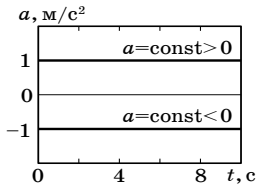


ОТВЕТЫ:

Уравнение прямолинейного равномерного движения

$$s = s_0 + vt.$$

Графическое изображение зависимости ускорения, скорости и координаты от времени



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

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

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. Ответ: 2.

2. Ответ: 2.

3. Ответ: 3.

4. Дано:

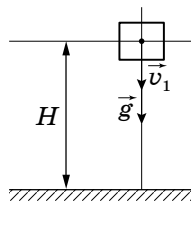
$$\tau = 10 \text{ с}$$

$$v_0 = 0$$

$$t = 5 \text{ с}$$

$$h - ?$$

Решение:



$$s_y = v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

Переходим от проекции к модулям векторов:

$$s_y = H; v_{0y} = 0; g_y = g; H = \frac{g\tau^2}{2}.$$

$H - h$ — расстояние, которое прошло тело за 5 с.

$$H - h = \frac{gt^2}{2}; h = H - \frac{gt^2}{2}; h = \frac{g\tau^2}{2} - \frac{gt^2}{2} = \frac{g(\tau^2 - t^2)}{2};$$

$$[h] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (\text{с}^2 - \text{с}^2) = \text{м}; h = \frac{9,8 \cdot (10^2 - 5^2)}{2} = 375 \text{ (м)}.$$

Ответ: 375.

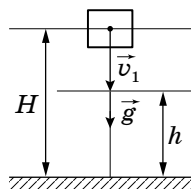
5. Дано:

$$H = 18 \text{ м}$$

$$v' = \frac{v}{2}$$

$$h - ?$$

Решение:



$$s_y = v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}.$$

Переходим от проекции к модулям векторов:

$$s_y = H; v_{0y} = 0; g_y = g.$$

$$H = \frac{gt^2}{2}; v = gt \Rightarrow t = \frac{v}{g}; H = \frac{gv^2}{2g^2} = \frac{v^2}{2g}; H - h = \frac{gt'^2}{2} = \frac{v'^2}{2g};$$

$$\text{т. к. } v' = \frac{v}{2}, \text{ то } H - h = \frac{v^2}{8g} \Rightarrow h = H - \frac{v^2}{8g}; v_2 = 2g \cdot H;$$

$$h = H - \frac{2gH}{8g} = H - \frac{1H}{4} = \frac{3H}{4}; [h] = \text{м};$$

$$h = \frac{3 \cdot 18}{4} = 13,5 \text{ (м)}.$$

Ответ: 13,5.

5 день

1.1.8. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центробежное ускорение

1. Чему равна частота вращения секундной стрелки часов?
1) 60 с^{-1} 2) 1 с^{-1} 3) $\frac{1}{60} \text{ с}^{-1}$ 4) 3600 с^{-1}
2. Модель самолета движется по окружности со скоростью 10 м/с и совершает один оборот за 5 с . Найти радиус окружности.
1) 5 м 2) 10 м 3) 6 м 4) 8 м
3. Чему равно центробежное ускорение тела, которое движется по окружности радиусом 2 м со скоростью 4 м/с ?
1) 2 м/с^2 2) 4 м/с^2 3) 1 м/с^2 4) 8 м/с^2
4. Точка движется по окружности радиусом 3 м со скоростью 15 м/с . Найти угловую скорость точки.
1) 3 рад/с 3) 6 рад/с
2) 5 рад/с 4) 10 рад/с
5. С какой скоростью движется автомобиль по выпуклому мосту радиусом 40 м , если центробежное ускорение равняется ускорению свободного падения?
1) 20 м/с 2) 10 м/с 3) 30 м/с 4) 40 м/с
6. Период вращения барабана равен $0,157 \text{ с}$. Чему равен диаметр барабана, если скорость точек, лежащих на ободе барабана, равна 4 м/с ?
1) $0,1 \text{ м}$ 2) $0,2 \text{ м}$ 3) 2 м 4) 1 м

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

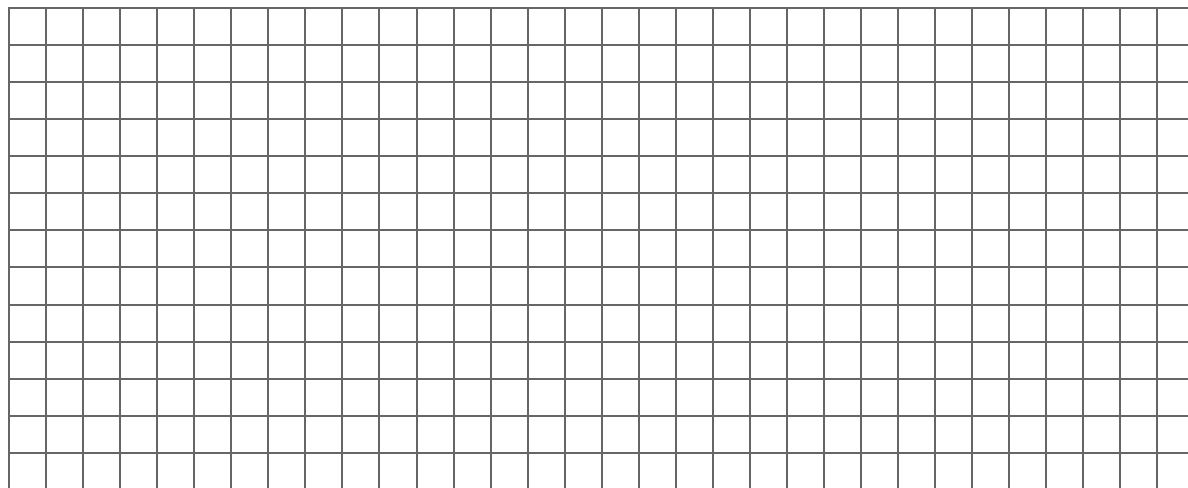
1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

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

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

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

1	2	3	4	6
---	---	---	---	---



ОТВЕТЫ:

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. Ответ: 3.

2. Ответ: 4.

3. Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

5. Дано:

$$R = 40 \text{ м}$$

$$a = g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$v = ?$$

Решение:

$$a = \frac{v^2}{R}; \quad v = \sqrt{aR}; \quad [v] = \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v = \sqrt{9,8 \cdot 40} = 20 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 1.

6. Дано:

$$T = 0,157 \text{ с}$$

$$v = 4 \text{ м/с}$$

$$d = ?$$

Решение:

$$d = 2 \cdot r; \quad T = \frac{2\pi r}{v}; \quad 2r = \frac{T \cdot v}{\pi}; \quad d = \frac{Tv}{\pi};$$

$$[d] = \frac{\text{с} \cdot \text{м}}{\text{с}} = \text{м}; \quad d = \frac{0,157 \cdot 4}{3,14} = 0,2 \text{ (м)}.$$

Ответ: 2.

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 $v_x = v_{0x}, \quad v_x = v_0 \cos \alpha$	Скорость $v_h = v_{0h} - gt, \quad v_h = v_0 \sin \alpha$
Координата $x = x_0 + v_{0x}t,$ $x = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t$	Координата $h = h_0 + v_{0h}t - \frac{gt^2}{2},$ $h = h_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$

6 день

1.2. Динамика

1.2.1. Инерциальные системы отсчета.

Первый закон Ньютона

1.2.2. Принцип относительности Галилея

1.2.3. Масса тела

1.2.4. Плотность вещества

1. Мяч массой 2 кг толкнул, находящийся в покое, шарик. Во время взаимодействия ускорение шарика было по модулю в 4 раза больше ускорения мяча. Какова масса шарика?

1) 12 кг 2) 8 кг 3) 2 кг 4) 0,5 кг

1 2 3 4 1

2. Найти массу бруска размером $4 \times 5 \times 6$ см, если его плотность 7000 кг/м^3 .

1) 8,4 г 2) 84 г 3) 840 г 4) 8400 г

1 2 3 4 2

3. Материальная точка, на которую не действуют другие тела, относительно инерциальной системы отсчета

1) находится в состоянии покоя
2) движется по кругу
3) движется равноускоренно
4) находится в состоянии покоя или движется прямолинейно и равномерно

1 2 3 4 3

4. Найти отношение модулей ускорений $\left(\frac{a_2}{a_1}\right)$ двух тел одинакового объема во время взаимодействия, если первое тело сделано из стали, а второе — из свинца.

1) 1 2) 0,7 3) 1,4 4) 0

1 2 3 4 4

5. Тележка рассчитана на перевозку груза массой 7,5 т. Сколько стальных листов можно нагрузить на нее, если длина каждого листа 4 м, ширина — 80 см и толщина — 2 мм?

1) 100 2) 150 3) 300 4) 50

1 2 3 4 5

Ответы:

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

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

Закон Ньютона

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

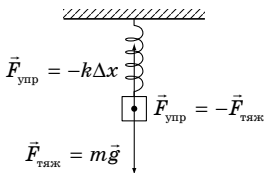
$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{const}$$

Примеры сил в механике

Сила тяжести вблизи поверхности Земли



Сила натяжения



Сила трения



- 1. Дано:** $m_1 = 2 \text{ кг}$
 $a_2 = 4a_1$
 $m_2 = ?$
- Решение:**
 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$; $m_2 = \frac{m_1 a_1}{a_2}$; т. е. $a_2 = 4a_1$, то
 $m_2 = \frac{m_1 a_1}{4a_1} = \frac{m_1}{4}$; $[m_2] = \text{кг}$; $m_2 = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ (кг)}$.

Ответ: 4.

- 2. Дано:** $a = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $b = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $c = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
 $\rho = 7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
 $m = ?$
- Решение:**
 $m = \rho V$;
 $V = a \cdot b \cdot c$;
 $m = \rho \cdot a \cdot b \cdot c$;
 $[m] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \text{кг}$;
 $m = 7 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{-2} =$
 $= 840 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)} = 840 \text{ (г)}$.

Ответ: 3.

- 3. Ответ:** 4.

- 4. Дано:** $V_1 = V_2 = V$
 $\rho_1 = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
 $\rho_2 = 11,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
 $\frac{a_2}{a_1} = ?$
- Решение:**
 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$; $n_1 = \rho_1 \cdot V_1 = \rho_1 V$;
 $m_2 = \rho_2 \cdot V_2 = \rho_2 V$;
 $\frac{a_2}{a_1} = \frac{\rho_1 \cdot v}{\rho_2 \cdot v} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$; $\left[\frac{a_2}{a_1} \right] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 \cdot \text{кг}} = 1$;
 $\frac{a_2}{a_1} = \frac{7,8 \cdot 10^3}{11,3 \cdot 10^3} \approx 0,7$.

Ответ: 2.

- 5. Дано:** $m = 7,5 \text{ т} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ кг}$
 $a = 4 \text{ м}$
 $b = 80 \text{ см} = 0,8 \text{ м}$
 $c = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$
 $\rho = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
 $n = ?$
- Решение:**
 $m = n \cdot m_0$; m_0 — масса одного листа; $n = \frac{m}{m_0}$;
 $m_0 = \rho \cdot V$; $V = a \cdot b \cdot c$;
 $m_0 = \rho \cdot a \cdot b \cdot c$;
 $n = \frac{m}{\rho \cdot a \cdot b \cdot c}$;
 $[n] = \frac{\text{кг}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = 1$; $n = \frac{7,5 \cdot 10^3}{7,8 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 150$.

Ответ: 2.

7 день

1.2.5. Сила

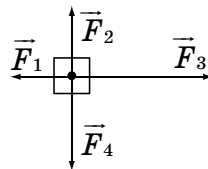
1.2.6. Принцип суперпозиции сил

1.2.7. Второй закон Ньютона

1. Как движется тело, когда векторная сумма сил, которые действуют на него, равна нулю?
- 1) движется по кругу
 - 2) находится в состоянии покоя
 - 3) движется равноускоренно
 - 4) находится в постоянном покое или движется прямолинейно и равномерно

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

2. Найти равнодействующую всех сил, если модули этих сил $F_1 = 14$ Н, $F_2 = 14$ Н, $F_3 = 50$ Н, $F_4 = 44$ Н.
- 1) 40 Н
 - 2) 50 Н
 - 3) 20 Н
 - 4) 10 Н



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

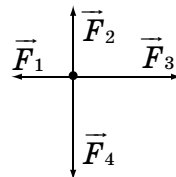
3. Найти равнодействующую трех сил по 100 Н каждая, если углы между первой и второй силами и между второй и третьей силами равны 60° .
- 1) 200 Н
 - 2) 300 Н
 - 3) 400 Н
 - 4) 100 Н

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

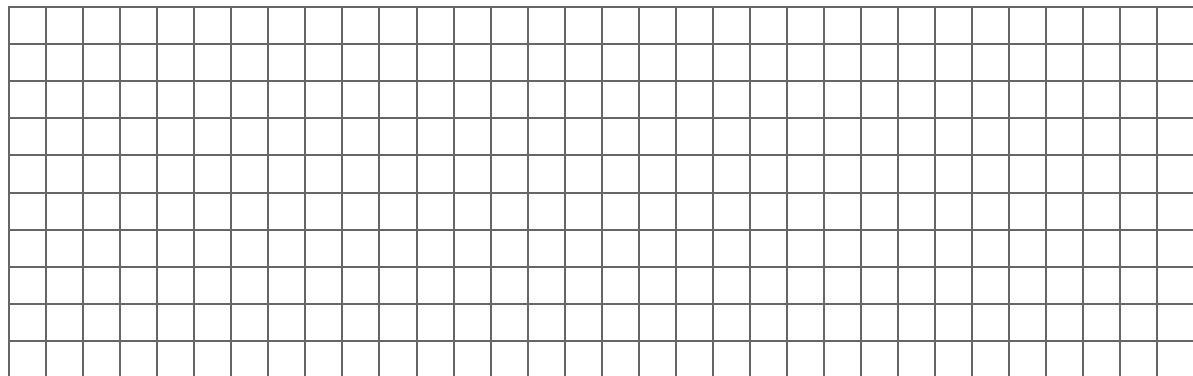
4. Найти равнодействующую сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , модули которых равны $F_1 = 4$ Н, $F_2 = 8$ Н, угол между ними $\theta = 60^\circ$.
- 1) 10,58 Н
 - 2) 20,58 Н
 - 3) 8,58 Н
 - 4) 15,58 Н

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

5. На материальную точку действуют силы, модули которых равны $F_1 = 5$ Н; $F_2 = 4$ Н; $F_3 = 15$ Н; $F_4 = 24$ Н. Найти массу материальной точки, если ее ускорение равно 2 м/с².



	5
--	---



ОТВЕТЫ:

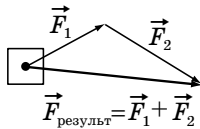
II закон Ньютона

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

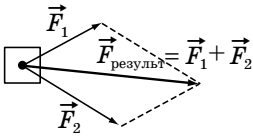
$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{M}$$

Сложение векторов

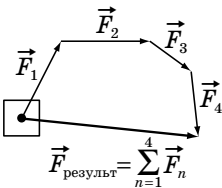
Правило треугольника



Правило параллелограмма



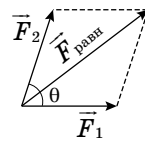
Правило многоугольника



1. Ответ: 4.
2. Ответ: 2.
3. Ответ: 1.
4. Дано:

$$\begin{aligned} F_1 &= 4 \text{ Н} \\ F_2 &= 8 \text{ Н} \\ \angle \theta &= 60^\circ \\ F_{\text{равн}} &= ? \end{aligned}$$

Решение:



Сложение векторных величин производится по правилу параллелограмма.

$$F_{\text{равн}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta};$$

$$[F_{\text{равн}}] = \text{Н}; \quad \cos \theta = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}.$$

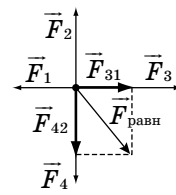
$$F_{\text{равн}} = \sqrt{4^2 + 8^2 + 2 \cdot 4 \cdot 8 \cdot \frac{1}{2}} \approx 10,58 \text{ (Н)}.$$

Ответ: 1.

5. Дано:

$$\begin{aligned} F_1 &= 5 \text{ Н} \\ F_2 &= 4 \text{ Н} \\ F_3 &= 15 \text{ Н} \\ F_4 &= 24 \text{ Н} \\ a &= 2 \text{ м/с}^2 \\ m &= ? \end{aligned}$$

Решение:



Согласно II закону Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$.

Значит, $m = \frac{\vec{F}}{\vec{a}}$; $m = \frac{F_{\text{разн}}}{a}$;

$$[m] = \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{М}} = \text{кг}.$$

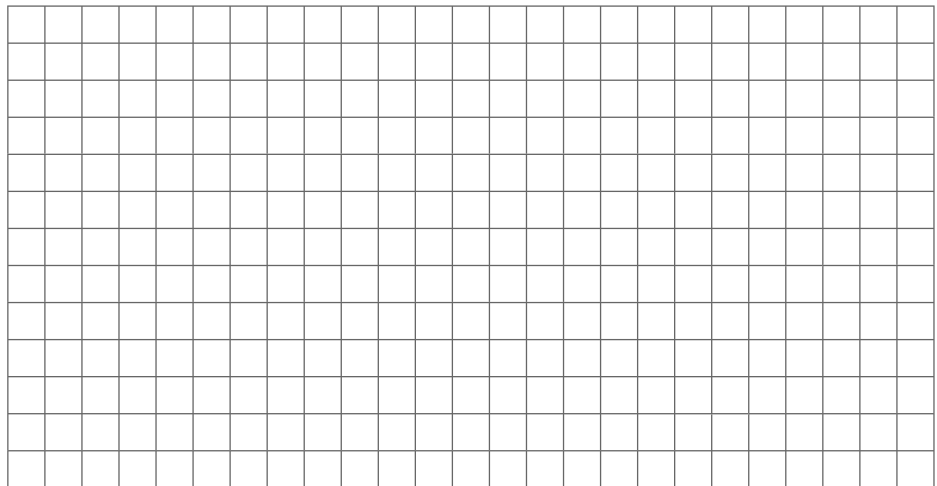
$$F_{\text{равн}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4; \quad F_{\text{равн}} = \sqrt{F_{31}^2 + F_{42}^2};$$

$$F_{31} = F_3 - F_1; \quad F_{42} = F_4 - F_2; \quad F_{31} = 10 \text{ Н};$$

$$F_{42} = 20 \text{ Н}.$$

$$F_{\text{равн}} = \sqrt{10^2 + 20^2} = 22 \text{ (Н)}; \quad m = \frac{22}{2} = 11 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 11 кг.



8 день

1.2.7. Второй закон Ньютона

1.2.8. Третий закон Ньютона

1. Какое ускорение приобретает тело массой 5 кг под действием силы 20 Н?

- 1) $0,25 \text{ м/с}^2$ 2) 4 м/с^2 3) $2,5 \text{ м/с}^2$ 4) 50 м/с^2

1 2 3 4 1

2. Какая сила дает телу массой 50 г ускорение 4 м/с^2 ?

- 1) 0,2 Н 2) 2 Н 3) 0,4 Н 4) 4 Н

1 2 3 4 2

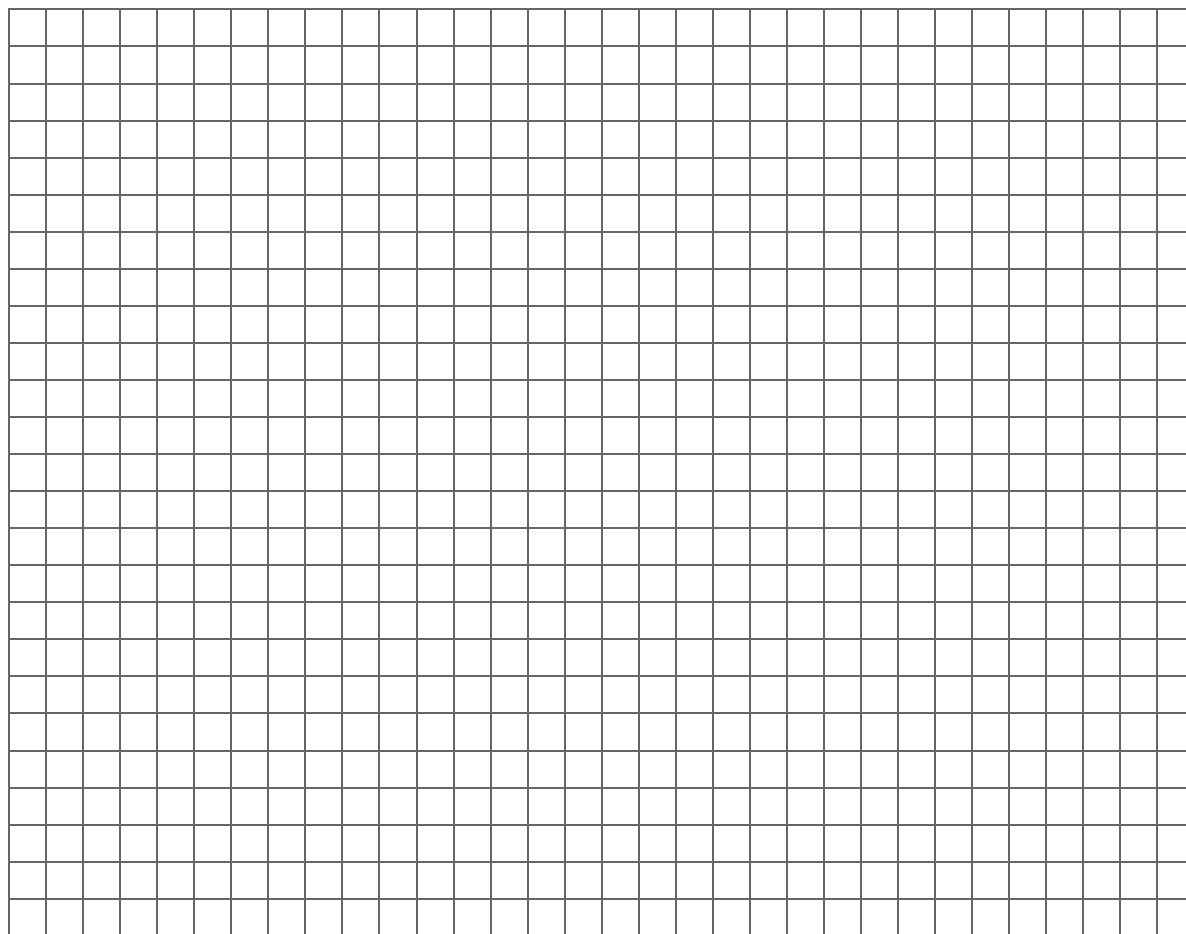
3. Тело массой 100 кг движется прямолинейно, и его координата изменяется по закону $x = 20 - 10t + t^2$. Найти силу, которая действует на тело.

- 1) 300 Н 2) 150 Н 3) 200 Н 4) 100 Н

1 2 3 4 3

4. Какую скорость приобрел мяч массой 0,2 кг за время 0,2 с, если сила удара равна 100 Н?

4



ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 2.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\begin{array}{l} m = 100 \text{ кг} \\ x = 20 - 10t + t^2 \\ F - ? \end{array}$$

Решение:

Зависимость координаты от времени:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}; \text{ значит } a = 2 \text{ м/с}^2.$$

$$F = a \cdot m; [F] = \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot \text{кг} = \text{Н};$$

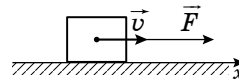
$$F = 2 \cdot 100 = 200 \text{ (Н)}.$$

Ответ: 3.

4. Дано:

$$\begin{array}{l} m = 0,2 \text{ кг} \\ v_0 = 0 \\ F = 100 \text{ Н} \\ t = 0,2 \text{ с} \\ v - ? \end{array}$$

Решение:



Согласно второму закону Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}; \quad \vec{F} = \frac{m(\vec{v} - \vec{v}_0)}{t}.$$

$$\text{Проецируем векторы на ось } x: F_x = \frac{m(v_x - v_{0x})}{t}.$$

Переходим от проекций к модулям векторов:

$$F_x = F; v_x = v; v_{0x} = 0; F = \frac{mv}{t} \Rightarrow v = \frac{Ft}{m}.$$

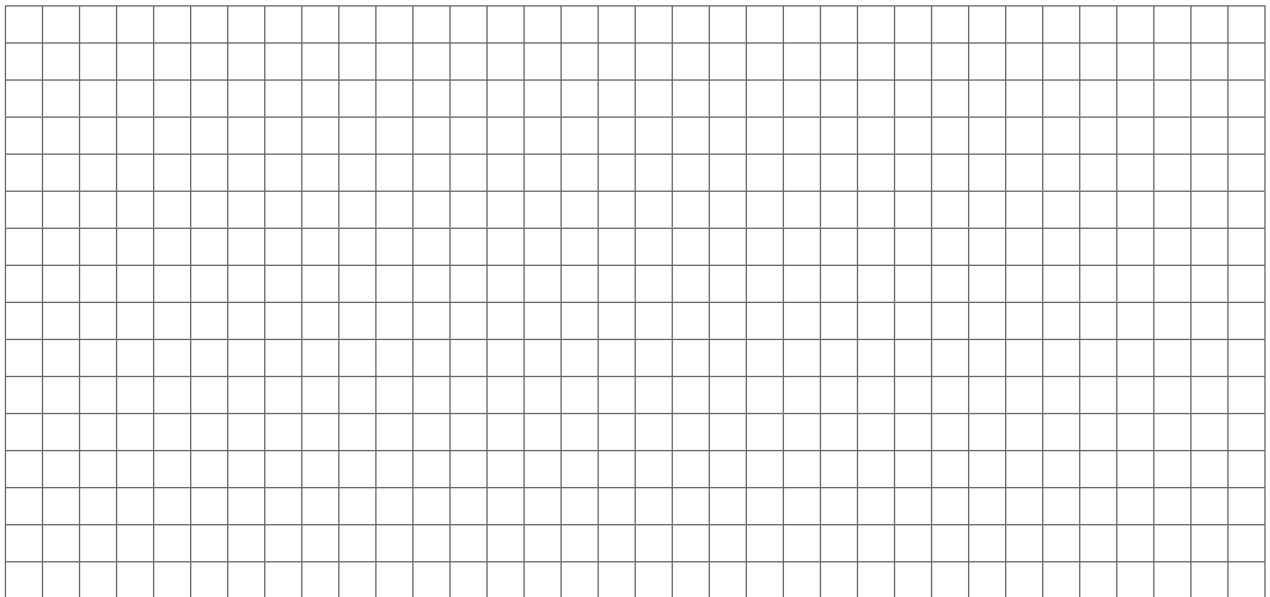
$$[v] = \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad v = \frac{100 \cdot 0,2}{0,2} = 100 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 100.

III закон Ньютона

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

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



9 день

1.2.9. Закон всемирного тяготения.

Искусственные спутники Земли

1.2.10. Сила тяжести

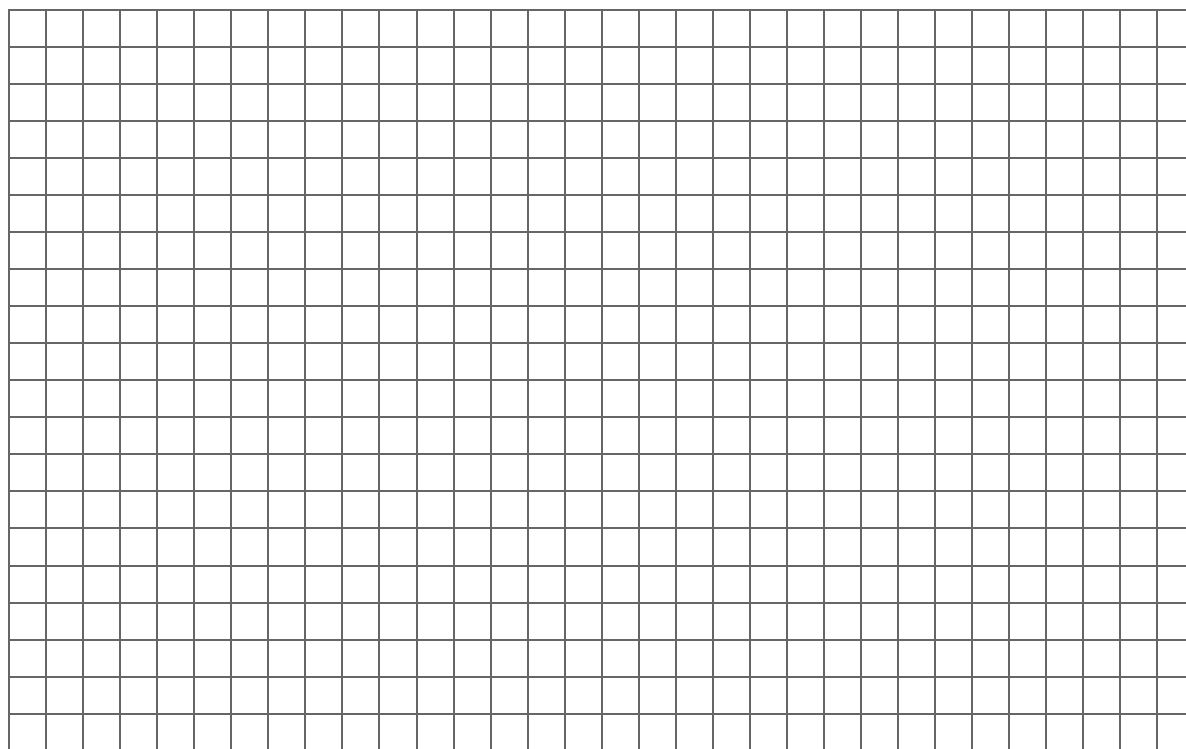
1. Телу необходимо сообщить первую космическую скорость, чтобы оно
- 1) стало спутником Солнца
 - 2) двигалось вокруг Земли по круговой орбите
 - 3) покинуло Солнечную систему
 - 4) достигло других планет Солнечной системы
2. Две материальные точки массой 100 кг каждая притягиваются с силой, равной 0,01 Н. Найти расстояние между ними.
- 1) 8,4 мм 2) 8,6 мм 3) 8,2 мм 4) 8,8 мм
3. На каком расстоянии от поверхности Земли ускорение свободного падения равняется 1 м/с^2 ? ($R_3 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$, $M_3 = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$)
4. Какую скорость должен иметь искусственный спутник, чтобы обращаться по круговой орбите на высоте 600 км над поверхностью Земли?

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

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

				3
--	--	--	--	---

				4
--	--	--	--	---



Закон всемирного тяготения

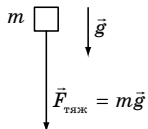
Между любыми телами возникает сила гравитационного притяжения, которая определяется массами этих тел:

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

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 Земли
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

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

1. Ответ: 2.

2. Дано:

$$\begin{aligned} m_1 &= m_2 = 100 \text{ кг} \\ F &= 0,01 \text{ Н} \\ G &= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 \\ R &= ? \end{aligned}$$

Решение:

Из закона всемирного тяготения:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}; \quad R = \sqrt{\frac{G m_1 m_2}{F}};$$

т. к. $m_1 = m_2 = m$, то

$$R = \sqrt{\frac{G m^2}{F}} = m \sqrt{\frac{G}{F}};$$

$$[R] = \text{кг} \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2 \cdot \text{Н}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг}} = \text{м};$$

$$R = 100 \cdot \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11}}{0,01}} \approx 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 8,2 \text{ (мм)}.$$

Ответ: 3.

3. Дано:

$$\begin{aligned} R_3 &= 6,4 \cdot 10^6 \text{ м} \\ M_3 &= 5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг} \\ G &= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 \\ h &= ? \end{aligned}$$

Решение:

Из закона всемирного тяготения: $mg = G \frac{M_3 m}{(R_3 + h)^2}$;

$$(R_3 + h)^2 = \frac{GM_3}{g};$$

$$h = \sqrt{\frac{GM}{g}} - R; \quad [h] = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{кг}}{\text{кг}^2 \cdot \text{м}}} - \text{м} = \text{м};$$

$$h = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{9,8}} - 6,4 \cdot 10^6 =$$

$$= 13,6 \cdot 10^6 \text{ (м)} = 13 \text{ 600 (км)}.$$

Ответ: 13 600 км.

4. Дано:

$$\begin{aligned} h &= 600 \text{ км} \\ R_3 &= 6,4 \cdot 10^6 \text{ м} \\ v &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$F = mg$, m — масса спутника.

Сила сообщает спутнику центростреми-

тельное ускорение $a = \frac{v^2}{(R_3 + h)}$.

$F = ma$ — II закон Ньютона.

$$mg = \frac{mv^2}{(R_3 + h)}; \quad v = \sqrt{g(R_3 + h)}; \quad [v] = \sqrt{\frac{\text{М}}{\text{с}^2} (\text{М} + \text{М})} = \frac{\text{М}}{\text{с}};$$

$$v = \sqrt{9,8(6,4 \cdot 10^6 + 0,6 \cdot 10^6)} = 8,28 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: $8,28 \cdot 10^3 \text{ м/с}$.

10 день

1.2.11. Вес и невесомость

1. Вес тела меньше, чем сила тяжести, когда

- 1) ускорение тела направлено вниз
- 2) тело равномерно движется вниз
- 3) тело равномерно движется вверх
- 4) ускорение тела направлено вверх

1 2 3 4 1

2. В кабине лифта стоит человек массой 60 кг. Каким будет его вес, если кабина лифта опускается вниз с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$?

- 1) 550 Н
- 2) 570 Н
- 3) 600 Н
- 4) 620 Н

1 2 3 4 2

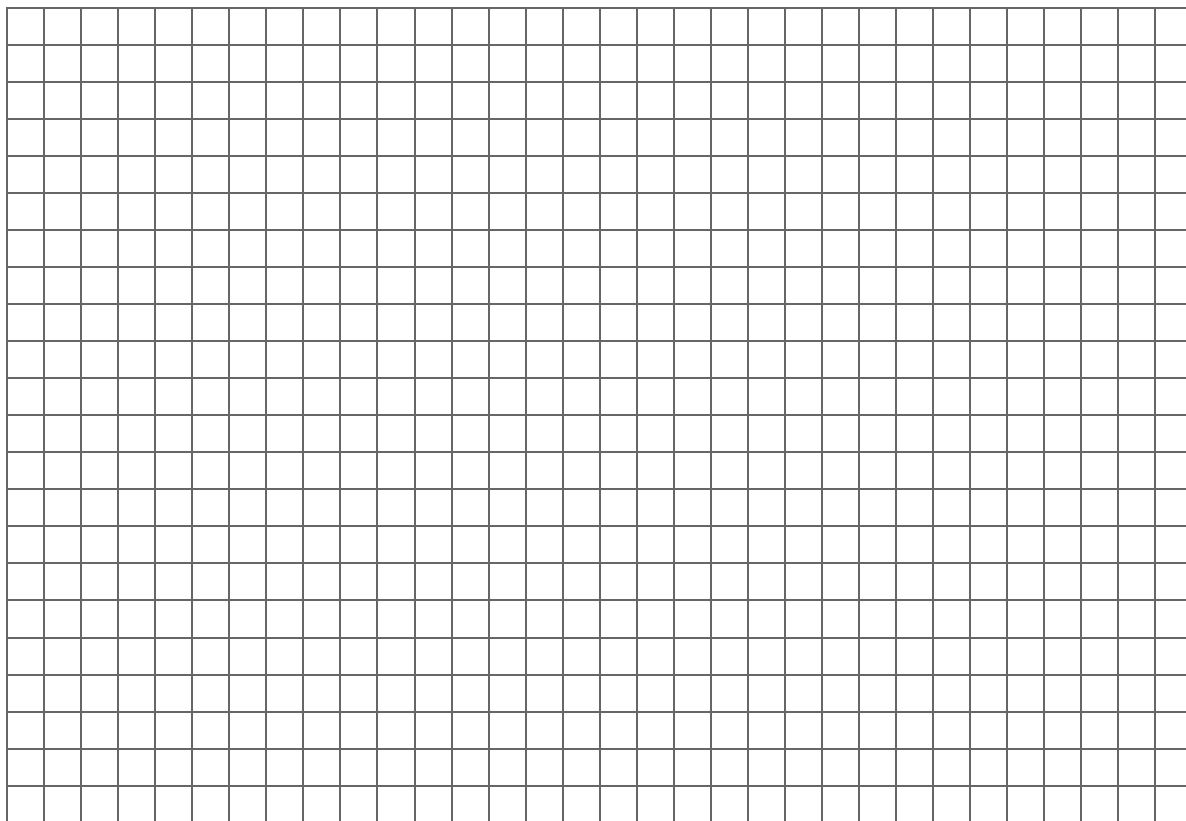
3. Каков будет вес космонавта массой 80 кг, если он поднимается на ракете вертикально вверх с ускорением $4g$?

3

4. С какой скоростью автобус должен проходить середину выпуклого моста радиусом 10 м, чтобы пассажиры на мгновение оказались в состоянии невесомости?

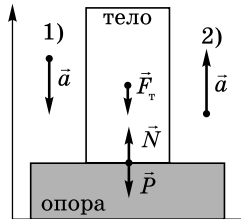
- 1) 0 м/с
- 2) 2 м/с
- 3) 5 м/с
- 4) 10 м/с

1 2 3 4 4



ОТВЕТЫ:

Вес тела — сила, с которой тело действует на подвес или опору.



Вес тела \vec{P} приложен не к телу, а к опоре или подвесу.

Если тело находится на покоящейся опоре, то его вес равен силе тяжести:

$$\vec{P} = m\vec{g}.$$

Если опора движется вверх с ускорением (случай 1), то вес тела увеличивается:

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}),$$

$$P = m(g + a),$$

$$\vec{P} > m\vec{g}.$$

Это — **перегрузка**. Перегрузку испытывают космонавты при старте ракет.

Если опора движется вниз с ускорением (случай 2), то вес тела уменьшается:

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}),$$

$$P = m(g - a),$$

$$\vec{P} < m\vec{g}.$$

1. Ответ: 1.

2. Дано:

$$m = 60 \text{ кг}$$

$$a = 0,3 \text{ м/с}^2$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$P \text{ — ?}$$

Решение:

Согласно II закону Ньютона:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр}}.$$

$\vec{F}_{\text{упр}} = -\vec{P}$ — III закон Ньютона.

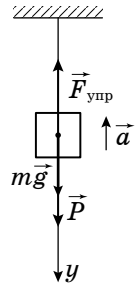
$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}).$$

Проецируем на ось y : $P = m(g - a)$;

$$[P] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н};$$

$$P = 60(9,8 - 0,3) = 570 \text{ (Н)}.$$

Ответ: 2.



3. Дано:

$$m = 80 \text{ кг}$$

$$a = 4g$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$P \text{ — ?}$$

Решение:

$$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a}).$$

Проецируем на ось y :

$$P = m(g + a);$$

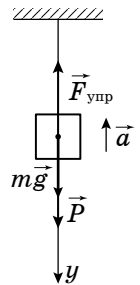
$$a = 4g; P = m(g + 4g);$$

$$P = 5mg.$$

$$[P] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н};$$

$$P = 5 \cdot 80 \cdot 9,8 = 4000 \text{ (Н)} = 4 \text{ (кН)}.$$

Ответ: 4 кН.



4. Дано:

$$R = 10 \text{ м}$$

$$a = g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$v \text{ — ?}$$

Решение:

На середине выпуклого моста автобус движется с центростремительным ускорением.

$a = \frac{v^2}{R}$; т. к. $a = g$ — состояние невесомости.

$$g = \frac{v^2}{R}; v = \sqrt{g \cdot R}; [v] = \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}; v = \sqrt{9,8 \cdot 10} \approx 10 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 4.

Если тело совершает свободное падение, то оно не давит ни на какую поверхность, т. е. его вес равен нулю

$$\vec{P} = 0.$$

Это — **невесомость**. Невесомость испытывают космонавты, на орбитальных станциях, вращающихся вокруг Земли.

Вес тела не следует путать с его массой. Масса тела является скалярной величиной и измеряется в килограммах, а вес тела — векторная величина и измеряется в ньютонах.

11 день

1.2.12. Сила упругости. Закон Гука

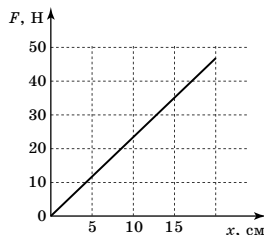
1. Длина нерастянутой пружины равна 20 см. Чтобы увеличить длину пружины до 26 см, необходимо приложить силу 3 Н. Найти жесткость пружины.

1) 5 Н/м 2) 10 Н/м 3) 50 Н/м 4) 0,5 Н/м

1 2 3 4 1

2. Определите жесткость пружины по графику зависимости силы упругости от удлинения.

1) 3 Н/м
2) 30 Н/м
3) 33 Н/м
4) 333 Н/м



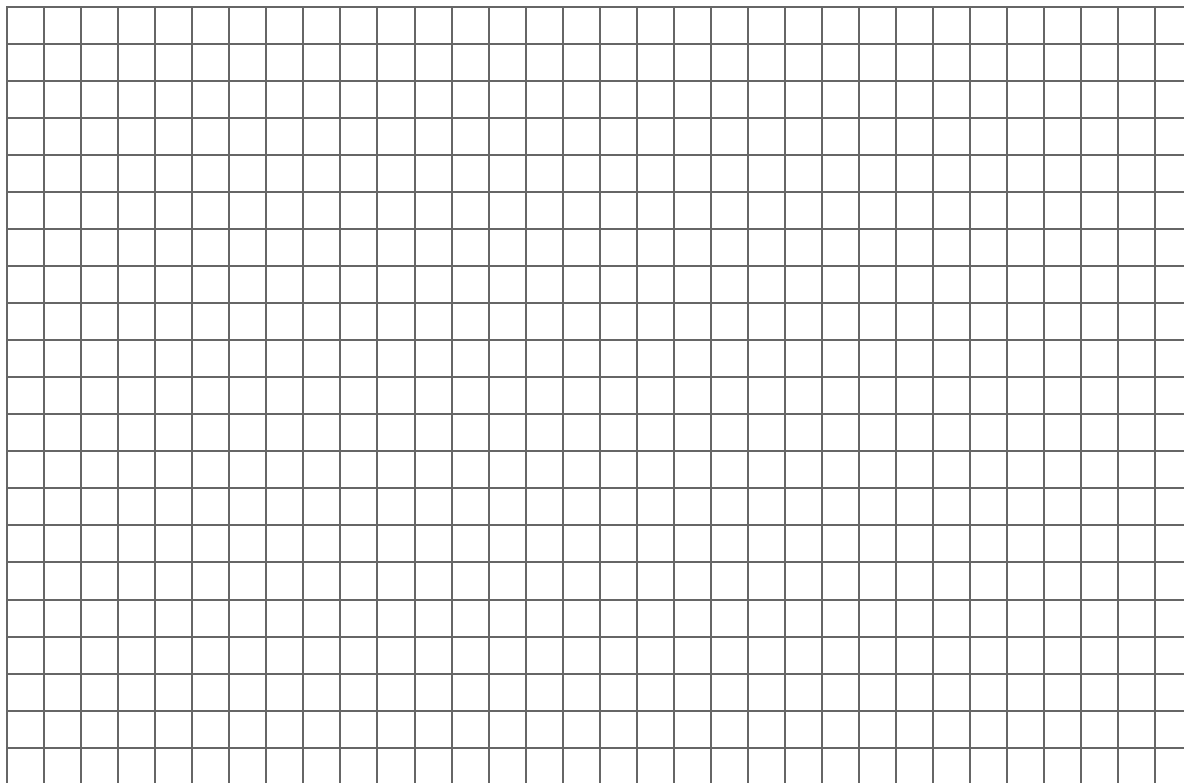
1 2 3 4 2

3. Найти массу тела, которое висит на пружине жесткостью 50 Н/м, если удлинение пружины равно 2 см?

3

4. При буксировке автомобиля массой 2 т с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, буксировочный трос удлинился на 1 см. Найти жесткость пружины.

4



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 .

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

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

Сила упругости направлена противоположно направлению сжатия (растяжения).

1. Ответ: 3.

2. Ответ: 4.

3. Дано:

$$\begin{aligned} k &= 50 \text{ Н/м} \\ \Delta x &= 2 \text{ см} = 0,2 \text{ м} \\ g &\approx 2 \text{ м/с}^2 \\ m &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \text{По II закону Ньютона:} \\ \vec{F} &= \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_{\text{т}}; \\ m\vec{a} &= \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_{\text{т}}; \\ m\vec{a} &= 0, \text{ т. к. } v = \text{const.} \end{aligned}$$

Проецируем векторы на ось Oy :

$$0 = (F_{\text{упр}})_y + (F_{\text{т}})_y.$$

Переходим от проекций к модулям векторов:

$$(F_{\text{упр}})_y = F_{\text{упр}}; (F_{\text{т}})_y = -F_{\text{т}}; F_{\text{т}} = mg; F_{\text{упр}} = mg;$$

$$F_{\text{упр}} = k\Delta x; k\Delta x = mg;$$

$$m = \frac{k\Delta x}{g}; [m] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{кг};$$

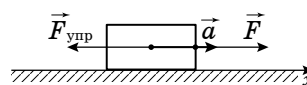
$$m = \frac{50 \cdot 0,02}{10} = 0,1 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 0,1 кг.

4. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг} \\ a &= 0,5 \text{ м/с}^2 \\ \Delta x &= 1 \text{ см} \\ k &= ? \end{aligned}$$

Решение:

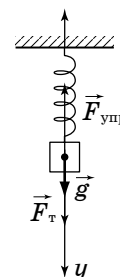


По II закону Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$.
Согласно III закону Ньютона $\vec{F} = -\vec{F}_{\text{упр}}$.

Проецируем на ось Ox : $F = F_{\text{упр}}$; $F_{\text{упр}} = k\Delta x$; $ma = k\Delta x$;

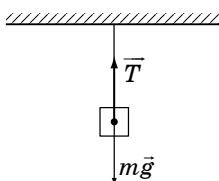
$$k = \frac{ma}{\Delta x}; [k] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}; k = \frac{2000 \cdot 0,5}{0,01} = 100 \left(\frac{\text{кН}}{\text{м}} \right).$$

Ответ: 100 кН/м.

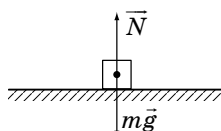


Некоторые виды сил упругости

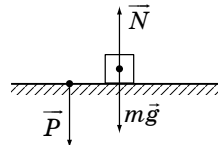
\vec{T} — сила натяжения



\vec{N} — сила реакции опоры



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



12 день

1.2.13. Сила трения

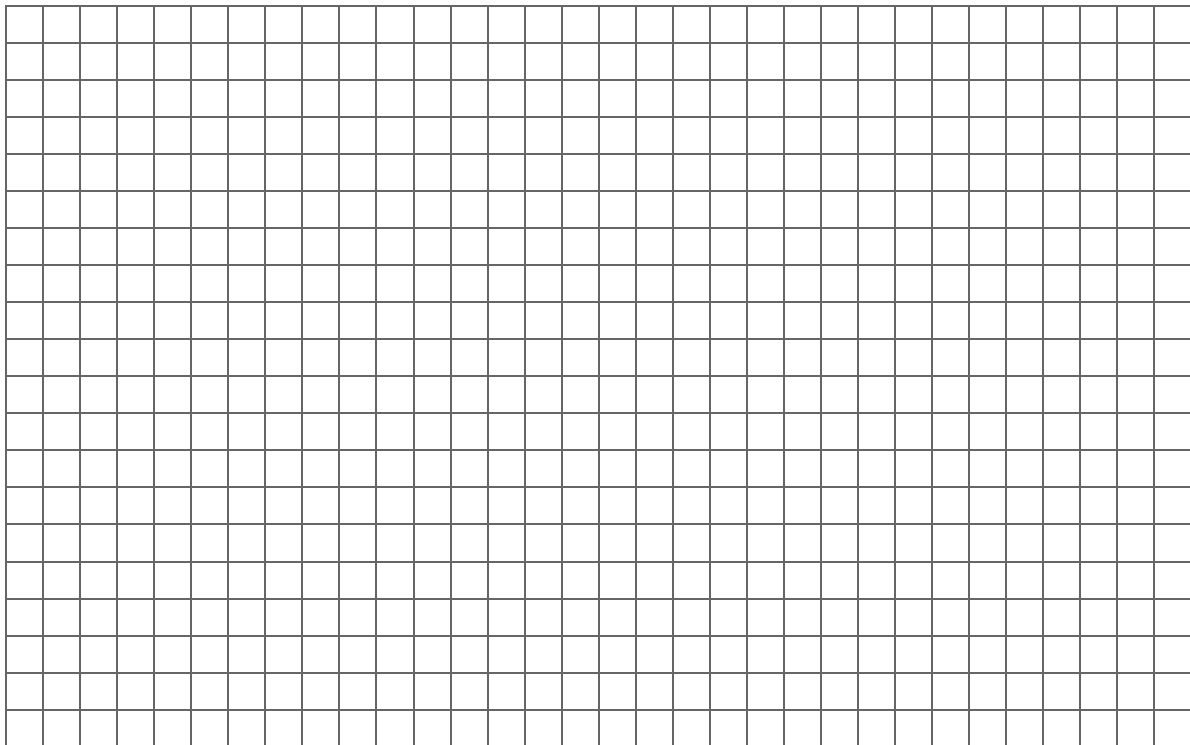
1. Когда тело скользит по наклонной плоскости, сила трения, которая действует на него, направлена
- 1) вертикально вверх
 - 2) перпендикулярно к наклонной плоскости
 - 3) в направлении движения тела
 - 4) противоположно скорости движения
2. Какова масса санок, если для равномерного движения по горизонтальной дороге к ним нужно прикладывать горизонтальную силу 40 Н? Коэффициент трения между санками и дорогой равен 0,5.
- 1) 4 кг 2) 8 кг 3) 2 кг 4) 0,8 кг
3. Брусок массой 2 кг тянут по горизонтальному столу, прикладывая горизонтальную силу 4 Н. При этом брусок движется с ускорением 2 м/с^2 . Найти коэффициент трения между бруском и столом.
4. Чему равен тормозной путь автомобиля, если скорость автомобиля равна 90 км/ч, а коэффициент трения между колесами и дорогой равен 0,5?

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

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

				3
--	--	--	--	---

				4
--	--	--	--	---

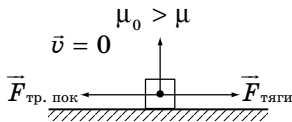


Сила трения

Между соприкасающимися телами возникают силы трения. Эти силы мешают телам:

1) начать движение относительно друг друга.

Это — **трение покоя**.

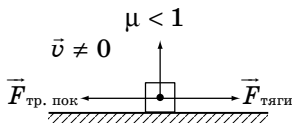


$$\vec{v} = 0, F_{\text{тр}} = \mu_0 N,$$

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

2) двигаться относительно друг друга.

Это — **трение скольжения**.

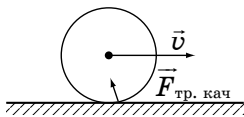


$$\vec{v} \neq 0, F_{\text{тр}} = \mu N,$$

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

3) катиться друг по другу.

Это — **трение качения**.



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

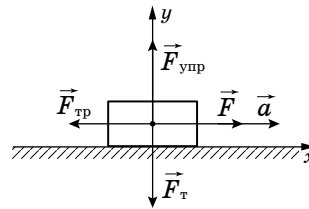
1. Ответ: 4.

2. Ответ: 2.

3. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 2 \text{ кг} \\ F &= 4 \text{ Н} \\ a &= 1,5 \text{ м/с}^2 \\ \mu &= ? \end{aligned}$$

Решение:



$$\text{По II закону Ньютона } m\vec{a} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_T + \vec{F}.$$

$$\text{Проецируем на ось } Ox: ma = F - F_{\text{тр}}.$$

$$\text{Проецируем на ось } Oy: 0 = F_{\text{упр}} - F_T;$$

$F_{\text{упр}} = F_T$. Так как $F_{\text{тр}} = \mu N$; $N = F_{\text{упр}}$ — III закон Ньютона; $F_T = mg$, то $ma = -\mu mg$. Отсюда

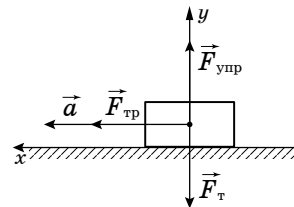
$$\mu = \frac{F - ma}{mg}; [\mu] = \frac{\text{Н} - \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1; \mu = \frac{4 - 2 \cdot 1,5}{2 \cdot 9,8} \approx 0,05.$$

Ответ: 0,05.

4. Дано:

$$\begin{aligned} v_0 &= 90 \text{ км/ч} = \\ &= 25 \text{ м/с} \\ \mu &= 0,5 \\ v &= 0 \\ s &= ? \end{aligned}$$

Решение:



$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}; \text{ т. к. } v_x = 0, \text{ то } s = \frac{v^2}{2a}.$$

$$\text{По II закону Ньютона: } m\vec{a} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_T.$$

$$\text{Проецируем на ось } Ox: ma = F_{\text{тр}}; F_{\text{тр}} = \mu N.$$

$$\text{Проецируем на ось } Oy: 0 = F_{\text{упр}} - F_T; F_{\text{упр}} = F_T;$$

$$F_T = mg; ma = \mu mg; a = \mu g.$$

$$s = \frac{v^2}{2\mu g}; [s] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{м}; s = \frac{25^2}{2 \cdot 0,5 \cdot 9,8} \approx 62,5 \text{ (м)}.$$

Ответ: 62,5.

13 день

1.2.14. Давление

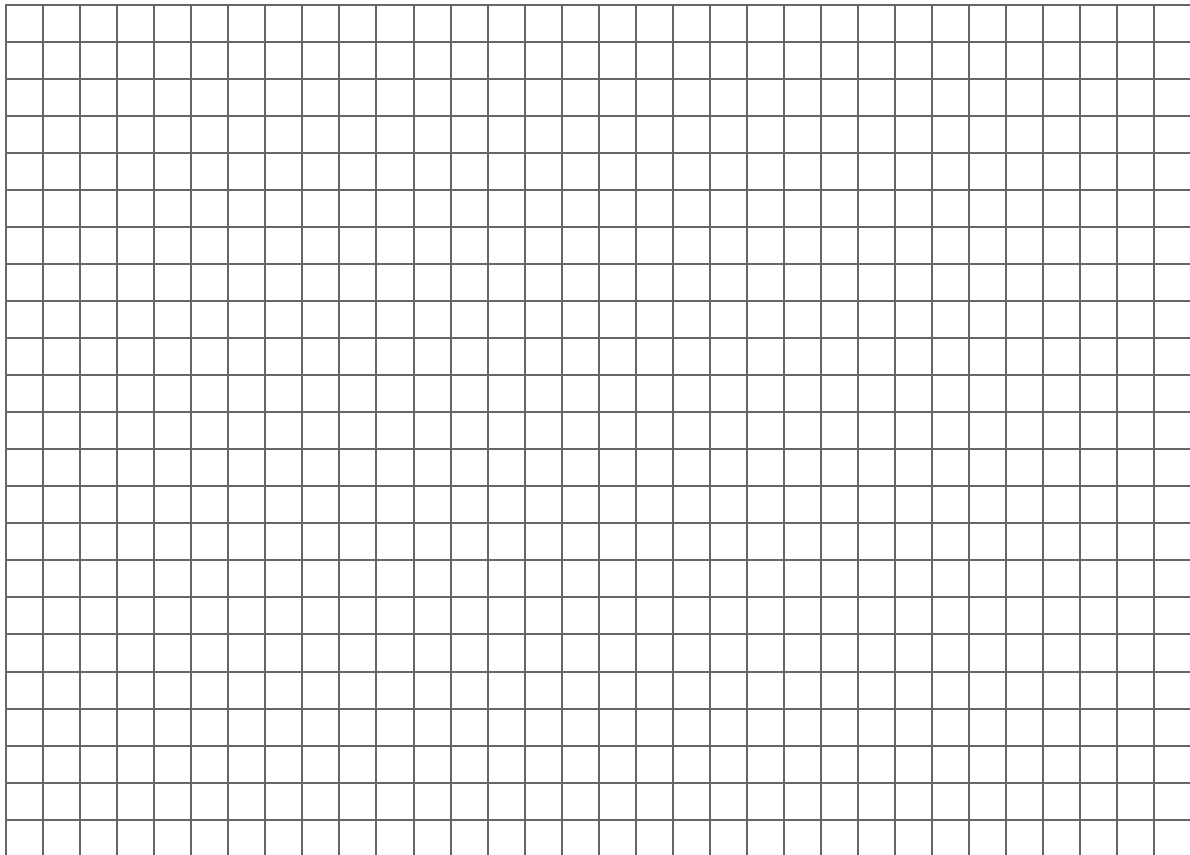
1. Рассчитать давление, оказываемое бруском на стол, если масса бруска равна 4 кг, а площадь соприкосновения равна 200 см^2 .
1) 4 кПа 2) 2 кПа 3) 400 Па 4) 200 Па
2. Какое давление оказывает лыжник массой 80 кг на снег, если длина каждой лыжи 2 м, а ширина 10 см?
1) 200 Па 2) 400 Па 3) 2 кПа 4) 4 кПа
3. На столе стоит медный куб. Чему равна длина ребра куба, если он оказывает на стол давление 8 кПа? (Плотность меди — 8900 кг/м^3).
4. На столе стоит железный куб с длиной ребра 10 см, а на нем находится гранитный цилиндр объемом 200 см^3 . Какое давление оказывает железный куб на стол, если плотность железа равна 7800 кг/м^3 , а гранита — 2600 кг/м^3 ?

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

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

				3
--	--	--	--	---

				4
--	--	--	--	---



ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 2.

2. Ответ: 4.

3. Дано:

$$\begin{aligned} p &= 8 \text{ кПа} = 8000 \text{ Па} \\ \rho &= 8900 \text{ кг/м}^3 \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\ a &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot V; V = a^3; m = \rho \cdot a^3. \\ p &= \frac{F}{S}; F = p = mg; S = a^2. \text{ Отсюда} \\ p &= \frac{mg}{a^2}; p = \frac{\rho \cdot a^3 \cdot g}{a^2} = \rho ag; \end{aligned}$$

$$a = \frac{p}{\rho g}; [a] = \frac{\text{Па}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \text{м};$$

$$a = \frac{8000}{8900 \cdot 9,8} \approx 0,09 \text{ (м)}.$$

Ответ: 0,09.

4. Дано:

$$\begin{aligned} a_1 &= 10 \text{ см} = 10^{-1} \text{ м} \\ V_2 &= 200 \text{ см}^3 = \\ &= 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \\ \rho_1 &= 7800 \text{ кг/м}^3 \\ \rho_2 &= 2600 \text{ кг/м}^3 \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\ p &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} p &= \frac{F}{S}; F = P = mg; m = m_1 + m_2; \\ m &= \rho \cdot V; m_1 = \rho_1 \cdot a_1^3; \\ m_2 &= \rho_2 \cdot V_2; S = a_1^2; \\ p &= \frac{(\rho_1 \cdot a_1^3 + \rho_2 \cdot V_2) \cdot g}{a_1^2}; \end{aligned}$$

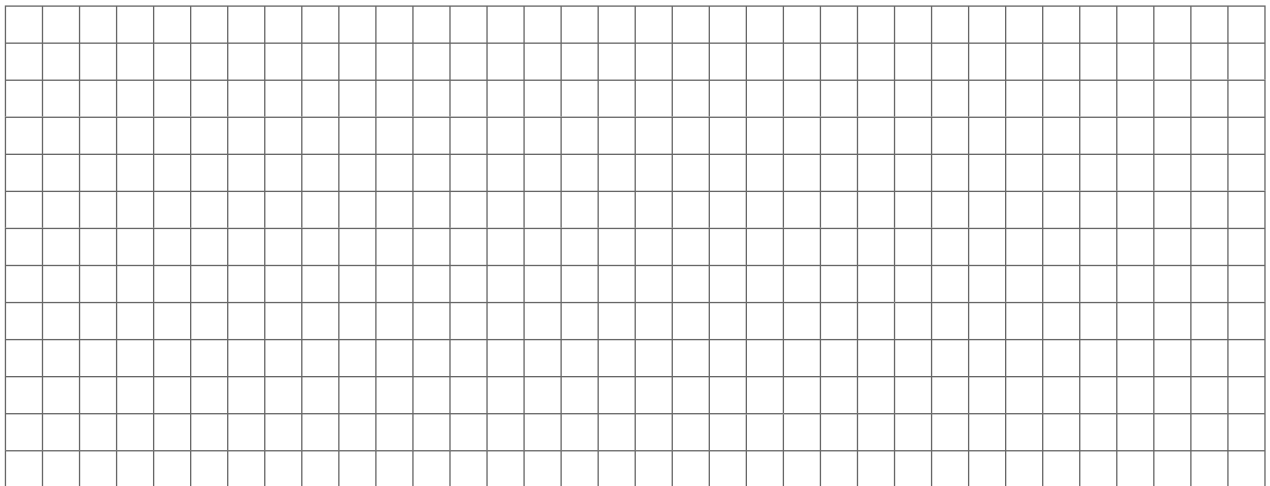
$$[p] = \frac{\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 + \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 \right) \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па};$$

$$p = \frac{(7800 \cdot 10^{-3} + 2600 \cdot 2 \cdot 10^{-4})}{10^{-2}} = 8320 \text{ (Па)} = 8,32 \text{ (кПа)}.$$

Ответ: 8,32.

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

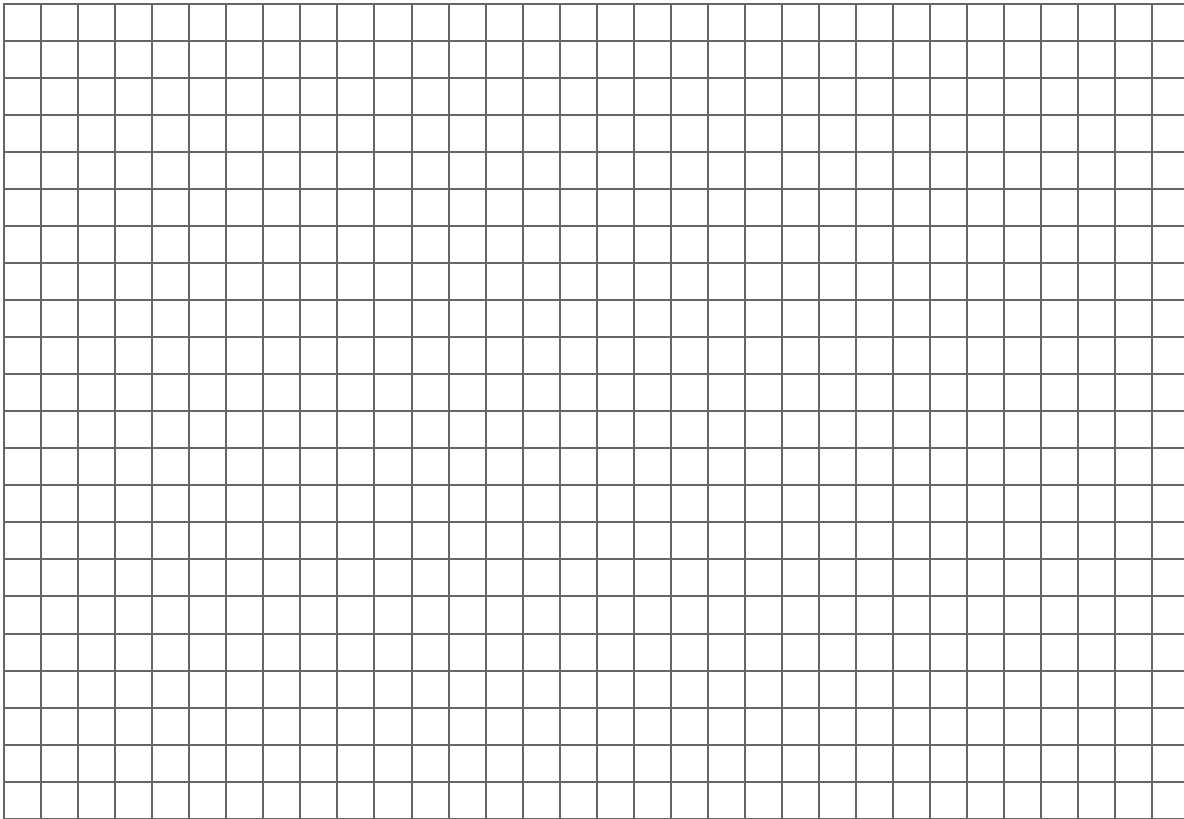
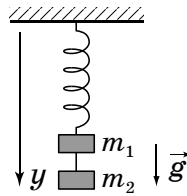
$$P = \frac{F}{S},$$

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


14 день

1.2.15. Движение под действием нескольких сил

1. Автомобиль массой 2 т начинает движение с начальной скоростью 36 км/ч вверх по наклонной плоскости, которая образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения между шинами и поверхностью равен 0,02. Найти силу тяги, если, пройдя путь длиной 20 м, скорость автомобиля выросла до 54 км/ч.
2. Через неподвижный блок перекинут невесомый шнур, на концах которого укреплены грузы с массами 100 г и 300 г. Каковы ускорения грузов, если трением и массой блока можно пренебречь?
3. К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой $m_1 = 0,4$ кг и нижний массой $m_2 = 0,1$ кг (см. рис.). Нить, соединяющую грузы, пережигают. Найти модуль ускорения, с которым начнет двигаться верхний груз?

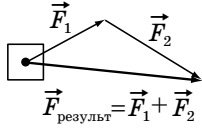


1

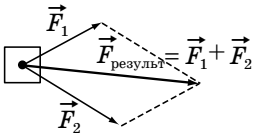
2

3

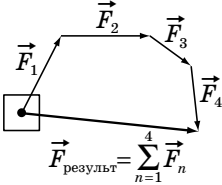
Сложение векторов
Правило
треугольника



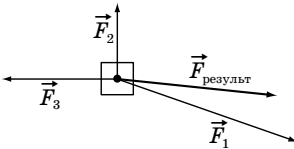
Правило
параллелограмма



Правило
многоугольника



Если на тело (материальную точку) действует несколько сил, то их действие можно заменить действием одной, **резльтирующей** силы.



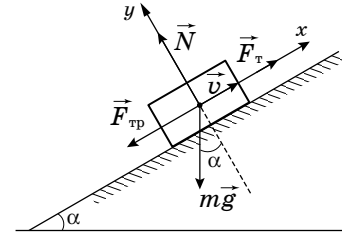
Резльтирующая сила определяется как вектор, равный сумме векторов, соответствующих исходным силам.

$$\vec{F}_{\text{результ}} = \sum_a \vec{F}_a$$

1. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг} \\ v_0 &= 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с} \\ v &= 54 \text{ км/ч} = 15 \text{ м/с} \\ \alpha &= 30^\circ \\ \mu &= 0,02 \\ s &= 20 \text{ м} \\ F_T &= ? \end{aligned}$$

Решение:



Согласно II закону Ньютона: $\vec{F} = m\vec{a}$; $\vec{F} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_T + \vec{N} + m\vec{g}$.
Проецируем на ось x : $ma = F_T - F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha$; $F_{\text{тр}} = \mu N$.
Проецируем на ось y : $0 = N - mg \cos \alpha$; $N = mg \cos \alpha$;
 $ma = F_T - \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$; $F_T = ma + \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$.
 $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$, отсюда $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$.

$$F_T = m \left(\frac{v^2 - v_0^2}{2s} + g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \right); \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}; \sin 30^\circ = \frac{1}{2};$$

$$F_T = 2000 \left(\frac{15^2 - 10^2}{2 \cdot 20} + 9,8 \left(0,02 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} \right) \right) = 16\,596 \text{ (Н)}.$$

Ответ: $\approx 16,6$.

2. Дано:

$$\begin{aligned} m_1 &= 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг} \\ m_2 &= 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг} \\ a_1 &= ? \\ a_2 &= ? \end{aligned}$$

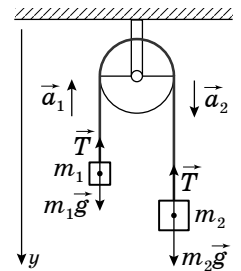
Решение:

Согласно II закону Ньютона:
 $\vec{F} = m\vec{a}$;
 $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{T}$;
 $m_1\vec{a}_1 = m_1\vec{g} + \vec{T}$;

$m_2\vec{a}_2 = m_2\vec{g} + \vec{T}$; $\vec{a}_1 = -\vec{a}_2$. Проецируем

векторы на ось Oy :

$$\begin{cases} m_1 a_{1y} = m_1 g - T; \\ m_2 a_{2y} = m_2 g - T; \\ a_{1y} = -a_{2y}. \end{cases}$$



Подставим $a_{1y} = -a_{2y}$ во второе уравнение, а затем вычтем почленно второе уравнение из первого.

$$a_{1y}(m_1 + m_2) = g(m_1 - m_2); \quad a_{1y} = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}.$$

Так как $a_{2y} = -a_{1y}$, $a_{2y} = g \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$. $[a] = \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$;

$$a_{1y} = 9,8 \frac{(0,1 - 0,3)}{0,1 + 0,3} = \frac{-9,8 \cdot 0,2}{0,4} = -5 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right);$$

$$a_{2y} = 9,8 \frac{(0,3 - 0,1)}{0,1 + 0,3} = 5 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right); \quad a_1 = a_2 = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

Ответ: $a_1 = a_2 = 5 \text{ м/с}^2$.

3. Ответ: $2,5 \text{ м/с}^2$.

15 день

1.3. Статика

1.3.1. Момент силы

1.3.2. Условия равновесия твердого тела

1. К горизонтальному стержню подвешен груз массой 2 кг. Найти силу давления стержня на опору в т. А, если сила давления на опору в т. В равна 4 Н. (Массой стержня пренебречь.)

- 1) 6 Н 2) 4 Н 3) 8 Н 4) 16 Н

1 2 3 4 1

2. К одному плечу рычага длиной 30 см приложена сила $F_1 = 3$ Н. Какую силу нужно приложить к плечу длиной 10 см, чтобы рычаг находился в положении равновесия?

- 1) 3 Н 2) 6 Н 3) 9 Н 4) 12 Н

1 2 3 4 2

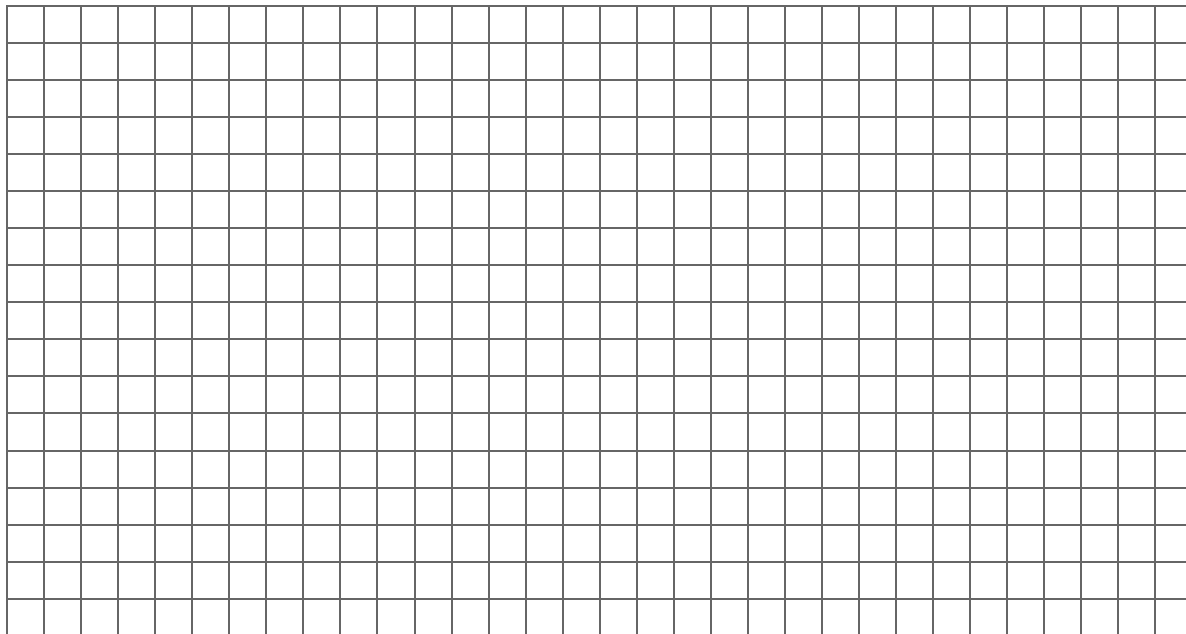
3. К стержню длиной 60 см и массой 10 кг подвешены два груза: к левому концу массой 5 кг, а к правому — массой 15 кг. На каком расстоянии надо разместить опору, чтобы стержень находился в равновесии?

3

4. Цилиндрический стержень, уравновешенный на опоре, состоит из двух частей. Левая часть из алюминия, а правая — из стали. Найти длину левой части стержня, если длина правой части стержня равна 30 см.

- 1) 0,18 м 2) 0,36 м 3) 0,24 м 4) 0,22 м

1 2 3 4 4



ОТВЕТЫ:

Момент силы

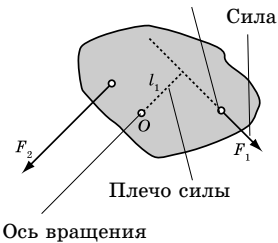
Величина, характеризующая действие силы на тело, которое может поворачиваться вокруг заданной оси.

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



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

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

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:

$$\sum_n M_n = 0.$$

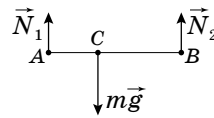
1. Дано:

$$N_1 = 4 \text{ Н}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$N_2 = ?$$

Решение:



Поскольку стержень находится в равновесии:

$$m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = 0.$$

Отсюда $N_1 + N_2 = mg$; $N_2 = mg - N_1$.

$$[N_2] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} - \text{Н} = \text{Н};$$

$$N_2 = 2 \cdot 9,8 - 4 = 16 \text{ (Н)}.$$

Ответ: 4.

2. Ответ: 3.

3. Дано:

$$l = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

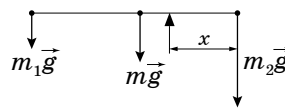
$$m = 10 \text{ кг}$$

$$m_1 = 5 \text{ кг}$$

$$m_2 = 15 \text{ кг}$$

$$x = ?$$

Решение:



Согласно правилу моментов (условию равновесия тела):

$$M_1 + M_2 + M_3 = 0.$$

Момент и сила — векторные величины.

$$M = F \cdot l; F = mg; m_1g(l - x) + mg\left(\frac{l}{2} - x\right) = m_2gx;$$

$$m_1l - m_1x + \frac{ml}{2} - mx - m_2x = 0; m_1l + \frac{ml}{2} = m_1x + mx + m_2x;$$

$$x = \frac{l\left(m_1 + \frac{m}{2}\right)}{m_1 + m_2 + m}; [x] = \frac{\text{м} \cdot (\text{кг} + \text{кг})}{\text{кг}} = \text{м};$$

$$x = \frac{0,6\left(5 + \frac{10}{2}\right)}{5 + 15 + 10} = 0,2 \text{ (м)}.$$

Ответ: 0,2 м.

4. Дано:

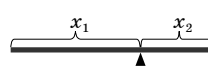
$$x_2 = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$\rho_1 = 2700 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = 7800 \text{ кг/м}^3$$

$$x_1 = ?$$

Решение:



Второе условие равновесия:

$$M_1 + M_2 = 0; m_1gx_1 = m_2gx_2;$$

$$m = \rho \cdot V; V = S \cdot x;$$

$$\rho_1 \cdot S \cdot x_1^2 = \rho_2 \cdot S \cdot x_2^2; x_1 = \sqrt{\frac{\rho_2 \cdot x_2^2}{\rho_1}}; [x_1] = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 \cdot \text{кг}}} \cdot \text{м}^2 = \text{м};$$

$$x_1 = \sqrt{\frac{2700 \cdot 0,3^2}{7800}} \approx 0,18 \text{ (м)}.$$

Ответ: 1.

16 день

1.3.3. Давление жидкости

1.3.4. Закон Паскаля

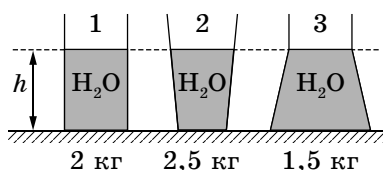
1. Найти давление бензина на дно цистерны, если его уровень равен 60 см (плотность бензина — 710 кг/м^3). Атмосферным давлением пренебречь.
1) 42,6 кПа 2) 426 кПа 3) 4,26 кПа 4) 4,26 Па

1 2 3 4 1

2. Определить силу давления воды на пробку площадью 30 см^2 на дне цистерны, если высота столба воды равна 10 м. Атмосферным давлением пренебречь.
1) 300 Н 2) 3 кН 3) 400 Н 4) 5 кН

1 2 3 4 2

3. В трех сосудах находится вода. В каком сосуде давление воды на дно максимально?
1) 1
2) 2
3) 3
4) одинаково во всех трех сосудах



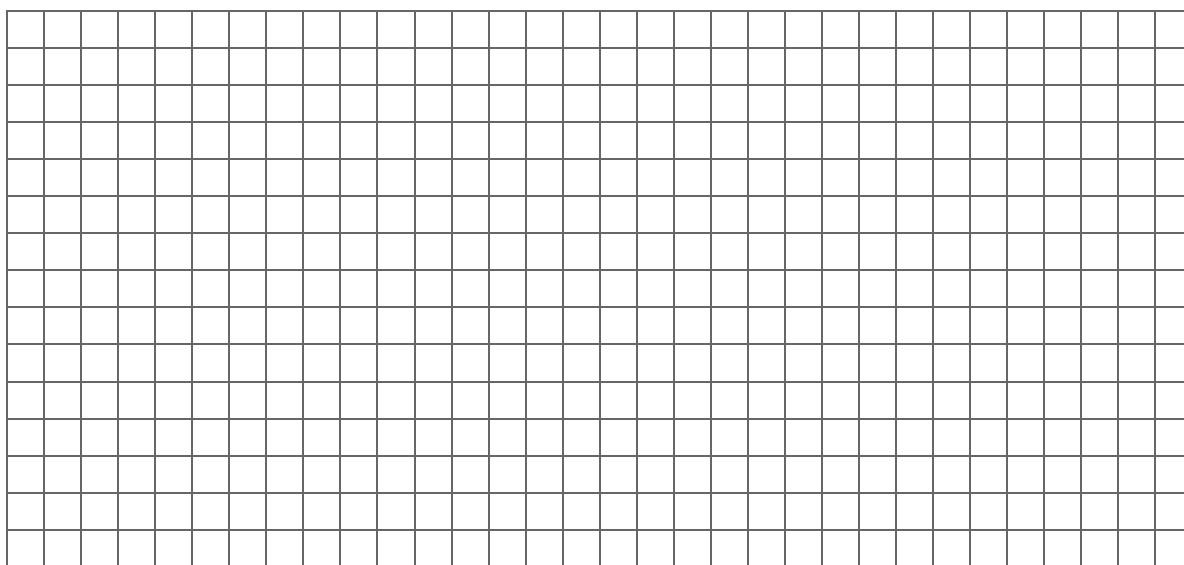
1 2 3 4 3

4. На дно аквариума длиной 50 см и шириной 40 см опустили стальной шарик массой 780 г. На сколько увеличилось давление воды на дно, если шарик опустился в воду полностью, а вода из аквариума не вылилась?

4

5. На какой глубине давление в озере равно 600 кПа?

5



Ответы:

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. Дано:

$$\rho = 710 \text{ кг/м}^3$$

$$h = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$p - ?$$

Решение:

$$p = \rho gh; [\rho] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м} = \text{Па};$$

$$p = 9,8 \cdot 710 \cdot 0,6 = 4260 \text{ (Па)} = 4,26 \text{ (кПа)}.$$

Ответ: $p = 4,26 \text{ кПа}.$

Ответ: 3.

2. Ответ: 1.

3. Давление жидкости на дно сосуда зависит только от плотности и высоты столба жидкости.

Ответ: 4.

4. Дано:

$$a = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$b = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$$

$$m_{\text{ш}} = 780 \text{ г} = 0,78 \text{ кг}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{ш}} = 7800 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 9,7 \text{ м/с}^2$$

$$\Delta p - ?$$

Решение:

$$\Delta p = p_2 - p_1; p_1 = \frac{F_1}{S}; F_1 = m_1 g;$$

$$m_1 = \rho_{\text{в}} \cdot V_1; p_1 = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_1 \cdot g}{S};$$

$$p_2 = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot V_2 \cdot g}{S}; V_2 = V_1 + V_{\text{ш}};$$

V_1 — объем воды,

$V_{\text{ш}}$ — объем шарика;

$$V_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}}}; p_2 - p_1 = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot g}{S} \left(V_1 + \frac{m_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}}} \right) - \frac{\rho_{\text{в}} \cdot g}{S} \cdot V_1;$$

$$\Delta p = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot g \cdot m_{\text{ш}}}{S \cdot \rho_{\text{ш}}}; [\Delta p] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па};$$

$$\Delta p = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 0,78}{0,5 \cdot 0,4 \cdot 7800} = 5 \text{ (Па)}.$$

Ответ: 5.

5. Дано:

$$p = 600 \text{ кПа}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$h - ?$$

Решение:

$$p = 600 \text{ кПа} = 600 \text{ 000 Па}$$

$$p = p_{\text{атм}} + p_{\text{гидр}}, p_{\text{гидр}} \text{ — гидростатическое давление; } p_{\text{гидр}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot h.$$

Атмосферное давление в местностях, лежащих на уровне моря, в среднем равно 760 мм рт. ст.

$$760 \text{ мм рт. ст.} = 101,3 \text{ кПа} \approx 100 \text{ кПа}$$

$$p = p_{\text{атм}} + \rho_{\text{в}} \cdot gh; h = \frac{p - p_{\text{атм}}}{\rho \cdot g};$$

$$[h] = \frac{\text{Па} - \text{Па}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{Н}} = \text{м}; h = \frac{(600 - 100) \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,8} = 50 \text{ (м)}.$$

Ответ: 50 м.

17 день

1.3.5. Закон Архимеда

1.3.6. Условия плавания тел

1. Сила Архимеда зависит от
- 1) плотности тела, погружаемого в жидкость
 - 2) плотности жидкости, в которую погружено тело, и от объема тела
 - 3) плотности тела, погружаемого в жидкость, и от объема жидкости
 - 4) объема и плотности тела, погружаемого в жидкость
2. Определить выталкивающую силу, действующую на тело объемом 2 м^3 в воде.
- 1) 200 Н 2) 2 кН 3) 20 кН 4) 200 кН
3. На шарик весом 26 Н, полностью погруженный в воду, действует выталкивающая сила 10 Н. Найти плотность шарика.
- 1) 1000 кг/м^3 3) 7800 кг/м^3
2) 7000 кг/м^3 4) 2600 кг/м^3
4. Алюминиевый кубик массой 2,7 кг наполовину погружен в воду. Найти силу Архимеда.
- 1) 5 Н 2) 1 Н 3) 2 Н 4) 4 Н
5. Какая часть объема льда, который плавает в воде, находится над водой?
- 1) 0,2 2) 0,1 3) 0,25 4) 0,15

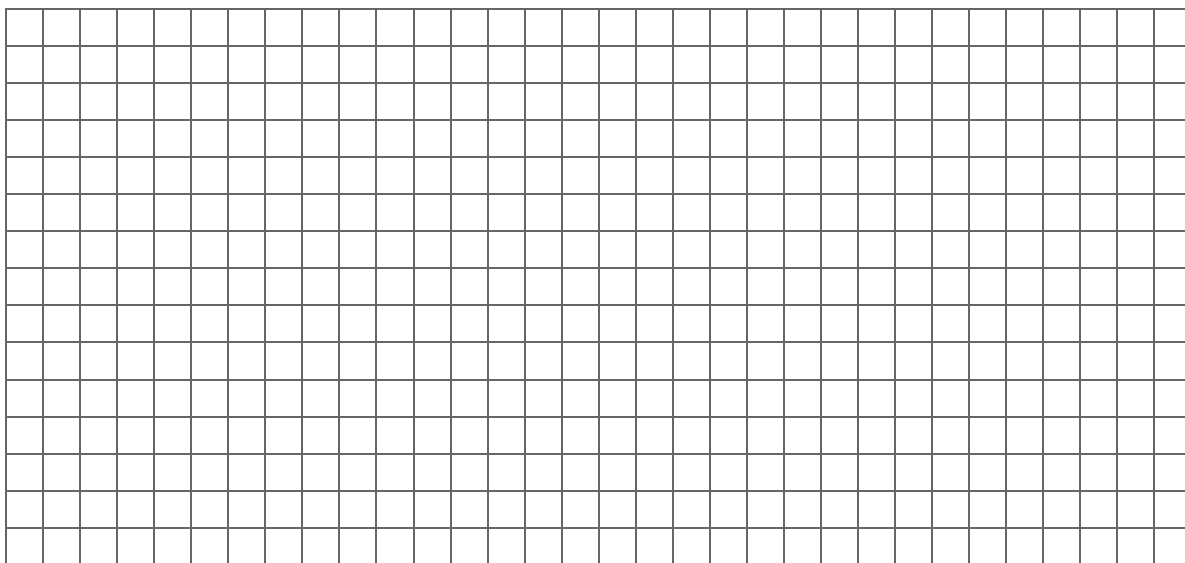
1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5



ОТВЕТЫ:

Закон Архимеда

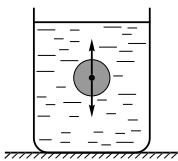
На тело, погруженное в жидкость (газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (газа), вытесненной телом:

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

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

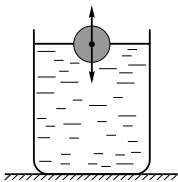
Тело полностью находится под водой. Объем погруженной части тела равен объему тела:

$$\vec{F}_A = \rho g V_{\text{т}}.$$



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

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



1. Ответ: 2.

2. Ответ: 3.

3. Дано:

$$\begin{aligned} P_{\text{ш}} &= 26 \text{ Н} \\ \rho_{\text{в}} &= 1000 \text{ кг/м}^3 \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\ F_A &= 10 \text{ Н} \\ \rho_{\text{ш}} &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\rho_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{ш}}}{V_{\text{ш}}}; \quad P_{\text{ш}} = m_{\text{ш}} \cdot g \Rightarrow m_{\text{ш}} = \frac{P_{\text{ш}}}{g};$$

$$P_A = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V_{\text{ш}} \Rightarrow V_{\text{ш}} = \frac{F_A}{\rho_{\text{в}} \cdot g}.$$

$$\text{Отсюда } \rho = \frac{P_{\text{ш}} \cdot \rho_{\text{в}}}{F_A}; \quad [\rho] = \frac{\text{Н} \cdot \text{кг}}{\text{Н} \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho = \frac{26 \cdot 1000}{10} = 2600 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right).$$

$$\text{Ответ: } \rho = 2600 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: 4.

4. Дано:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{в}} &= 1000 \text{ кг/м}^3 \\ \rho_{\text{а}} &= 2700 \text{ кг/м}^3 \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\ m &= 2,7 \text{ кг} \\ F_A &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$F_A = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V_{\text{т}};$$

$$V_{\text{т}} = \frac{1}{2} V_{\text{к}} \text{ — по условию; } V_{\text{к}} = \frac{m}{\rho_{\text{а}}};$$

$$F_A = \frac{\rho_{\text{в}} \cdot g \cdot m}{\rho_{\text{а}} \cdot 2}; \quad [F_A] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \text{Н};$$

$$F_A = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 2,7}{2700 \cdot 2} = 5 \text{ (Н)}.$$

$$\text{Ответ: } F_A = 5 \text{ Н}.$$

Ответ: 1.

5. Дано:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{л}} &= 900 \text{ кг/м}^3 \\ \rho_{\text{в}} &= 1000 \text{ кг/м}^3 \\ \frac{V_1}{V} &= ? \end{aligned}$$

Решение:

V_1 — объем льда над водой; V_2 — объем погруженной части льда (объем вытесненной воды).

$$F_A = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V_2.$$

Условие плавания тел: $F_{\text{т}} = F_A$.

$$F_{\text{т}} = mg = \rho_{\text{л}} \cdot V \cdot g; \quad \rho_{\text{л}} \cdot V \cdot g = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot V_2; \quad \frac{V_2}{V} = \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}};$$

$$\frac{V_1}{V} = 1 - \frac{V_2}{V}; \quad \frac{V_1}{V} = 1 - \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}}; \quad \left[\frac{V_1}{V} \right] = 1; \quad \frac{V_1}{V} = 1 - \frac{900}{1000} = 0,1.$$

Ответ: 2.

18 день

1.4. Законы сохранения в механике

1.4.1. Импульс тела

1.4.2. Импульс системы тел

1.4.3. Закон сохранения импульса

1. Тело массой 2 кг движется со скоростью 72 км/ч. Найти импульс тела.

1) 20 (кг · м)/с

3) 2 (кг · м)/с

2) 40 (кг · м)/с

4) 4 (кг · м)/с

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

2. Тело массой 10 кг, тронувшись с места за 5 с, приобрело скорость 36 км/ч. Найти модуль силы, которая разогнала тело.

1) 5 Н

2) 10 Н

3) 20 Н

4) 36 Н

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

3. Летевший горизонтально снаряд массой 10 кг попадает в платформу с песком массой 5 т и застревает в песке. С какой скоростью начнет двигаться платформа, если скорость снаряда 50 м/с?

				3
--	--	--	--	---

4. Мяч массой 500 г пролетел 2 м с ускорением 1 м/с². Найти изменение импульса тела.

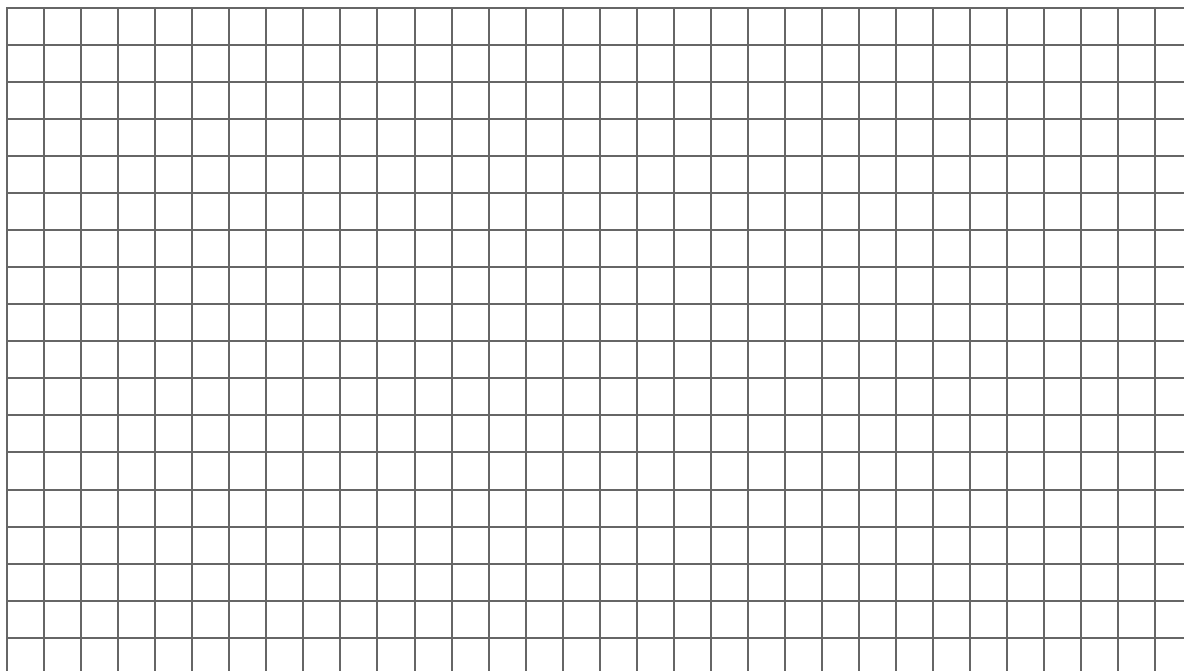
1) 1 (кг · м)/с

3) 2 (кг · м)/с

2) 1,5 (кг · м)/с

4) 2,5 (кг · м)/с

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



ОТВЕТЫ:

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. Ответ: 2.

2. Ответ: 3.

3. Дано:

$$m_1 = 10 \text{ кг}$$

$$m_2 = 5 \text{ т}$$

$$v_1 = 50 \text{ м/с}$$

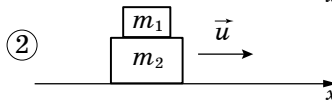
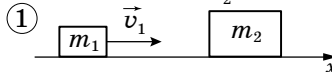
$$v_2 = 0$$

$$u = ?$$

Решение:

$$m_2 = 5 \text{ т} = 5000 \text{ кг}$$

$$\vec{v}_2 = 0$$



Закон сохранения импульса: $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_{1н} + \vec{p}_{2н}$.

Так как после столкновения снаряд и платформа будут двигаться как одно тело массой $m_1 + m_2$ со скоростью \vec{u} ,

то закон сохранения импульса: $(m_1 + m_2)\vec{u} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$.

Проецируем на ось x : $(m_1 + m_2)u = m_1v_1 + m_2v_2$; $v_2 = 0$;

$$u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}; [u] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}; u = \frac{10 \cdot 50}{(10 + 5000)} \approx 0,1 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 0,1 м/с.

4. Дано:

$$m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$h = 2 \text{ м}$$

$$a = 1 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = 0$$

$$\Delta p = ?$$

Решение:

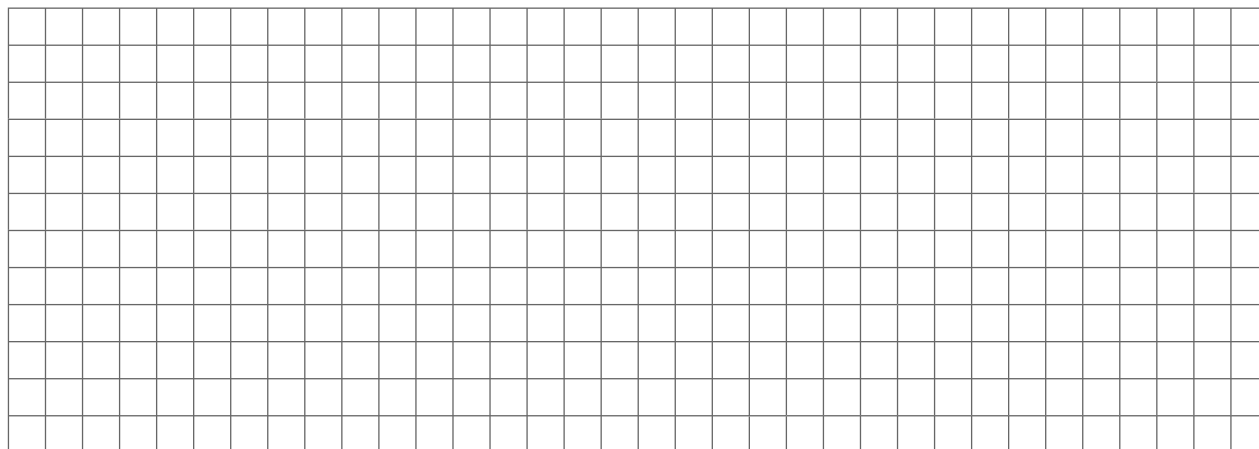
$$\Delta p = m\Delta v; \Delta v = v - v_0; v_0 = 0; \Delta v = v.$$

$$h = \frac{v^2}{2a} \Rightarrow v = \sqrt{2ah}; \Delta p = m \cdot \sqrt{2ah};$$

$$[\Delta p] = \text{кг} \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}};$$

$$\Delta p = 0,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 1} = 1 \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 1.



19 день

1.4.4. Работа силы

1. Найти работу, которую совершает человек, поднимая груз массой 20 кг над высоту 2 м.
1) 200 Дж 2) 2 кДж 3) 4 кДж 4) 400 Дж
2. Какую работу нужно произвести для того, чтобы сжать пружину на 5 см, если для сжатия ее на 2 см необходима сила 50 Н?
1) 3,154 Дж 3) 3,254 Дж
2) 3,125 Дж 4) 3,225 Дж
3. Человек передвигает груз, прикладывая силу 300 Н. Какую работу совершает человек, переместив груз на 10 м?
1) 2,5 кН 2) 2 кН 3) 1,5 кН 4) 3 кН
4. Чтобы поднять из канавы камень объемом $0,6 \text{ м}^3$, совершили работу 45 кДж. На какой глубине находится камень, если плотность камня равна 2500 кг/м^3 ?
1) 5 м 2) 3 м 3) 6 м 4) 2 м
5. Какую работу совершила сила 10 Н, подняв по наклонной плоскости груз массой 5 кг на высоту 2,5 м с ускорением 1 м/с^2 ? Сила действует параллельно наклонной плоскости. Трением пренебречь.

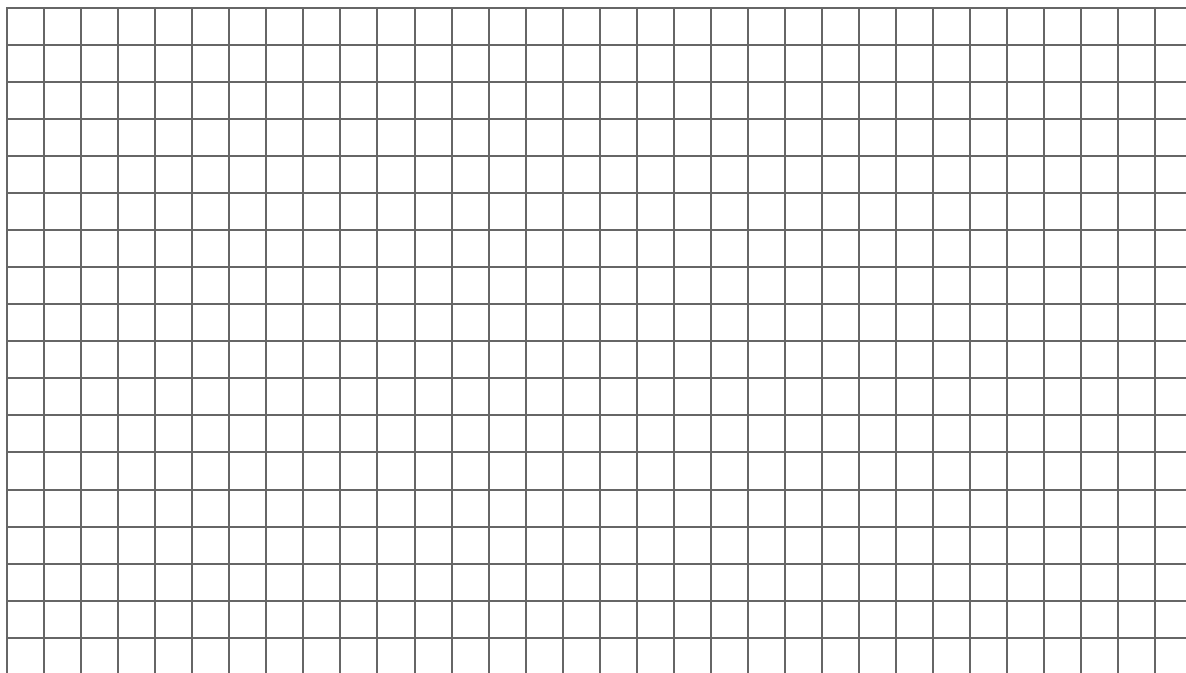
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

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

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

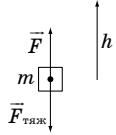
1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

				5
--	--	--	--	---



ОТВЕТЫ:

Работа против действия силы тяжести

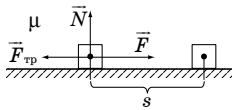


$$|\vec{F}| = |\vec{F}_{\text{тяж}}| = mg$$

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



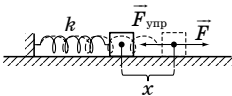
Если мы сдвинули на расстояние S тело, прикладывая к нему силу, равную по величине действующей на тело силе трения:

$$F = F_{\text{тр}} = \mu N,$$

то мы совершили работу, равную

$$A = FS = F_{\text{тр}}S = \mu NS.$$

Работа против действия силы упругости



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

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

1. Ответ: 4.

2. Дано:

$$x_1 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$x_2 = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$F = 50 \text{ Н}$$

$$A = ?$$

Решение:

$$A = \frac{kx_1^2}{2}; F = kx_2; k = \frac{F}{x_2}; A = \frac{F \cdot x_1^2}{2x_2};$$

$$[A] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{м}} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж};$$

$$A = \frac{50 \cdot 0,05^2}{2 \cdot 0,02} = 3,125 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 2.

3. Ответ: 4.

4. Ответ: 2.

5. Дано:

$$F = 10 \text{ Н}$$

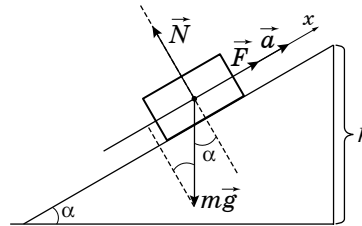
$$m = 5 \text{ кг}$$

$$h = 2,5 \text{ м}$$

$$a = 1 \text{ м/с}^2$$

$$A = ?$$

Решение:



Так как сила действует параллельно перемещению, то

$$A = F \cdot s. s = \frac{h}{\sin \alpha}.$$

Согласно II закону Ньютона: $m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N}$.

Проецируем на ось x : $ma = F - mg \sin \alpha$; $\sin \alpha = \frac{F - ma}{mg}$;

$$A = \frac{F \cdot h \cdot mg}{(F - ma)}; [A] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\left(\text{Н} - \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}\right)} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж};$$

$$A = \frac{10 \cdot 2,5 \cdot 5 \cdot 9,8}{(10 - 5 \cdot 1)} = 250 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 250.

20 день

1.4.5. Мощность

1. Человек, поднимая ведро воды массой 20 кг за 5 с, развил мощность 80 Вт. На какую высоту человек поднял ведро?

- 1) 2 м 2) 4 м 3) 5 м 4) 8 м

1 2 3 4 1

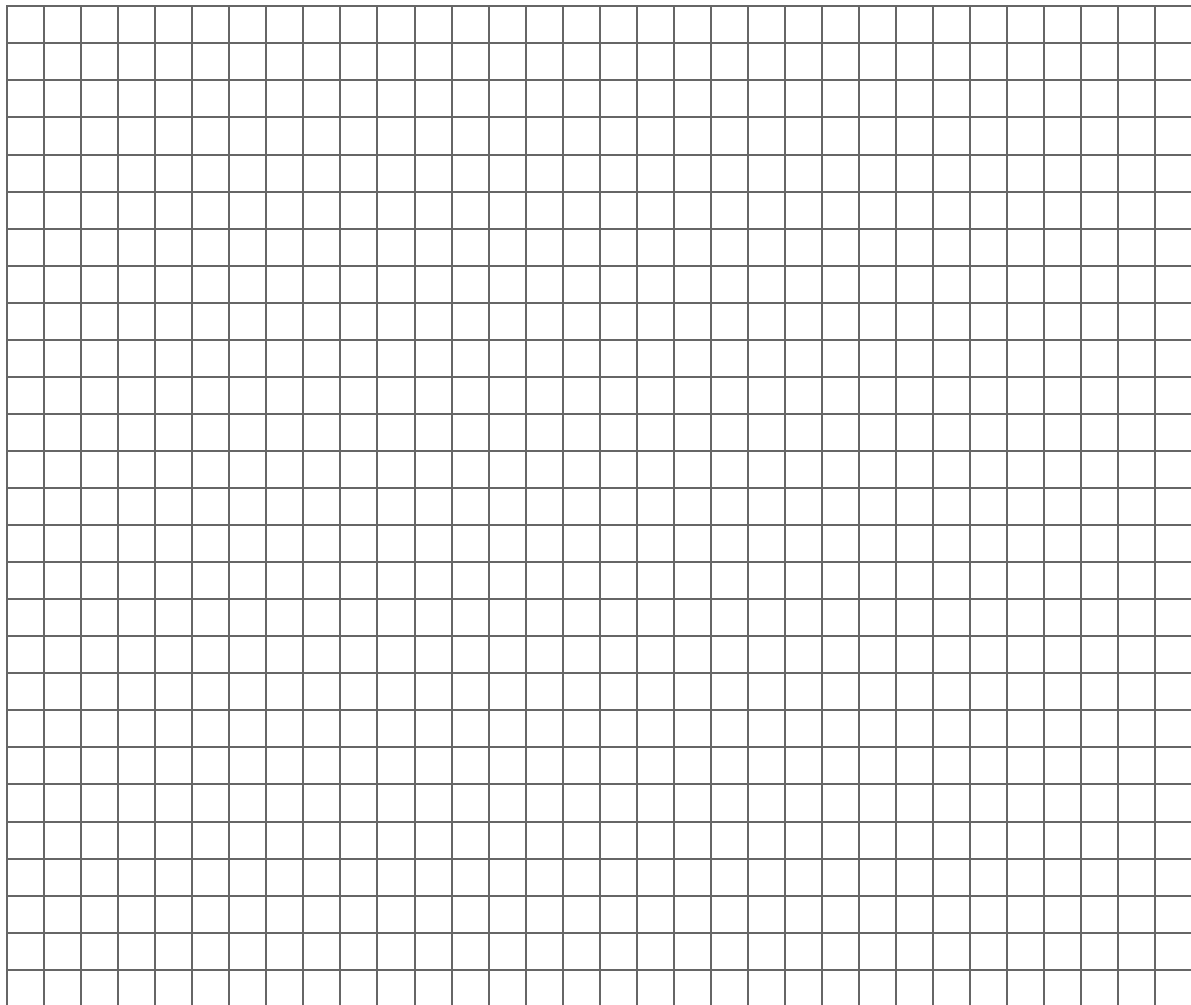
2. Тело движется со скоростью 36 км/ч. Найти силу сопротивления движению, если тело развило мощность 40 кВт.

- 1) 200 Н 2) 400 Н 3) 2 кН 4) 4 кН

1 2 3 4 2

3. Автомобиль движется по наклонной плоскости равномерно со скоростью 2 м/с. Угол наклона плоскости равен 30° . Найти массу автомобиля, если мощность двигателя 84 кВт, а коэффициент трения — 0,4.

3



ОТВЕТЫ:

Мощность — величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, за который она совершена:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Единица измерения — Ватт:

$$[N] = \frac{\text{Дж}}{\text{А}} = \text{Вт}.$$

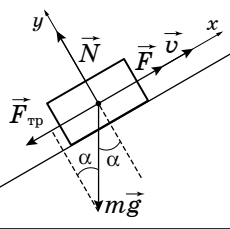
1. Ответ: 1.

2. Ответ: 4.

3. Дано:

$$\begin{aligned} v &= 2 \text{ м/с} \\ P &= 84 \text{ кВт} \\ \mu &= 0,4 \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\ \alpha &= 30^\circ \\ m &= ? \end{aligned}$$

Решение:



$$P = 84 \text{ кВт} = 84\,000 \text{ Вт}$$

$$\text{Согласно II закону Ньютона: } m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{трп}}. \\ a = 0$$

$$\text{Проецируем на ось } x: 0 = F - mg \sin \alpha - F_{\text{трп}}; F_{\text{трп}} = \mu N.$$

$$\text{Проецируем на ось } y: 0 = N - mg \cos \alpha; N = mg \cos \alpha;$$

$$F = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha; F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha);$$

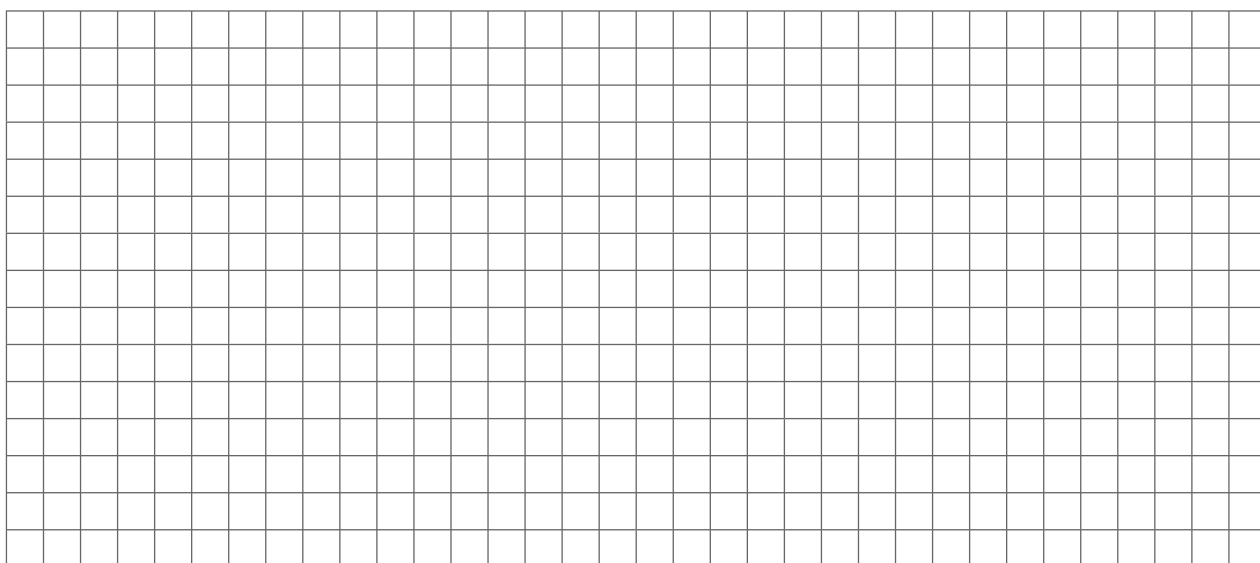
$$m = \frac{F}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}; F = \frac{A}{s} = \frac{Pt}{s} = \frac{P}{v}; F = \frac{P}{v};$$

$$m = \frac{P}{vg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)};$$

$$[m] = \frac{\text{Вт}}{\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}^3}{\text{с} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{кг};$$

$$m = \frac{84000}{2 \cdot 9,8 \left(\frac{1}{2} + 0,4 \frac{\sqrt{3}}{2} \right)} = 5000 \text{ (кг)} = 5 \text{ (т)}.$$

Ответ: 5 т.



21 день

1.4.6. Работа как мера изменения энергии

1.4.7. Кинетическая энергия

1. Найти кинетическую энергию тела массой 2 кг, движущегося со скоростью 5 м/с.

- 1) 4 Дж 2) 10 Дж 3) 25 Дж 4) 50 Дж

1 2 3 4 1

2. Во сколько раз увеличится кинетическая энергия тела, если его скорость увеличилась от 2 м/с до 4 м/с?

- 1) в 2 раза 3) в 6 раз
2) в 4 раза 4) не изменится

1 2 3 4 2

3. Мяч брошен вверх со скоростью 2 м/с, в верхней точке его кинетическая энергия равна 0, т. к. в верхней точке — точка остановки — скорость равна 0. Вся кинетическая энергия переходит в потенциальную 4 Дж. Найти массу мяча.

- 1) 2 кг 2) 4 кг 3) 6 кг 4) 8 кг

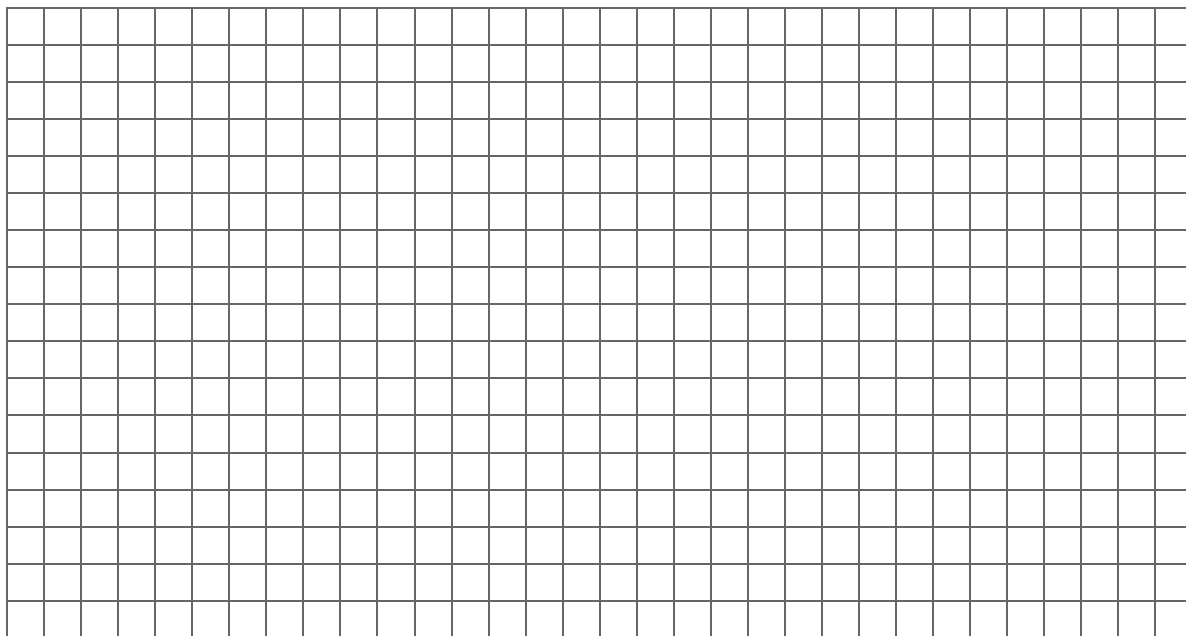
1 2 3 4 3

4. Тело массой 10 кг упало с определенной высоты. Найти кинетическую энергию тела на половине пути падения, если оно падало 4 с.

4

5. На сколько увеличится кинетическая энергия падающего тела за 3 с падения, если его масса равна 2 кг, а начальная скорость — 36 км/ч?

5



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. Ответ: 3.

2. Ответ: 2.

3. Ответ: 1.

4. Дано:

$$\begin{array}{l} m = 10 \text{ кг} \\ t = 4 \text{ с} \\ E_{\text{к}} = ? \end{array}$$

Решение:

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2};$$

$v = v_0 + gt_0$ — свободное падение;

$$v_0 = 0; v = gt_0, t_0 \text{ — время на высоте } \frac{H}{2};$$

$$H = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; v_0 = 0; H = \frac{gt^2}{2}.$$

Половину высоты тело проходит за время:

$$\frac{H}{2} = \frac{gt_0^2}{2} \Rightarrow t_0 = \sqrt{\frac{H}{g}}; t_0 = \sqrt{\frac{gt^2}{2g}}; t_0 = t\sqrt{\frac{1}{2}};$$

$$v = gt\sqrt{\frac{1}{2}}; v^2 = \frac{g^2 t^2}{2}; E_{\text{к}} = \frac{mg^2 \cdot t^2 \cdot \frac{1}{2}}{2} = \frac{mg^2 t^2}{4};$$

$$E_{\text{к}} = \frac{10 \cdot 9,8^2 \cdot 4^2}{4} = 4000 \text{ (кДж)}.$$

Ответ: 400.

5. Дано:

$$\begin{array}{l} t = 3 \text{ с} \\ m = 2 \text{ кг} \\ v_0 = 36 \text{ км/ч} = \\ = 10 \text{ м/с} \\ \Delta E_{\text{к}} = ? \end{array}$$

Решение:

$$\Delta E_{\text{к}} = E_{\text{к}_2} - E_{\text{к}_1}; E_{\text{к}_1} = \frac{mv^2}{2}; E_{\text{к}_1} = \frac{mv_0^2}{2};$$

$$v = v_0 + gt; \Delta E_{\text{к}} = \frac{m}{2}(v_0 + v_0^2);$$

$$\Delta E_{\text{к}} = \frac{m}{2}((v_0 + gt)^2 - v_0^2).$$

$$\text{Отсюда } \Delta E_{\text{к}} = \frac{mgt}{2}(2v_0 + gt).$$

$$[\Delta E_{\text{к}}] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с} \right) = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{с}} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж};$$

$$\Delta E_{\text{к}} = \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 3}{2} (2 \cdot 10 + 9,8 \cdot 3) = 1500 \text{ (Дж)} = 1,5 \text{ (кДж)}.$$

Ответ: 1,5.

22 день

1.4.8. Потенциальная энергия

1. Тело подняли на высоту 3 м. Найти массу тела, если потенциальная энергия его равна 6 кДж.
1) 2 кг 2) 20 кг 3) 200 кг 4) 2000 кг
2. Найти потенциальную энергию тела массой 200 г, поднятого на высоту 50 см.
1) 1 кДж 2) 1 Дж 3) 20 Дж 4) 2 кДж
3. Во сколько раз увеличилась потенциальная энергия пружины, если ее удлинение увеличилось в 4 раза? $E \sim x^2$
1) в 2 раза 2) в 4 раза 3) в 8 раз 4) в 16 раз
4. Пружина растянута на 5 см. Какую работу необходимо совершить, чтобы растянуть пружину еще на 15 см? Жесткость пружины равна 100 Н/м.
1) 1 Дж 2) 2 Дж 3) 0,5 Дж 4) 0,75 Дж
5. Найти потенциальную энергию тела массой 5 кг, которое свободно падает с высоты 10 м, на расстоянии 3 м от поверхности Земли.
1) 350 Дж 2) 500 Дж 3) 150 Дж 4) 650 Дж
6. Яблоко падает с яблони на землю. Как изменяются в процессе падения скорость яблока, его ускорение и его потенциальная энергия относительно земли?
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличились
2) уменьшились
3) не изменились

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

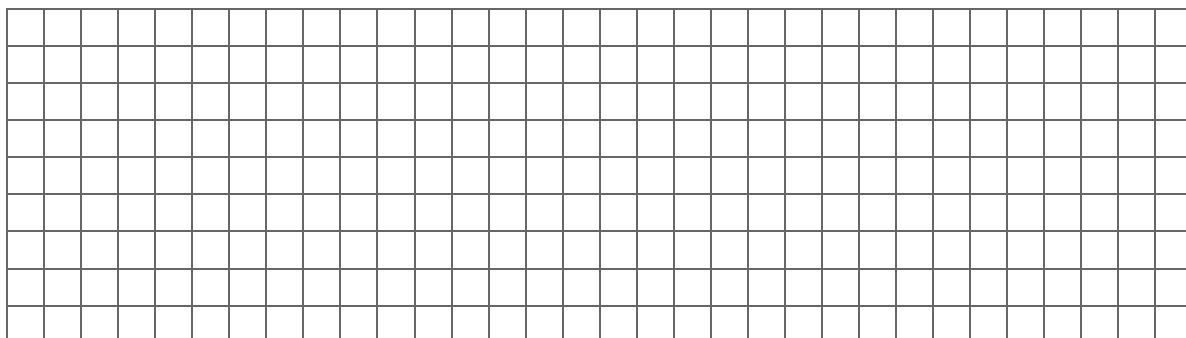
1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5

6

Скорость яблока	Ускорение яблока	Потенциальная энергия



ОТВЕТЫ:

1. Дано:

$$\begin{aligned} h &= 3 \text{ м} \\ E_{\text{п}} &= 6 \text{ кДж} = 6000 \text{ Дж} \\ m &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} E_{\text{п}} &= mgh; \quad m = \frac{E_{\text{п}}}{gh}; \\ [m] &= \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}^2}{\text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2} = \text{кг}; \\ m &= \frac{6000}{3 \cdot 9,8} = 200 \text{ (кг)}. \end{aligned}$$

Ответ: 3.

2. Ответ: 2.

3. Ответ: 3.

4. Дано:

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м} \\ \Delta x_2 &= 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м} \\ k &= 100 \text{ Н/м} \\ A &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} A &= \Delta E_{\text{п}}; \quad \Delta E_{\text{п}} = E_{\text{п}_2} - E_{\text{п}_1}; \\ E_{\text{п}_1} &= \frac{k\Delta x_1^2}{2}; \quad E_{\text{п}_2} = \frac{k\Delta x_2^2}{2}; \\ A &= \frac{k}{2} (\Delta x_2^2 - \Delta x_1^2); \end{aligned}$$

$$[A] = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \text{м}^2 = \text{Дж}; \quad A = \frac{100}{2} (0,15^2 - 0,05^2) = 1 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 1.

5. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 5 \text{ кг} \\ H &= 10 \text{ м} \\ h &= 3 \text{ м} \\ E_{\text{п}} &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} E_{\text{п}} &= mgh; \\ [E_{\text{п}}] &= \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Дж}; \\ E_{\text{п}} &= 5 \cdot 9,8 \cdot 3 = 150 \text{ (Дж)}. \end{aligned}$$

Ответ: 3.

6. Ответ: 132.

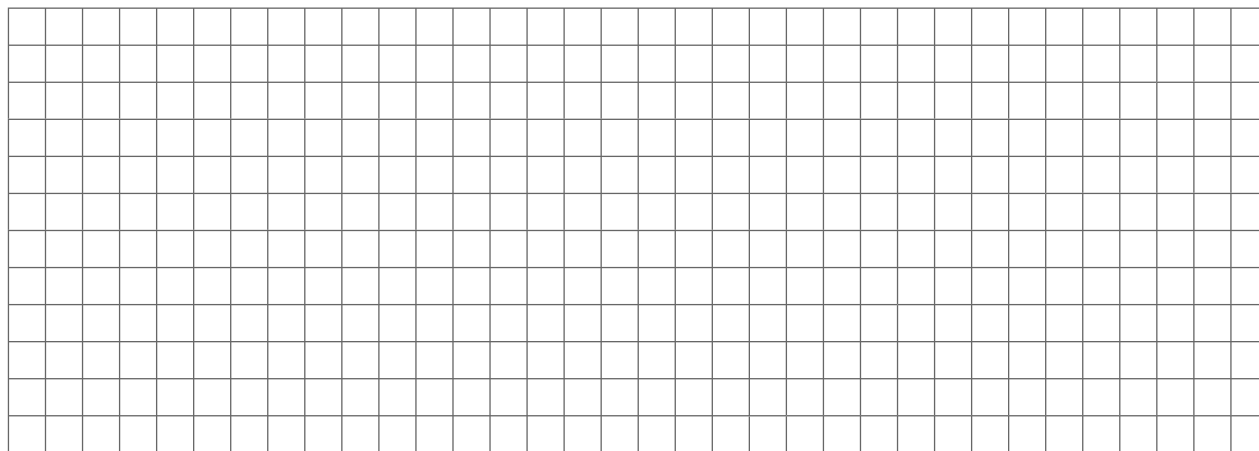
Потенциальная энергия тела представляет собой энергию тела в поле внешних сил.

Потенциальная энергия в поле тяжести

$$E_{\text{пот}} = mgh.$$

Потенциальная энергия тела на пружине

$$E_{\text{пот}} = \frac{kx^2}{2}.$$



23 день

1.4.9. Закон сохранения механической энергии

1. Камень бросили вертикально вверх со скоростью 36 км/ч. На какой высоте его кинетическая энергия равна потенциальной энергии?

- 1) 1,5 м 2) 2,5 м 3) 9 м 4) 7 м

1 2 3 4 1

2. Мяч бросили с земли под углом к горизонту. Найти скорость мяча на высоте 5 м, если его начальная скорость равна 10 м/с.

2

3. На какую высоту поднимется мяч после удара, если его скорость изменилась от 40 м/с до 20 м/с?

- 1) 20 м 2) 40 м 3) 60 м 4) 80 м

1 2 3 4 3

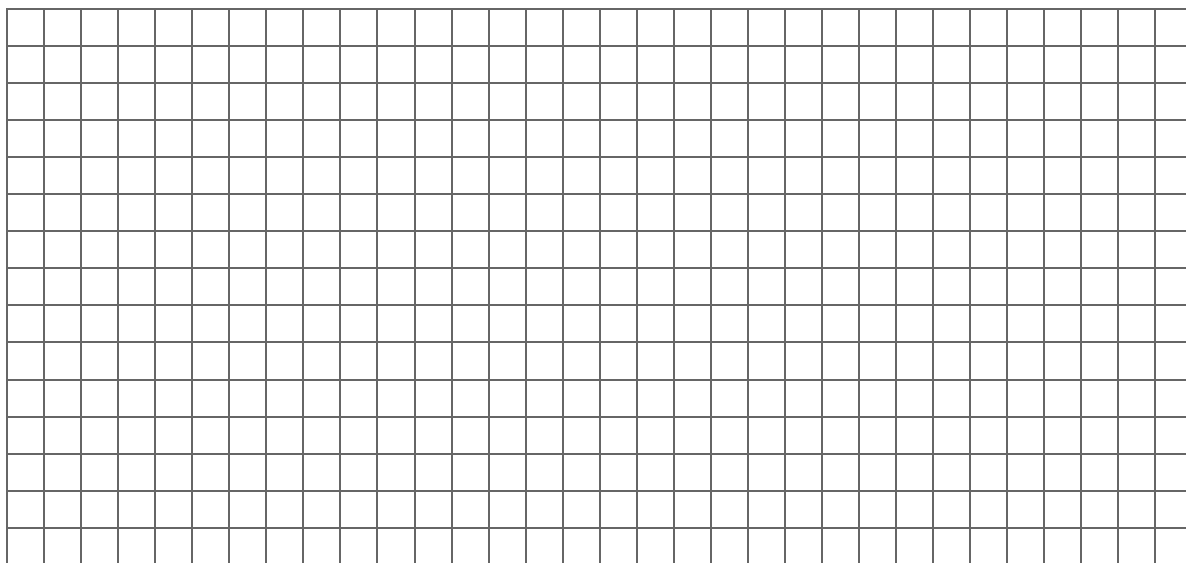
4. Что происходит с суммарным импульсом, кинетической и полной энергией системы двух шаров при их НЕупругом соударении?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется

4

Суммарный импульс	Суммарная кинетическая энергия	Полная энергия
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



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. Дано:
 $v = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$
 $E_{\text{п}} = E_{\text{к}}$
 $h = ?$

Решение:

$$E_{\text{п}} = E_{\text{к}}, \text{ где } E_{\text{п}} = \frac{E_{\text{к}_0}}{2}; E_{\text{п}} = mgh;$$

$$E_{\text{к}_0} = \frac{mv^2}{2}; mgh = \frac{mv^2}{2 \cdot 2}; h = \frac{mv^2}{4mg} = \frac{v^2}{4g};$$

$$[h] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{м}; h = \frac{10^2}{4 \cdot 9,8} = 2,5 \text{ (м)}.$$

Ответ: 2.

2. Дано:
 $h = 5 \text{ м}$
 $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $v = ?$

Решение:

$E_{\text{п}} + E_{\text{к}} = \text{const}$ — закон сохранения механической энергии.

$$E_{\text{п}_0} + E_{\text{к}_0} = E_{\text{п}} + E_{\text{к}}; E_{\text{п}_0} = 0; E_{\text{к}_0} = \frac{mv_0^2}{2} —$$

кинетическая энергия после броска;

$$E_{\text{п}} = mgh — \text{потенциальная энергия на высоте } h;$$

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} — \text{кинетическая энергия на высоте } h.$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}. \text{ Отсюда } v = \sqrt{v_0^2 - 2gh};$$

$$[v] = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}; v = \sqrt{10^2 - 29,8 \cdot 5} = 2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 1.

3. Дано:
 $v_0 = 40 \text{ м/с}$
 $v = 20 \text{ м/с}$
 $h = ?$

Решение:

Во время полета на мяч действует только сила тяжести, поэтому механическая энергия мяча сохраняется.

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

$$\text{Отсюда } h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}; [h] = \frac{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \text{м};$$

$$h = \frac{40^2 - 20^2}{2 \cdot 9,8} = 60 \text{ (м)}.$$

Ответ: 3.

4. Ответ: 323.

24 день

1.5. Механические колебания и волны

1.5.1. Гармонические колебания

1.5.2. Амплитуда и фаза колебания

1.5.3. Период колебаний

1. Тело за 30 минут совершило 100 колебаний. Найти период колебаний.
1) 0,3 с 2) 3 мин 3) 18 с 4) 18 мин
2. Колебания описываются формулой $x = 0,5 \cos 5t$. Чему равна амплитуда колебания?
1) 0,5 см 2) 5 см 3) 50 см 4) 5 м
3. Колебания груза на пружине заданы равенством $x = 0,2 \sin 0,5\pi t$. Найти период колебания.
1) 0,2 с 2) 0,5 с 3) 2 с 4) 4 с
4. Амплитуда колебания 4 см, смещение 2 см. Сколько времени прошло после начала колебаний, если период колебания равен 3 с?
1) $\frac{1}{2}$ с 2) 0,2 с 3) 2 с 4) 3 с
5. Найти смещение тела за 15 с, если амплитуда колебания равна 5 см, а период колебания равен 2 мин.
1) 3,5 см 2) 3 см 3) 10 см 4) 15 см

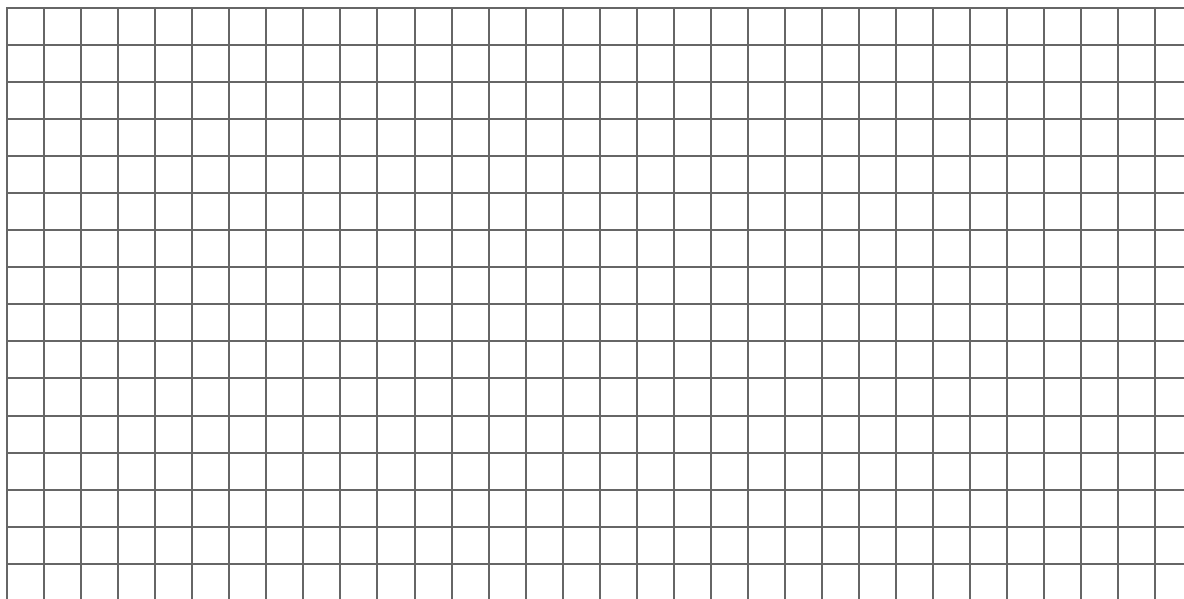
1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5



25 день

1.5.4. Частота колебаний

1. Найти частоту колебаний, если их период равен 0,05 с.

- 1) 0,05 Гц 2) 5 Гц 3) 20 Гц 4) 50 Гц

1 2 3 4 1

2. Колебания описываются формулой $x = 5 \cos 20 \pi t$. Найти частоту колебания.

- 1) 5 Гц 2) 20 Гц 3) 4 Гц 4) 10 Гц

1 2 3 4 2

3. Сколько колебаний совершило тело за 10 мин, если частота колебания равна 20 Гц?

- 1) 10 000 2) 12 000 3) 14 000 4) 16 000

1 2 3 4 3

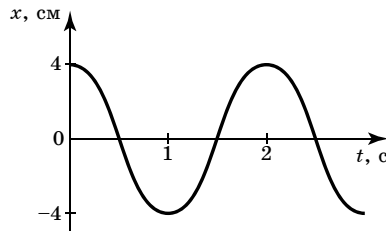
4. Тело за 2 мин совершило 18 000 колебаний. Найти частоту колебания.

- 1) 8 кГц 2) 300 Гц 3) 900 Гц 4) 3 кГц

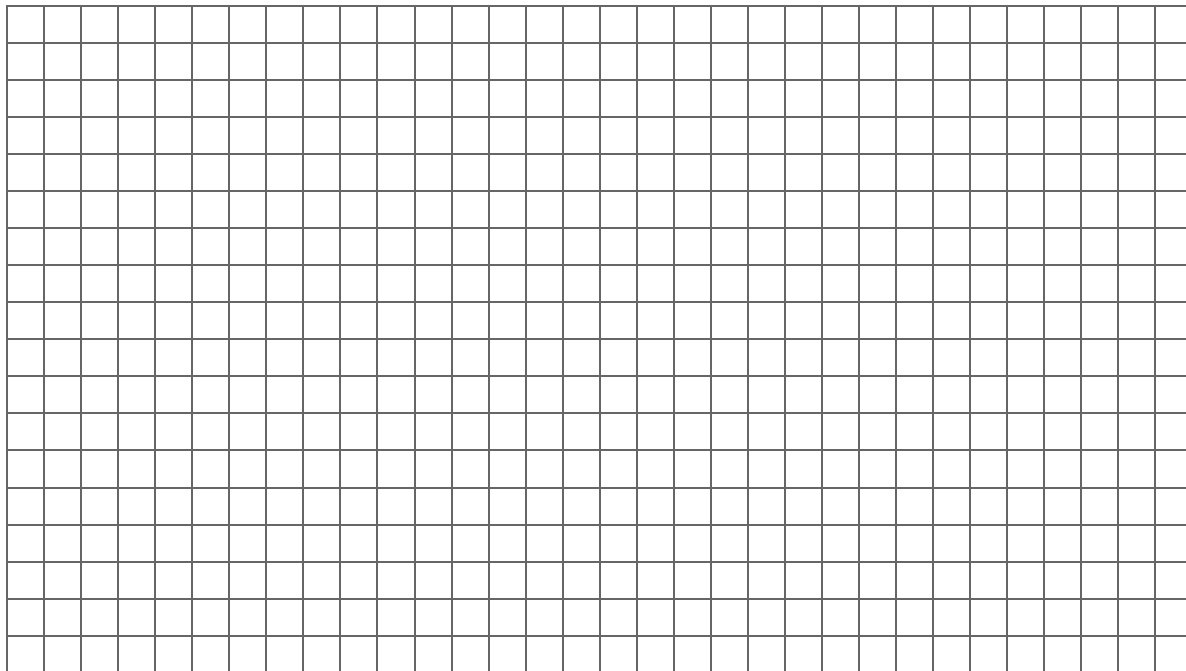
1 2 3 4 4

5. На рисунке показан график гармонического колебания. Найти частоту колебания.

- 1) 0,5 Гц
2) 2 Гц
3) 4 Гц
4) 1 Гц



1 2 3 4 5



ОТВЕТЫ:

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

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

1. Дано: $T = 0,05 \text{ с}$
 $\nu - ?$ | Решение: $\nu = \frac{1}{T}; \nu = \frac{1}{0,05} = 20 \text{ (Гц)}$.

Ответ: 3.

2. Дано: $x = 5 \cos 20\pi t$
 $\nu - ?$ | Решение: $\omega = 2\pi\nu; \nu = \frac{\omega}{2\pi}; \omega = 20\pi; \nu = \frac{20\pi}{2\pi} = 10 \text{ (Гц)}$.

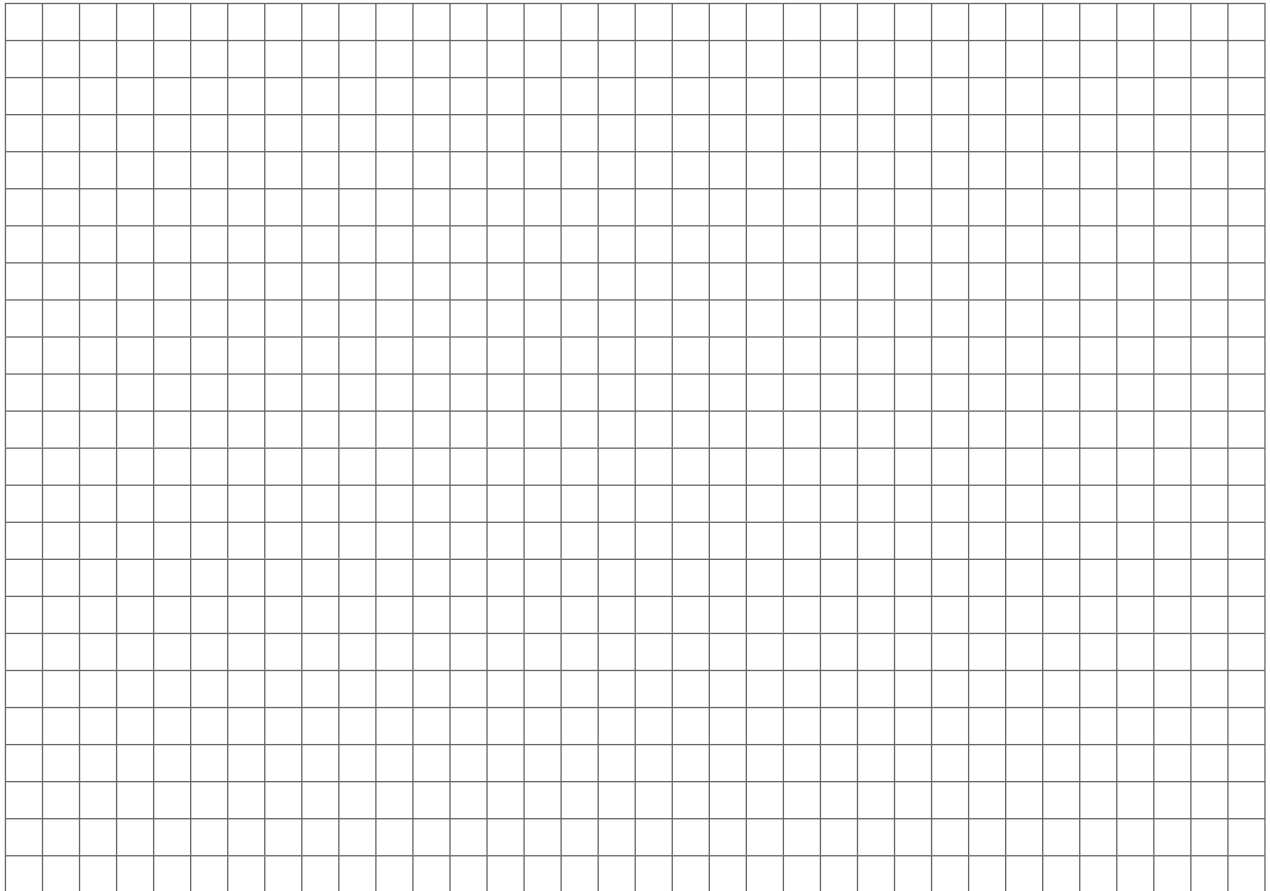
Ответ: 4.

3. Дано: $t = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$
 $\nu = 20 \text{ Гц}$
 $N - ?$ | Решение: $T = \frac{t}{N}; \nu = \frac{1}{T}; N = \nu t;$
 $N = 20 \cdot 600 = 12 \text{ 000}$.

Ответ: 2.

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 1.



26 день

1.5.5. Свободные колебания (математический и пружинный маятники)

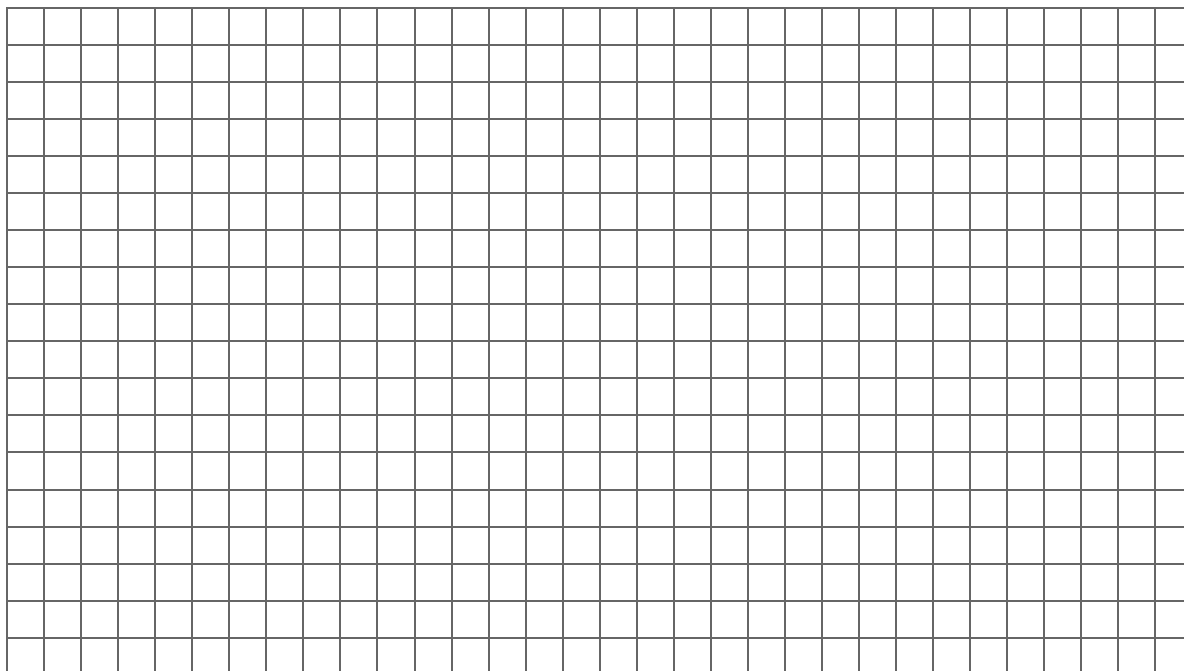
1. Колебания называются свободными, если
- 1) они совершаются под действием внешних сил
 - 2) они совершаются под действием внутренних сил системы
 - 3) они совершаются под действием внешних и внутренних сил
 - 4) когда амплитуда колебаний стремится к минимуму
2. Груз массой 100 г, подвешенный на пружине, совершает за 20 с 100 колебаний. Найти жесткость пружины.
- 1) 50 Н/м
 - 2) 100 Н/м
 - 3) 150 Н/м
 - 4) 300 Н/м
3. Тело на нитке за 40 с совершает 100 колебаний. Найти длину нити.
- 1) 0,054 м
 - 2) 0,02 м
 - 3) 0,06 м
 - 4) 0,01 м
4. Шарик массой $m = 0,15$ кг на нити длиной $L = 0,4$ м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение короткого промежутка времени $t = 0,01$ с действует сила $F = 0,2$ Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на 60° ?

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

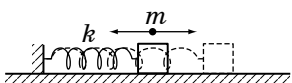
1 2 3 4 3

4



ОТВЕТЫ:

**Пружинный маятник
(груз на пружине)**



Колебания происходят под действием силы упругости:

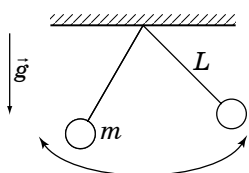
$$F = -kx,$$

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. Ответ: 2.

2. Дано:

$$m = 100 \text{ г}$$

$$t = 20 \text{ с}$$

$$N = 100$$

$$k = ?$$

Решение:

Период колебаний груза на пружине:

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

T — период — время одного колебания.

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$(N/м).$$

$$T = \frac{t}{N}; \quad \frac{t}{N} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad \text{Отсюда } k = \frac{4\pi^2 m N^2}{t^2}.$$

$$k = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,1 \cdot 100^2}{20^2} = 100 \text{ (Н/м)}.$$

Ответ: 2.

3. Дано:

$$N = 100$$

$$t = 40 \text{ с}$$

$$l = ?$$

Решение:

Период колебаний математического маятника:

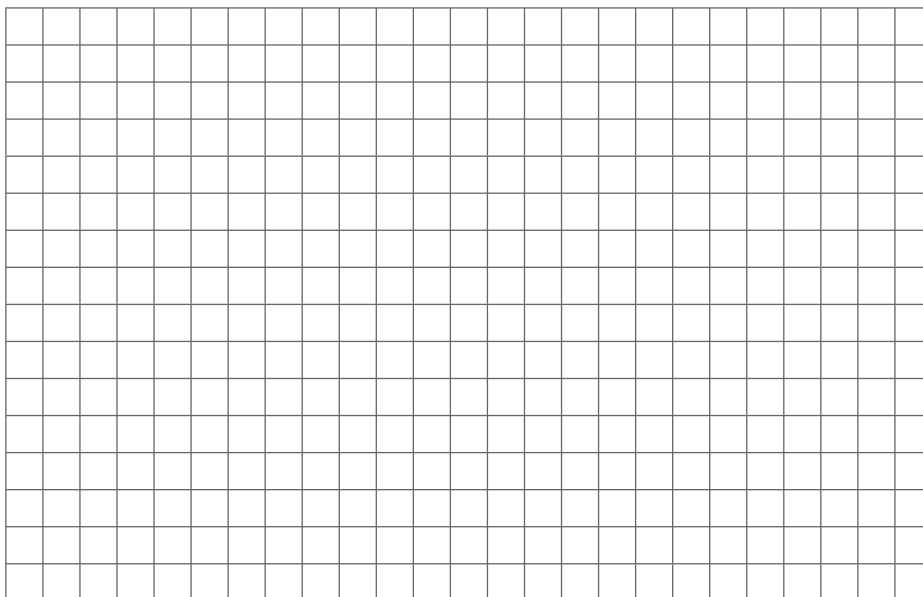
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

$$T = \frac{t}{N}; \quad \frac{t}{N} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad \text{Отсюда: } l = \frac{t^2 \cdot g}{4\pi^2 \cdot N^2}. \quad [l] = \frac{c^2 \cdot m}{c^2} = m;$$

$$l = \frac{40^2 \cdot 9,8}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 100^2} = 0,04 \text{ (м)}.$$

Ответ: 1.

4. Ответ: 75 колебаний.



27 день

1.5.6. Вынужденные колебания

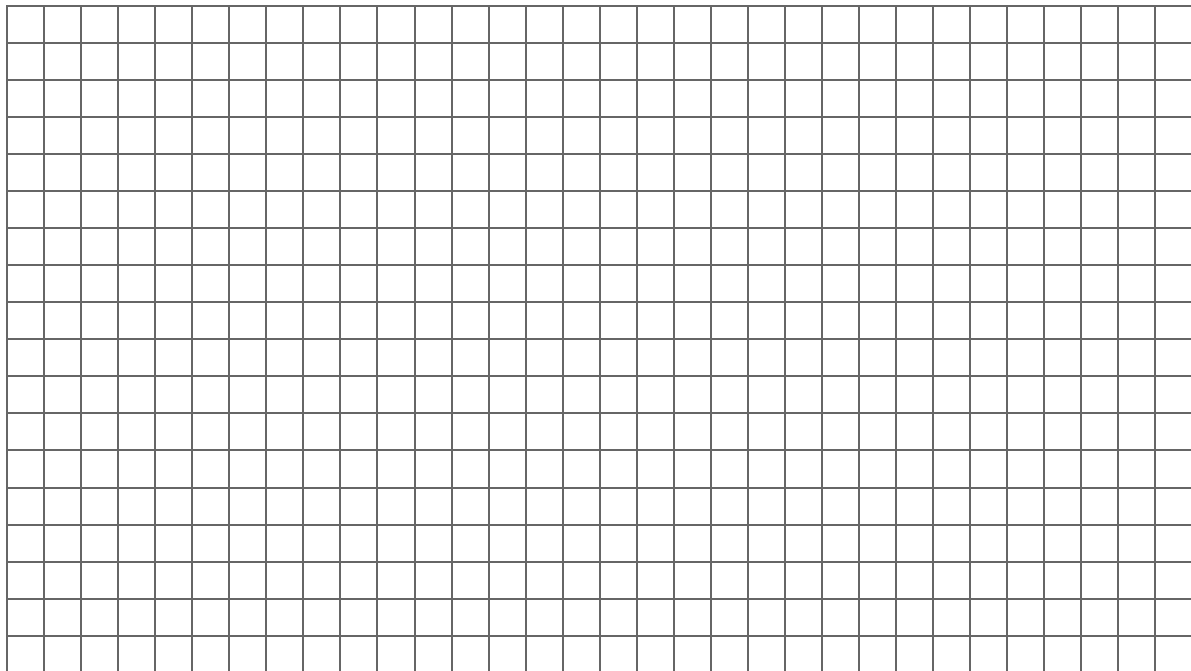
1. Колебания называются вынужденными, если
- 1) совершаются под действием внешней периодической силы
 - 2) совершаются под действием внутренних сил
 - 3) совершаются под действием внешних и внутренних сил
 - 4) амплитуда колебаний не зависит от частоты внешней силы
2. Тело на пружине за 0,5 мин совершает 100 колебаний. Найти период колебаний тела на пружине, если массу тела увеличить в 4 раза, а жесткость пружины — в 3 раза.
3. Тело на пружине жесткостью 100 Н/м совершает колебания. Найти массу тела, если амплитуда его колебаний равна 5 см, а наибольшая скорость — 2 м/с.
1) 0,02 кг 2) 0,04 кг 3) 0,06 кг 4) 0,08 кг
4. Цилиндрический поплавок в жидкости совершает вертикальные гармонические колебания с малой амплитудой. Найдите период этих колебаний. Масса поплавка равна 10 г, радиус его трубки 4 мм, плотность жидкости 785 кг/м^3 . Сопротивлением жидкости пренебречь.

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

<input type="text"/>	2
----------------------	---

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

<input type="text"/>	4
----------------------	---



Ответы:

Свободные колебания — колебания, существующие благодаря внутренним силам.

Вынужденные колебания — колебания, возникающие под действием внешних периодически изменяющихся сил.

1. Ответ: 1.

2. Дано:

$$t = 0,5 \text{ мин} = 30 \text{ с}$$

$$N = 100$$

$$m_2 = 4m_1$$

$$k_2 = 3k_1$$

$$T_2 = ?$$

Решение:

Период колебаний груза на пружине:

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

T — время одного колебания $T = \frac{t}{N}$.

$$\text{Значит, } \frac{t}{N} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}; \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k_2}}; \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{4m_1}{3k_1}};$$

$$\frac{t}{N} = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k_1}} \Rightarrow m_1 = \frac{k_1 t^2}{4\pi N^2}. \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{4 \cdot k_1 t^2}{4\pi N^2 \cdot 3k_1}};$$

$$T_2 = \frac{2\pi t}{N} \sqrt{\frac{1}{3\pi}}. \quad [T_2] = \text{с}; \quad T_2 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 30}{100} \sqrt{\frac{1}{3 \cdot 3,14}} \approx 0,6 \text{ (с)}.$$

Ответ: 0,6 с.

3. Дано:

$$k = 100 \text{ Н/м}$$

$$x_{\max} = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$v = 2 \text{ м/с}$$

$$m = ?$$

Решение:

Согласно закону сохранения энергии

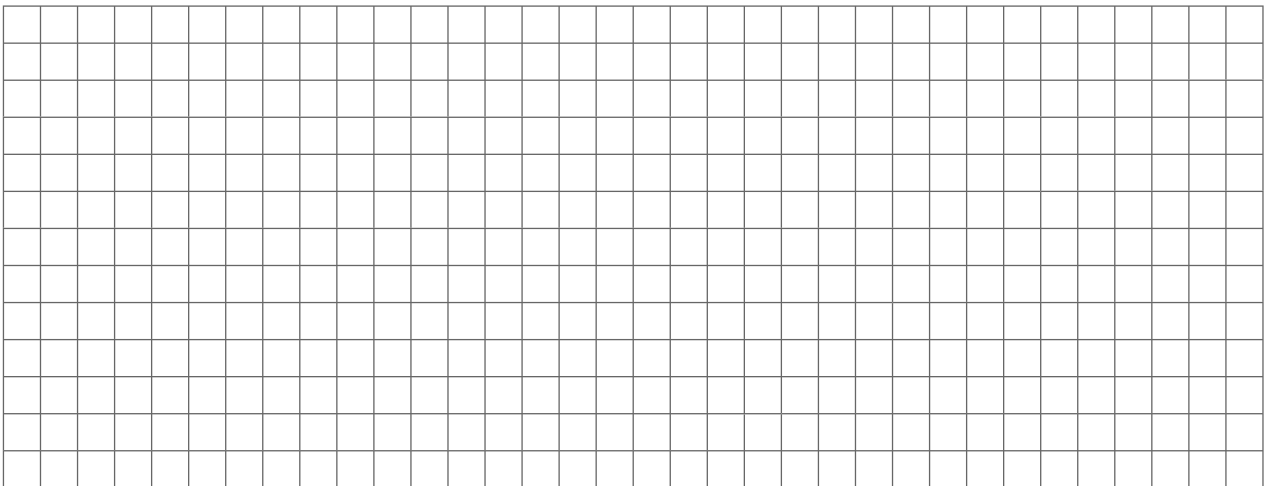
$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx_{\max}^2}{2}.$$

$$\text{Отсюда: } m = \frac{kx_{\max}^2}{v^2}.$$

$$[m] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{м} \cdot \text{м}^2} = \text{кг}; \quad m = \frac{100 \cdot 0,05^2}{2^2} \approx 0,06 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 3.

4. Ответ: 1 с.



28 день

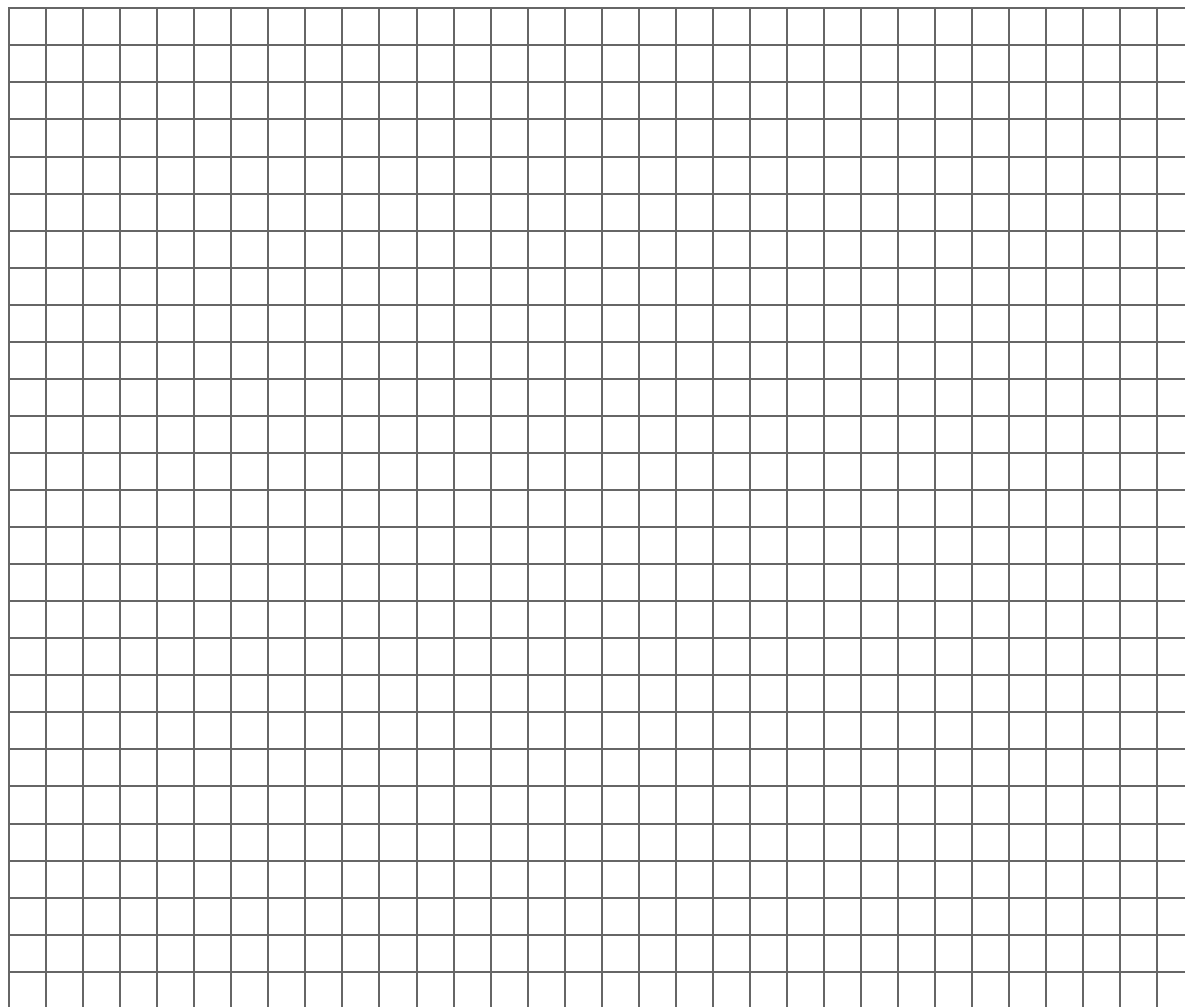
1.5.7. Резонанс

1. При резонансе резко возрастает
- 1) амплитуда вынужденных колебаний
 - 2) амплитуда свободных колебаний
 - 3) период вынужденных колебаний
 - 4) период свободных колебаний
2. Тело на пружине за определенное время совершило 30 колебаний. Когда массу тела увеличили на 200 г, оно совершило за то же время 20 колебаний. Найти массу тела.
3. Тело на нитке совершило за 12 с 20 колебаний. На сколько нужно увеличить длину нити, чтобы тело совершило за то же время 10 колебаний?

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

	2
--	---

	3
--	---



ОТВЕТЫ:

Резонанс

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

1. Ответ: 1.

2. Дано:

$$\begin{array}{l} t_1 = t_2 = t \\ N_1 = 30 \\ N_2 = 20 \\ m_2 = m_1 + 0,2 \\ m_1 = ? \end{array}$$

Решение:

Период колебаний тела на пружине

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

$$\frac{t}{N_1} = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}; \quad \frac{t}{N_2} = 2\pi\sqrt{\frac{(m_1 + 0,2)}{k}}.$$

$$t = 2\pi N_1 \sqrt{\frac{m_1}{k}}; \quad (1) \quad t = 2\pi N_2 \sqrt{\frac{m_1 + 0,2}{k}}. \quad (2)$$

$$\text{Приравняем формулы (1) и (2): } 2\pi N_1 \sqrt{\frac{m_1}{k}} = 2\pi N_2 \sqrt{\frac{m_1 + 0,2}{k}}.$$

$$\text{Отсюда: } m_1 = \frac{0,2 N_2^2}{(N_1^2 - N_2^2)}.$$

$$m_1 = \frac{0,2 \cdot 20^2}{(30^2 - 20^2)} = 0,16 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 0,16.

3. Дано:

$$\begin{array}{l} t_1 = t_2 = t = 12 \\ N_1 = 20 \\ N_2 = 10 \\ (l_2 - l_1) = ? \end{array}$$

Решение:

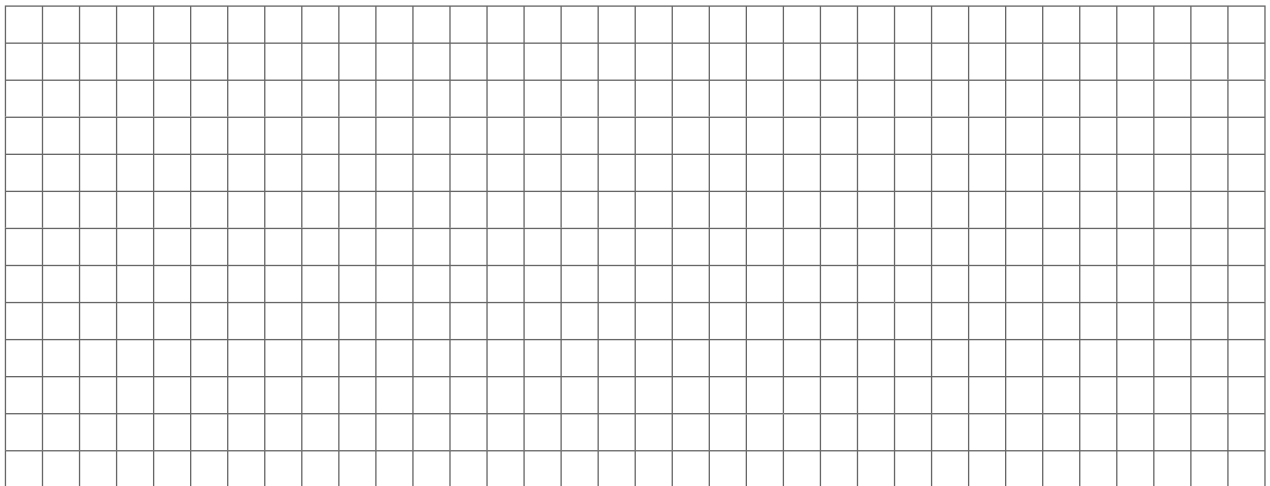
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad T = \frac{t}{N}. \quad \frac{t}{N_1} = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}};$$

$$\frac{t}{N_2} = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}; \quad l_1 = \frac{gt^2}{4\pi^2 N_1^2}; \quad l_2 = \frac{gt^2}{4\pi^2 N_2^2};$$

$$(l_2 - l_1) = \frac{gt^2}{4\pi^2} \left(\frac{1}{N_2^2} - \frac{1}{N_1^2} \right). \quad [l_2 - l_1] = \frac{m \cdot c^2}{c^2} = m;$$

$$(l_2 - l_1) = \frac{9,8 \cdot 12^2}{4 \cdot 3,14^2} \left(\frac{1}{10^2} - \frac{1}{20^2} \right) = 0,27 \text{ (м)}.$$

Ответ: 0,27.



29 день

1.5.8. Длина волны

1. Найти длину волны, если частота волны равна 20 Гц, а скорость — 5 м/с.

- 1) 4 м 2) 100 м 3) 0,25 м 4) 0,5 м

1 2 3 4 1

2. Расстояние между соседними гребнями волны равно 2 м. Найти скорость волны, если период равен 2 с.

- 1) 1 м/с 2) 2 м/с 3) 4 м/с 4) 5 м/с

1 2 3 4 2

3. Расстояние между соседними гребнями волны в реке равно 4 м. Найти скорость волны, если за 2 мин поплавок поднимается на гребень волны 60 раз.

- 1) 1 м/с 2) 2 м/с 3) 3 м/с 4) 4 м/с

1 2 3 4 3

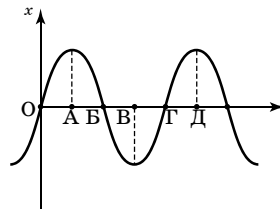
4. За 1 минуту лодка, которая стоит на якоре, поднимается на гребень волны 10 раз. Найти расстояние между соседними гребнями волны, если скорость волны равна 2,5 м/с.

- 1) 5 м 2) 7,5 м 3) 10 м 4) 15 м

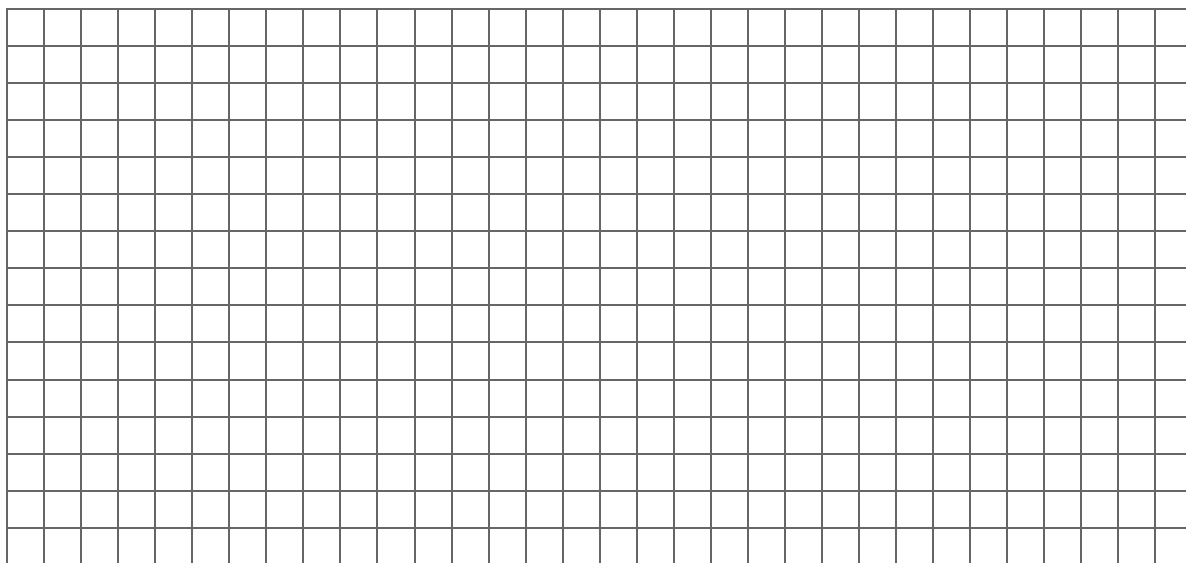
1 2 3 4 4

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

- 1) ОВ 3) АД
2) ОД 4) АГ



1 2 3 4 5



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.

1. Ответ: 3.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\begin{array}{l} \lambda = 4 \text{ м} \\ t = 2 \text{ мин} = 120 \text{ с} \\ N = 60 \\ \nu - ? \end{array}$$

Решение:

Длина волны равна: $\lambda = \nu T$.

Отсюда: $\nu = \frac{\lambda}{T}$. Период волны: $T = \frac{t}{N}$.

Тогда: $\nu = \frac{\lambda N}{t}$. $[\nu] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

$$\nu = \frac{4 \cdot 60}{120} = 2 \text{ (м/с)}.$$

Ответ: 2.

4. Дано:

$$\begin{array}{l} t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с} \\ N = 10 \\ v = 2,5 \text{ м/с} \\ \lambda - ? \end{array}$$

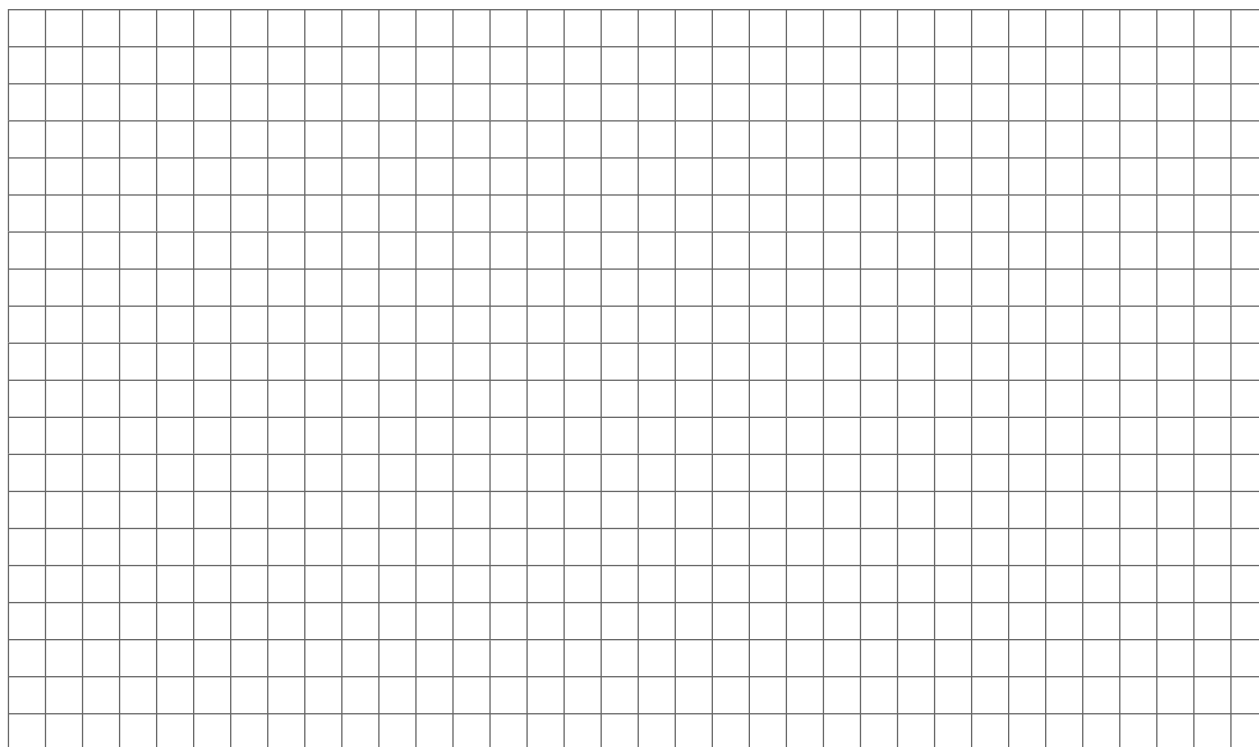
Решение:

Длина волны равна: $\lambda = \nu T$. Период волны: $T = \frac{t}{N}$. $\lambda = \frac{v \cdot t}{N}$. $[\lambda] = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{м}$;

$$\lambda = \frac{2,5 \cdot 60}{10} = 15 \text{ (м)}.$$

Ответ: 4.

5. Ответ: 3.



30 день

1.5.9. Звук

1. Определить длину звуковой волны, если частота звука равна 3 МГц, а скорость — $3 \cdot 10^3$ м/с.
1) 1000 м 2) 9000 м 3) 3300 м 4) 6300 м
2. Частота колебаний камертона 440 Гц. Какова длина звуковой волны, распространяющейся от камертона в воздухе? Скорость распространения звука в воздухе равна 340 м/с.
1) 100 м 2) 77 м 3) 0,77 м 4) 880 м
3. Расстояние между двумя населенными пунктами 10 км. Сколько времени по воздуху идет звук от одного пункта к другому?
1) 29 с 2) 18 с 3) 36 с 4) 42 с
4. На каком расстоянии от наблюдателя взорвался снаряд, если он услышал его через 6 с?
1) 970 м 2) 1080 м 3) 960 м 4) 2040 м
5. При выстреле вертикально вверх, звук выстрела и пуля одновременно достигают высоты 340 м. Найти начальную скорость пули. Сопротивлением воздуха пренебречь.

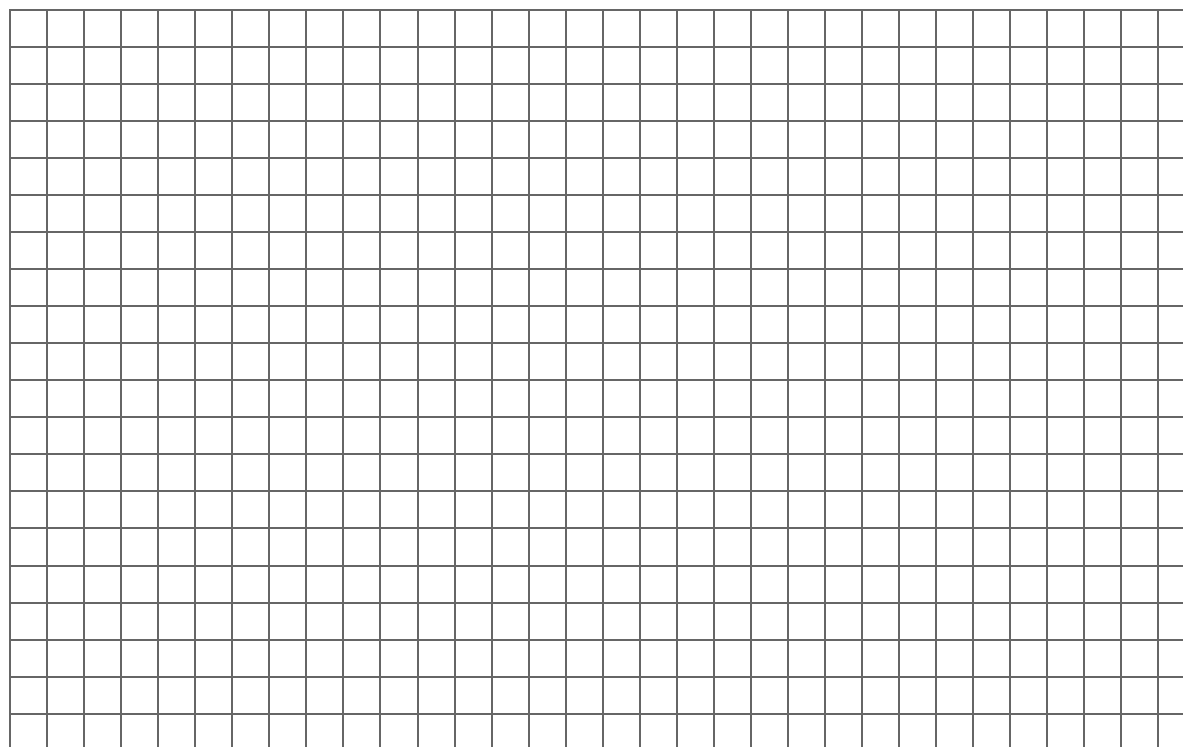
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

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

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

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

				5
--	--	--	--	---



ОТВЕТЫ:

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.

Акустика — раздел физики, занимающийся изучением звуковых явлений.

Звуковые (акустические) волны — распространение механических колебаний в упругих средах.

Частотные диапазоны звука

Инfrasound:

$$v < 20 \text{ Гц}$$

Инfrasound излучается медленно колеблющимися системами: работающими станками, транспортом, подземными взрывами, в том числе землетрясениями.

Диапазон

слышимости уха человека:

$$20 \text{ Гц} < v < 20000 \text{ Гц}$$

Ультразвук:

$$v > 20000 \text{ Гц}$$

Животные используют для эхолокации, в медицине применяется для ультразвуковой диагностики.

1. Ответ: 1.

2. Ответ: 3.

3. Дано:

$$\begin{aligned} \lambda &= 10 \text{ км} \\ v &= 340 \text{ м/с} \\ t &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \lambda &= 10\,000 \text{ м} \\ \lambda &= vT; \quad T = \frac{t}{N}. \quad \lambda = vt \approx t = \frac{\lambda}{v}. \\ [t] &= \frac{\text{м}}{\text{м/с}} = \text{с}; \quad t = \frac{10\,000}{340} \approx 29 \text{ (с)}. \end{aligned}$$

Ответ: 1.

4. Ответ: 4.

5. Дано:

$$\begin{aligned} H &= \lambda = 340 \text{ м} \\ v &= 340 \text{ м/с} \\ g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\ v_0 &= ? \end{aligned}$$

Решение:

Поскольку пуля движется вертикально вверх, высота равна: $H = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$. (1)

Длина волны равна $\lambda = vT$. $T = \frac{t}{N}$; $N = 1$.

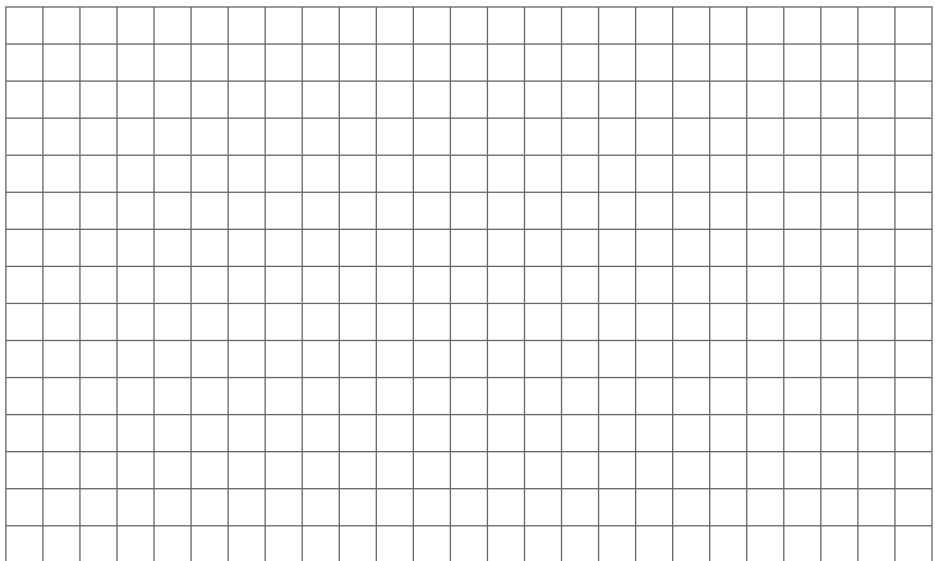
$$\lambda = vT = H \approx t = \frac{H}{v}. \quad (2)$$

Подставляем (2) в (1): $H = \frac{v_0 H}{v} - \frac{gH^2}{2v^2}$.

Отсюда: $v_0 = v + \frac{gH}{2v}$. $[v_0] = \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

$$v_0 = 340 + \frac{9,8 \cdot 340}{2 \cdot 340} = 345 \text{ (м/с)}.$$

Ответ: 345.



31 день

2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

2.1. Молекулярная физика

2.1.1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел

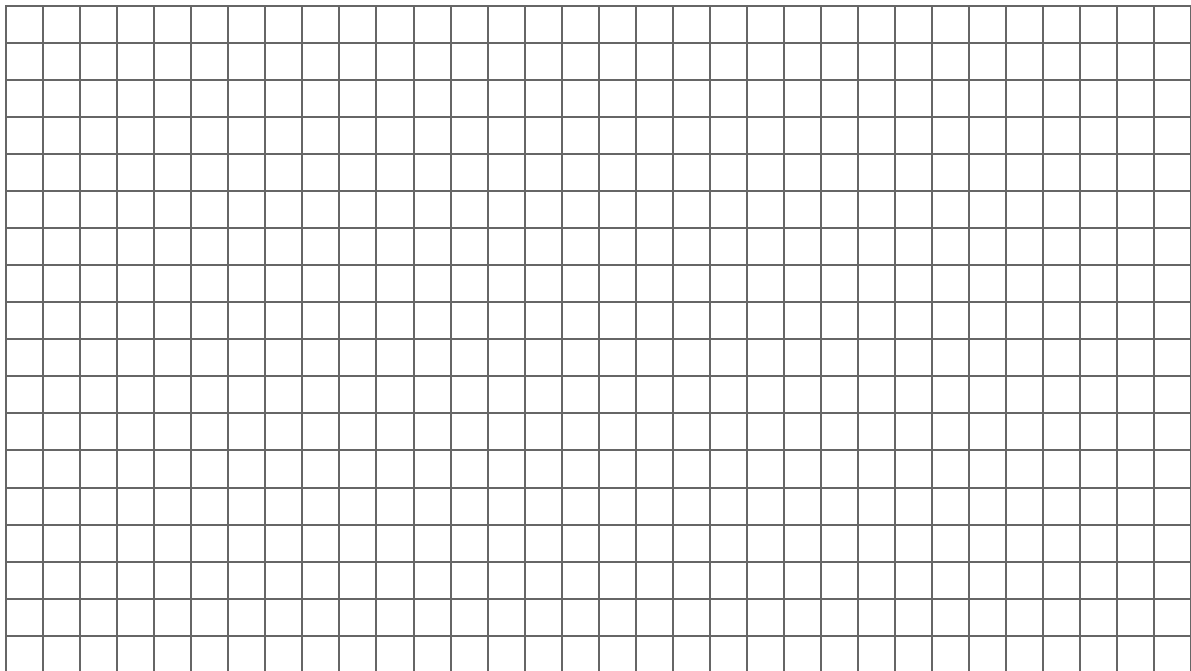
2.2.2. Тепловое движение атомов и молекул вещества

2.2.3. Броуновское движение

2.2.5. Диффузия

1. Найти массу 15 моль азота.
1) 150 г 2) 210 г 3) 420 г 4) 630 г
2. Найти массу атома натрия.
1) $3,8 \cdot 10^{-23}$ кг 3) $2 \cdot 10^{-25}$ кг
2) $3,8 \cdot 10^{-26}$ кг 4) $22 \cdot 10^{-3}$ кг
3. Найти объем, который занимает 4 моль алюминия.
1) $40 \cdot 10^{-6}$ м³ 3) $30 \cdot 10^{-6}$ м³
2) $20 \cdot 10^{-6}$ м³ 4) $60 \cdot 10^{-6}$ м³
4. За 4 дня полностью испарилось 200 г воды. Сколько в среднем молекул вылетало с поверхности воды за 1 с?

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



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. Ответ: 3.

2. Ответ: 2.

3. Дано:

$$\begin{aligned} \nu &= 4 \text{ моль} \\ N &= 27 \text{ а. е. м.} \\ \rho &= 2700 \text{ кг/м}^3 \\ \overline{V} &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\text{Объем тела: } V = \frac{m}{\rho}$$

$$m = \nu M; V = \frac{\nu M}{\rho}$$

$$[V] = \frac{\text{моль} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{кг}} = \text{м}^3$$

$$M = 27 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$V = \frac{4 \cdot 27 \cdot 10^{-3}}{2700} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)}$$

Ответ: 1.

4. Дано:

$$\begin{aligned} t &= 4 \text{ дня} = \\ &= 345\,600 \text{ с} \\ n &= 200 \text{ г} = \\ &= 0,2 \text{ кг} \\ N_0 &= ? \end{aligned}$$

Решение:

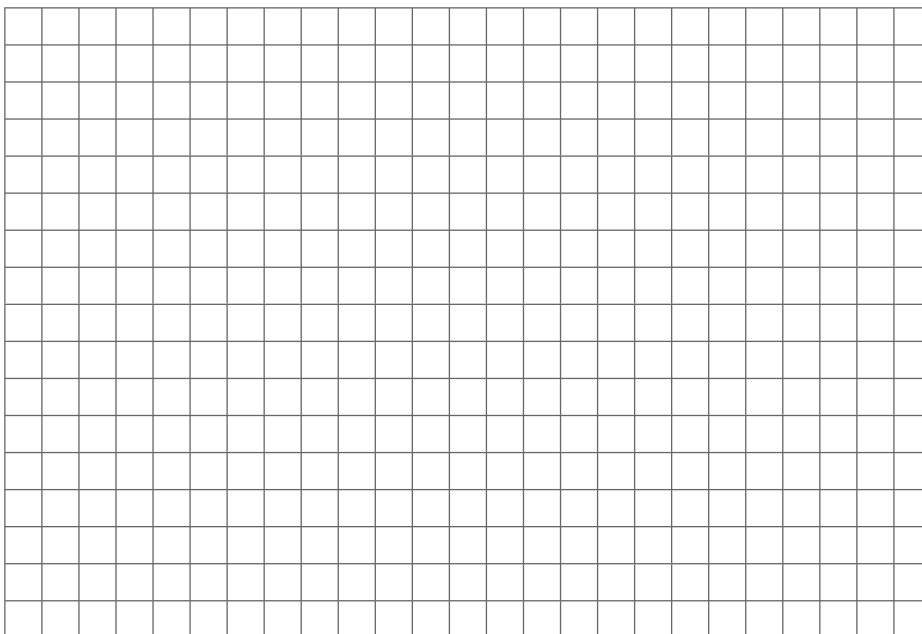
$$N_0 = \frac{N}{t}, N = N_A \cdot \nu, N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$\nu = \frac{m}{M}, N_0 = \frac{N_A \cdot m}{M \cdot t}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ а. е. м.} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$N_0 = \frac{6 \cdot 10^{23} \cdot 0,2}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 345\,600} \approx 3 \cdot 10^{19}$$

Ответ: $3 \cdot 10^{19}$.



32 день

2.1.5. Экспериментальные доказательства атомистической теории. Взаимодействие частиц вещества

1. Какова масса в 200 молей метана (CH_4)?
1) 0,64 кг 2) 0,48 кг 3) 3,2 кг 4) 0,24 кг
2. Какова масса в 150 молей кислорода (O_2)?
1) 3,2 кг 2) 4,8 кг 3) 2,4 кг 4) 6,4 кг
3. Сколько молекул содержится при нормальных условиях в 0,6 кг окиси азона (NO)?
1) $1,2 \cdot 10^{25}$ 3) $1,2 \cdot 10^{26}$
2) $1,2 \cdot 10^{24}$ 4) $1,2 \cdot 10^{23}$
4. Сколько молекул содержится при нормальных условиях в 0,4 кг гелия?
1) $3 \cdot 10^{25}$ 2) $4 \cdot 10^{25}$ 3) $3 \cdot 10^{25}$ 4) $6 \cdot 10^{25}$
5. Во сколько раз больше молекул в 6 кг водорода (H_2), чем в 3 кг оксида углерода (CO)?

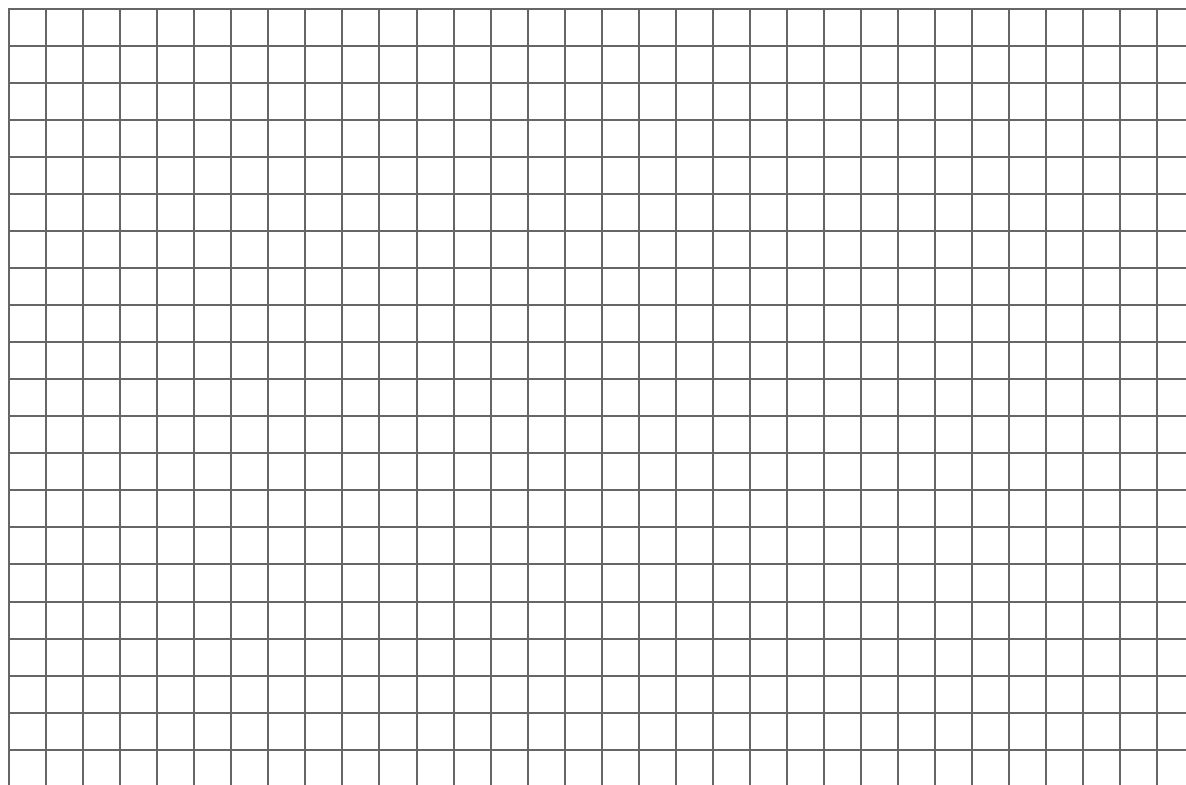
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

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

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

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

				5
--	--	--	--	---



ОТВЕТЫ:

Полное число молекул можно также выразить через количество

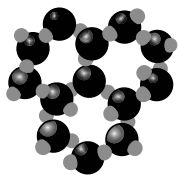
вещества $\nu = \frac{m}{M}$ (в молях) и число молекул в одном моле N_A :

$$N = N_A \nu = N_A \cdot \frac{m}{M}.$$

Отсюда получаем:

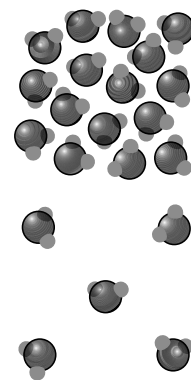
$$PV = \frac{m}{M} N_A k_B T.$$

В **твердых телах (кристаллах)** атомы или молекулы расположены упорядоченно и образуют периодически повторяющуюся структуру (кристаллическую решетку). Хаотическое движение молекул сводится в твердых телах к колебаниям молекул около состояния равновесия. Твердые тела **сохраняют свою форму и объем.**



В **жидкостях** молекулы расположены в беспорядке, но при этом молекулы, находящиеся на границе жидкости, притягиваются другими молекулами. Поэтому жидкость **сохраняет свой объем.** Форму жидкость не сохраняет и приобретает форму сосуда, в который она налита. В невесомости жидкость приобретает форму шара. Ближайшие молекулы в жидкостях расположены почти так же упорядоченно, как и в кристаллах. Однако на больших расстояниях упорядочение исчезает.

В **газах** молекулы расположены хаотически (как и в жидкостях), но при этом отдельно взятая молекула, оказавшаяся на границе газа, не притягивается остальными молекулами и покидает газ. Поэтому газ стремится **занять весь объем** сосуда, в котором он находится.



1. Дано:
 CH_4
 $\nu = 200$ моль
 m — ?

Ответ: 3.

2. Ответ: 2.

3. Дано:
 NO
 $m = 0,6$ кг
 N — ?

Ответ: 1.

4. Ответ: 4.

5. Дано:
 $m_1 = 6$ кг
 $m_2 = 3$ кг
 $\frac{N_1}{N_2}$ — ?

Ответ: 44.

Решение:
 $m = \nu M.$
 $M(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16$ (г/моль) =
 $= 16 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
 $m = 200 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 3,2$ (кг).

Решение:
 $N = \nu N_A. N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.
 $\nu = \frac{m}{M}. N = \frac{m \cdot N_A}{M}.$
 $M(\text{NO}) = 14 + 16 = 30$ (г/моль) =
 $= 30 \cdot 10^{-3}$ (кг/моль).
 $N = \frac{0,6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{30 \cdot 10^{-3}} = 1,2 \cdot 10^{25}.$

Решение:
 $N = \nu N_A. N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.
 $\nu = \frac{m}{M}. N_1 = \frac{m_1 N_A}{M_1}; N_2 = \frac{m_2 N_A}{M_2}.$
 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{m_1 M_2}{M_1 m_2}.$
 $M_1(\text{H}_2) = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль;
 $M_2(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{6 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 44.$

33 день

2.1.6. Модель идеального газа

2.1.7. Связь между давлением и средней кинетической энергией теплового движения молекул идеального газа

1. Найти давление газа, если его концентрация равна $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$, а средняя кинетическая энергия каждого атома $6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$.
1) 18 кПа 2) 200 кПа 3) 120 кПа 4) 90 кПа
2. Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул гелия под давлением 10^5 Па , если концентрация молекул гелия $2,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.
1) $25 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ 3) $7,5 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$
2) $6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ 4) $19 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$
3. Найти давление газа, если его плотность 2 кг/м^3 , а среднее значение квадрата скорости его молекул $36 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{с}^2$.
1) 120 кПа 2) 240 кПа 3) 360 кПа 4) 480 кПа
4. Газ массой 3 кг занимает объем 10 м^3 . Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, если давление его 0,4 МПа.
1) $2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ 3) $1 \cdot 10^3 \text{ м/с}$
2) $3 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ 4) $4 \cdot 10^3 \text{ м/с}$
5. Давление молекул кислорода равно 0,4 МПа, а средняя квадратичная скорость равна 700 м/с. Найти концентрацию молекул.
1) $0,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ 3) $2,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
2) $3,2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$ 4) $4,6 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
6. Надутый детский воздушный шарик, оставленный на солнце, нагрелся на несколько градусов. Как изменились в результате объем шарика, его масса и давление в нем? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличились
2) уменьшились
3) не изменились

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

6

Объем шарика	Масса шарика	Давление в шарике

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 3.

2. Ответ: 2.

3. Дано:

$$\begin{array}{l} \rho = 2 \text{ кг/м}^3 \\ \bar{v}^2 = 36 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{с}^2 \\ p = ? \end{array}$$

Решение:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 \quad \text{— основное уравнение}$$

МКТ.

$$\rho = n \cdot m_0.$$

$$p = \frac{1}{3} \rho \cdot \bar{v}^2. \quad [p] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па};$$

$$p = \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 36 \cdot 10^4 = 240 \cdot 10^3 = 240 \text{ (кПа)}.$$

Ответ: 2.

4. Дано:

$$\begin{array}{l} m = 3 \text{ кг} \\ V = 10 \text{ м}^3 \\ p = 0,4 \text{ МПа} = \\ = 0,4 \cdot 10^6 \text{ Па} \\ \bar{v} = ? \end{array}$$

Решение:

$$\text{Основное уравнение МКТ: } p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2.$$

$$\rho = n m_0; \quad \rho = \frac{m}{V}. \quad p = \frac{m \bar{v}^2}{3V}.$$

$$\text{Отсюда: } \bar{v} = \sqrt{\frac{3pV}{m}}.$$

$$[\bar{v}] = \sqrt{\frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 10}{3}} = 2 \cdot 10^3 \text{ (м/с)}.$$

Ответ: 1.

5. Дано:

$$\begin{array}{l} \text{O}_2 \\ p = 0,4 \text{ МПа} = \\ = 0,4 \cdot 10^6 \text{ Па} \\ \bar{v} = 700 \text{ м/с} \\ n = ? \end{array}$$

Решение:

$$\text{Основное уравнение МКТ: } p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2.$$

$$n = \frac{3p}{m_0 \bar{v}^2}. \quad m_0 = 5,35 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

$$[n] = \frac{\text{Па} \cdot \text{с}^2}{\text{кг} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2} = \text{м}^{-3}.$$

$$n = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 10^6}{5,35 \cdot 10^{-26} \cdot 700^2} = 4,6 \cdot 10^{25} \text{ (м}^{-3}\text{)}.$$

Ответ: 4.

6. Ответ: 133.

34 день

2.1.8. Абсолютная температура

2.1.9. Связь температуры газа со средней кинетической энергией его частиц

1. Чему равна абсолютная температура, если ртутный термометр показывает 27°C ?

- 1) 300 K 2) 273 K 3) 27 K 4) 0 K

1 2 3 4 1

2. Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул при температуре 30°C .

- 1) $6,3 \cdot 10^{-21}\text{ Дж}$ 3) $5,1 \cdot 10^{-21}\text{ Дж}$
2) $3,7 \cdot 10^{-20}\text{ Дж}$ 4) $8,4 \cdot 10^{-20}\text{ Дж}$

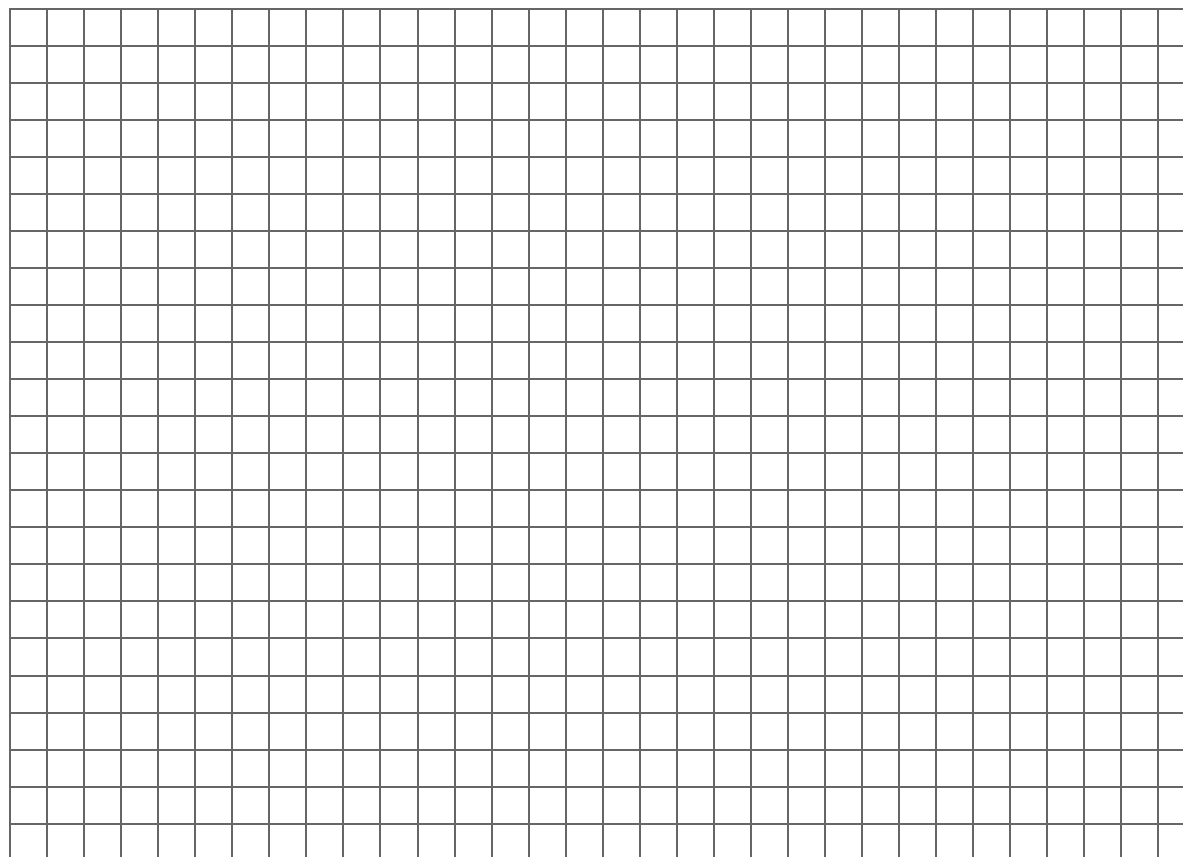
1 2 3 4 2

3. При какой температуре средняя скорость молекулы кислорода равна 710 м/с ?

3

4. На сколько увеличится средняя кинетическая энергия молекул газа при увеличении его температуры от 5°C до 40°C ?

4



ОТВЕТЫ:

В молекулярно-кинетической теории температура характеризует величину средней энергии хаотического движения молекул — молекулы более теплого тела движутся быстрее.

Средняя кинетическая энергия пропорциональна температуре:

$$\left\langle \frac{mv^2}{2} \right\rangle = \frac{3}{2} k_B T.$$

Коэффициент k_B — постоянная Больцмана, равная

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

Постоянная Больцмана связывает температуру Θ в энергетических единицах с температурой T в кельвинах.

Если тело состоит из N молекул, то их полная кинетическая энергия равна:

$$E_{\text{кин}} = N \left\langle \frac{mv^2}{2} \right\rangle = \frac{3}{2} N k_B T.$$

1. Ответ: 1.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\begin{array}{l} \text{O}_2 \\ \bar{v} = 710 \text{ м/с} \\ k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \\ T - ? \end{array}$$

Решение:

Средняя кинетическая энергия хаотического поступательного движения молекул газа пропорциональна абсолютной температуре:

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT.$$

k — постоянная Больцмана.

$$T = \frac{2\bar{E}}{3k}; \quad \bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}; \quad T = \frac{m_0 \bar{v}^2}{3k}.$$

$$M(\text{O}_2) = 2 \cdot 16 = 32 \text{ а. е. м.}$$

$$m_0(\text{O}_2) = 32 \text{ а. е. м.} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 5,3 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

$$[T] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Дж} \cdot \text{с}^2} = \text{К.} \quad T = \frac{5,3 \cdot 10^{-26} \cdot 710^2}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}} = 640 \text{ (К).}$$

Ответ: 640.

4. Дано:

$$\begin{array}{l} t_1 = 5^\circ \text{C} \\ t_2 = 40^\circ \text{C} \\ \Delta \bar{E} - ? \end{array}$$

Решение:

$$\Delta \bar{E} = \bar{E}_2 - \bar{E}_1; \quad \bar{E}_2 = \frac{3}{2} kT_2; \quad \bar{E}_1 = \frac{3}{2} kT_1;$$

k — постоянная Больцмана;

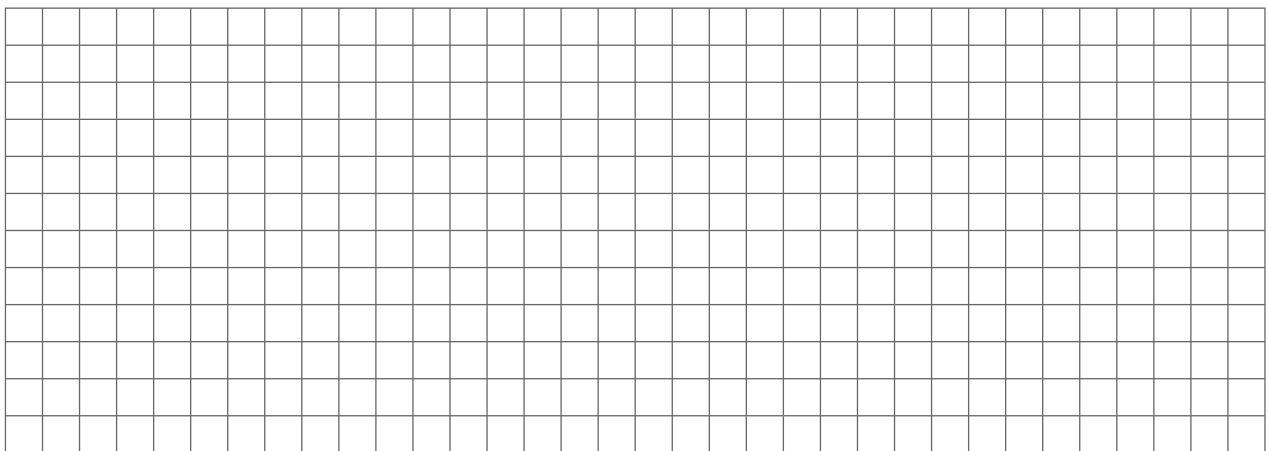
$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К.} \quad \Delta \bar{E} = \frac{3}{2} k(T_2 - T_1).$$

$$T = t + 273; \quad T_1 = 5 + 273 = 278 \text{ К}; \quad T_2 = 40 + 273 = 313 \text{ К.}$$

$$[\Delta \bar{E}] = \frac{\text{Дж}}{\text{К}} (\text{К} - \text{К}) = \text{Дж};$$

$$\Delta \bar{E} = \frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}}{2} (313 - 278) = 72,45 \cdot 10^{-23} \text{ (Дж).}$$

Ответ: $72,45 \cdot 10^{-23}$.



35 день

2.1.10. Уравнение $p = nkT$

1. Сколько молекул содержится в 2 м^3 газа при давлении 300 кПа и температуре 27°C ?

- 1) $1,4 \cdot 10^{26}$ 2) $2 \cdot 10^{26}$ 3) $27 \cdot 10^{26}$ 4) $6 \cdot 10^{26}$

1 2 3 4 1

2. Найти температуру газа, если средняя кинетическая энергия хаотического движения его молекул равна $8,28 \cdot 10^{-21}$ Дж.

- 1) 200 К 2) 400 К 3) 800 К 4) 273 К

1 2 3 4 2

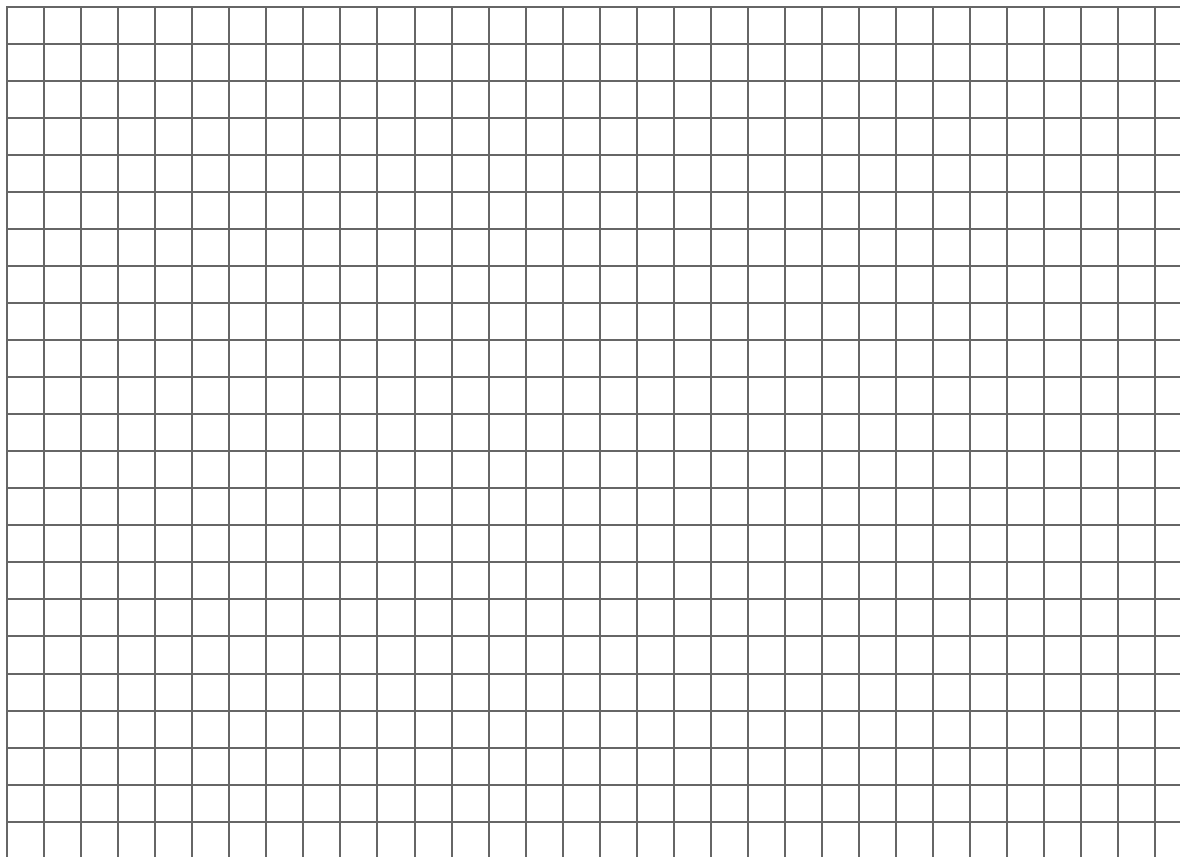
3. Найти число молекул в 3 м^3 газа при давлении 100 кПа и температуре 100 К.

- 1) $2,17 \cdot 10^{26}$ 3) $3,1 \cdot 10^{26}$
2) $30 \cdot 10^{26}$ 4) $5,2 \cdot 10^{26}$

1 2 3 4 3

4. Кинетическая энергия молекул газа равна 4 МДж. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, если его масса равна 2 кг.

4



ОТВЕТЫ:

1. Дано:

$$V = 2 \text{ м}^3$$

$$p = 300 \text{ кПа}$$

$$t = 27^\circ\text{C}$$

$$N = ?$$

Решение:

$$p = 300 \text{ кПа} = 300 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$p = nkT; n = \frac{N}{V}; p = \frac{NkT}{V}; N = \frac{p \cdot V}{kT};$$

$$T = t + 273; T = 27 + 273 = 300 \text{ (К)}.$$

$$N = \frac{300 \cdot 10^3 \cdot 2}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} \approx 1,4 \cdot 10^{26}.$$

Ответ: 1.

2. Ответ: 2.

3. Ответ: 1.

4. Дано:

$$\bar{E}_k = 4 \text{ МДж} =$$

$$= 4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$\bar{v} = ?$$

Решение:

$$\bar{E}_k = N \bar{E}_{k_0}. \bar{E}_{k_0} = \frac{m_0 \bar{v}_0^2}{2} \text{ — средняя кинетическая энергия молекулы, значит общая кинетическая энергия молекул:}$$

$$\bar{E}_k = N \bar{E}_{k_0}. \bar{E}_k = \frac{Nm_0 \bar{v}_0^2}{2}; \bar{v}_0^2 = \frac{2\bar{E}_k}{Nm_0};$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A}; N = \nu N_A; \bar{v}_0^2 = \frac{2\bar{E}_k N_A}{\nu N_A M} = \frac{2\bar{E}_k}{\nu M}; m = \nu \cdot M;$$

$$\bar{v}_0^2 = \frac{2\bar{E}_k}{m} \Rightarrow \bar{v}_0 = \sqrt{\frac{2\bar{E}_k}{m}}.$$

$$[\bar{v}_0] = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\bar{v}_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^6}{2}} = 4000 \text{ (м/с)}.$$

Ответ: 4000.

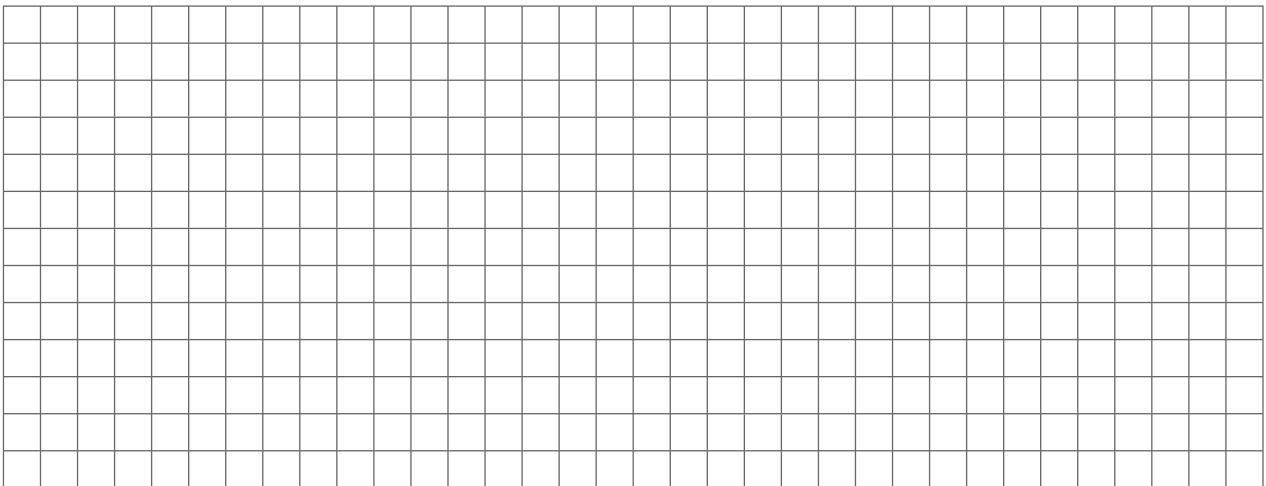
Основное уравнение
молекулярно-
кинетической теории

$$P = nk_B T.$$

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 $N = nV$:

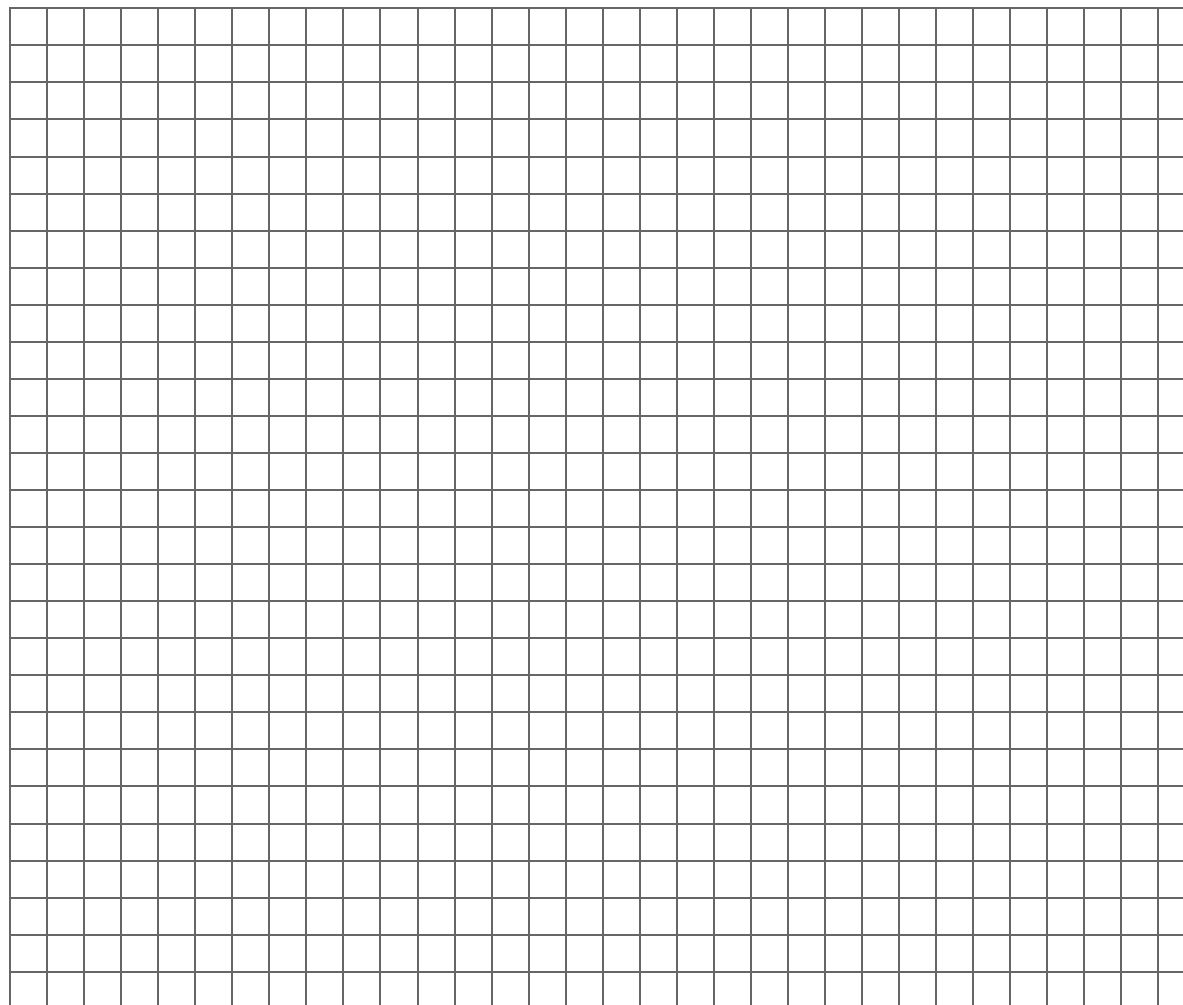
$$PV = nVk_B T = Nk_B T.$$



36 день

2.1.11. Уравнение Менделеева – Клапейрона

1. Сосуд объемом 200 мл наполнен азотом под давлением 100 кПа при температуре 27°C. Найти массу азота.
2. Под давлением $2 \cdot 10^5$ Па и при температуре 10°C газ занимает объем 200 мл. Под каким давлением температура газа объемом 400 мл будет равна 40°C, если масса газа не изменится? $p = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 313 / (0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 283) = 1,1 \cdot 10^5$.
3. В сосуде 0,2 м³ находится газ под давлением $4 \cdot 10^5$ Па при температуре 5°C. На сколько увеличится число молекул газа, если после подкачивания в сосуд газа давление увеличилось в 2 раза, а температура увеличилась на 30°C?

 1 2 3

Ответы:

1. Дано:

$$\begin{aligned} V &= 200 \text{ мл} \\ p &= 100 \text{ кПа} \\ t &= 27^\circ\text{C} \\ \hline m &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} V &= 200 \text{ мл} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\ p &= 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па} \\ T &= t + 273; T = 27 + 273 = 300 \text{ (К)}. \\ pV &= \frac{m}{M} kT \text{ — уравнение состояния идеального газа.} \end{aligned}$$

$$m = \frac{p \cdot V \cdot M}{kT}, \quad R \text{ — универсальная газовая постоянная,}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

$$M(\text{N}_2) = 2 \cdot 14 = 28 \text{ (г/моль)} = 28 \cdot 10^{-3} \text{ (кг/моль)}.$$

$$m = \frac{10^5 \cdot 0,2 \cdot 28 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} \approx 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}.$$

$$\text{Ответ: } 0,22 \cdot 10^{-3}.$$

2. Ответ: $4 \cdot 10^5$.

3. Дано:

$$\begin{aligned} V &= 0,2 \text{ м}^3 \\ p_1 &= 4 \cdot 10^5 \text{ Па} \\ t_1 &= 5^\circ\text{C} \\ p_2 &= 2p_1 \\ t_2 &= t_1 + 30^\circ\text{C} \\ \hline \Delta N &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \Delta N &= N_2 - N_1. \quad N = n \cdot V. \\ p &= nkT \approx n = \frac{p}{kT}; \quad k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}. \end{aligned}$$

$$\Delta N = \frac{V \cdot p_2}{kT_2} - \frac{V \cdot p_1}{kT_1}; \quad \Delta N = \frac{V}{k} \left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right).$$

$$p_2 = 2p_1; \quad p_2 = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}; \quad t_2 = t_1 + 30^\circ\text{C};$$

$$t_2 = 35^\circ\text{C}; \quad T = t + 273; \quad T_1 = 30 + 273 = 303 \text{ (К)};$$

$$T_2 = 35 + 273 = 308 \text{ (К)}.$$

$$\Delta N = \frac{0,2}{1,38 \cdot 10^{-23}} \left(\frac{8 \cdot 10^5}{308} - \frac{4 \cdot 10^5}{303} \right) \approx 1,8 \cdot 10^{25}.$$

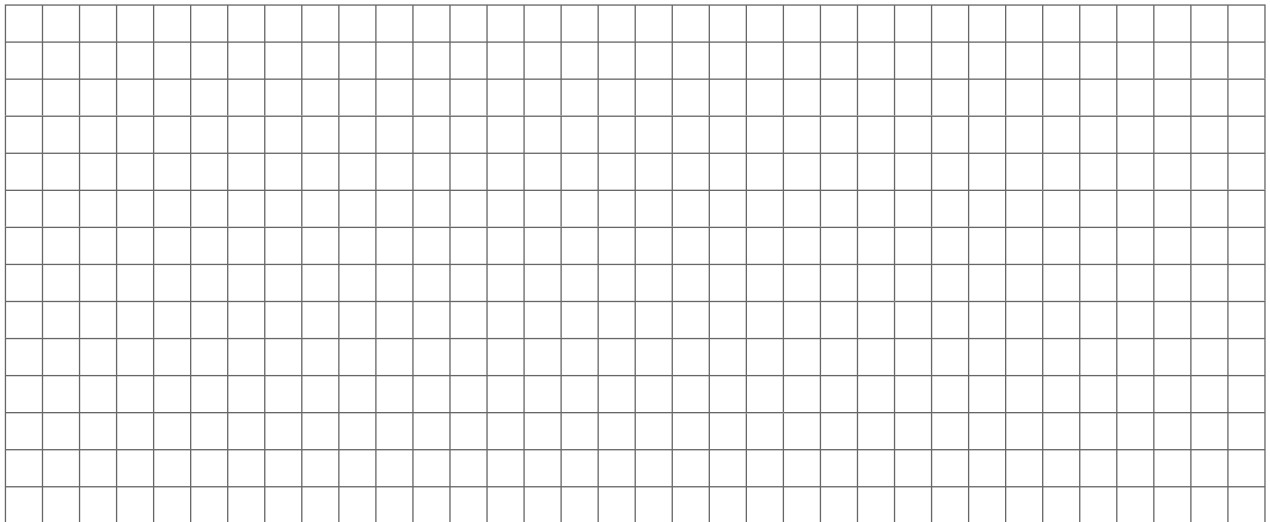
$$\text{Ответ: } 1,8 \cdot 10^{25}.$$

Уравнение Менделеева - Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

Величина R — это универсальная газовая постоянная, значение которой не зависит от природы вещества:

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}.$$



37 день

2.1.12. Изопроцессы: изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный процессы

1. Газ сжат изотермически от объема 4 мл до объема 2 мл. Давление при этом увеличилось на 2 кПа. Найти начальное давление.
 1) 4 кПа 2) 8 кПа 3) 2 кПа 4) 12 кПа

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

2. Как изменится давление газа в цилиндре, если поршень медленно опустить на $1/3$ высоты цилиндра?
 1) 0,2 2) 0,5 3) 1,2 4) 1,5

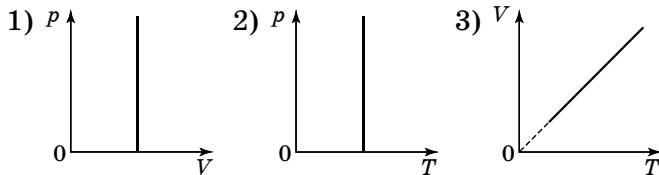
1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. При увеличении температуры воздуха на 10 К объем увеличился в 6 раз. Найти начальную температуру ($p = \text{const}$).

	3
--	---

4. Установите соответствие между названиями изопроцесса и его графиками, данными в координатах $p(V)$, $p(T)$, $V(T)$ на рисунках, записав в таблице под названием процесса номера соответствующих ему графиков.

	4
--	---



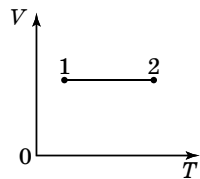
Изобарный	Изохорный	Изотермический

5. Некий идеальный газ при постоянном давлении был переведен из состояния 1 в состояние 2, как изображено на графике. Как изменились при этом объем, температура и масса газа?

	5
--	---

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) изменилась
 2) уменьшилась
 3) не изменилась



Объем газа	Температура газа	Масса газа

ОТВЕТЫ:

Изопроцессы

Процессы, происходящие при постоянном значении одного из параметров состояния (T, P, V) при фиксированной массе газа. Если количество вещества не изменяется

$$\left(\frac{m}{M} = \text{const} \right),$$

то $\frac{PV}{T} = \frac{m}{M}R = \text{const}.$

Уравнение Клапейрона

В различных термодинамических состояниях отношение $\frac{PV}{T}$ будет одинаковым:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}.$$

Изотермический процесс

Процесс, который происходит при постоянной температуре.

Закон Бойля – Мариотта

$$PV = \text{const}$$

Изохорический процесс

Процесс, который происходит при постоянном объеме.

Закон Шарля

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

Изобарический процесс

Процесс, который происходит при постоянном давлении.

Закон Гей-Люссака

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

1. Ответ: 3.

2. Дано:

$$V_2 = \frac{2}{3} V_1$$

$$\frac{p_2}{p_1} = ?$$

Решение:

$T = \text{const}$ — изотермический процесс.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{или} \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2}.$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{3V_1}{2V_2} = 1,5.$$

Ответ: 4.

3. Дано:

$$\Delta T = 10 \text{ К}$$

$$V_2 = 6V_1$$

$$T_1 = ?$$

Решение:

$p = \text{const}$ — изобарный процесс.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

$T_2 = T_1 + \Delta T$ — по условию задачи.

$$V_1(T_1 + \Delta T) = V_2 T_1; V_1 T_1 + V_1 \Delta T = V_2 T_1; T_1(V_2 - V_1) = V_1 \Delta T;$$

$$T_1 = \frac{V_1 \Delta T}{V_2 - V_1}; T_1 = \frac{V_1 \Delta T}{6V_1 - V_1} = \frac{V_1 \Delta T}{5V_1} = \frac{\Delta T}{5}.$$

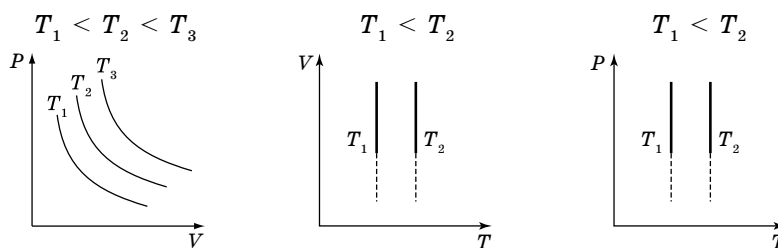
$$[T_1] = \text{К}; T_1 = 10 : 5 = 2 \text{ (К)}.$$

Ответ: 2.

4. Ответ: 312.

5. Ответ: 312.

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.

38 день

2.1.13. Насыщенные и ненасыщенные пары

2.1.14. Влажность воздуха

1. Давление насыщенного пара зависит от
- 1) занимаемого объема
 - 2) температуры
 - 3) температуры и химического состава пара
 - 4) объема и температуры

1 2 3 4 1

2. Какую величину измеряют с помощью психрометра?
- 1) относительную влажность
 - 2) абсолютную влажность
 - 3) плотность
 - 4) температуру

1 2 3 4 2

3. В комнате объемом $V = 200 \text{ м}^3$ при температуре 15°C относительная влажность воздуха $\varphi = 55\%$. Найти массу водяных паров в воздухе комнаты. Давление насыщенного пара при 15°C равно $12,8 \text{ мм рт. ст.}$

3

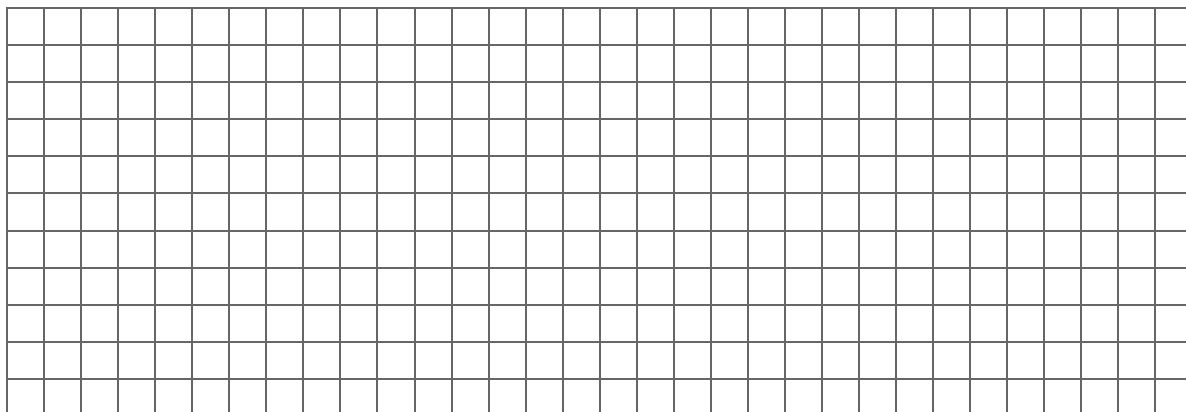
4. Поздней осенью идущий дождь сменился мокрым снегом. Как при этом изменилась температура, абсолютная и относительная влажность воздуха?

4

Для каждой величины определите соответствующий характер изменений:

- 1) немного возросла
- 2) немного снизилась
- 3) не изменилась

Температура	Абсолютная влажность	Относительная влажность



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.

Парциальное давление

Давление, которое создавал бы водяной пар, если бы не было других газов.

Относительная влажность воздуха

Отношение парциального давления пара к давлению насыщенного пара при данной температуре:

$$\varphi = \frac{P}{P_{\text{нас}}} \cdot 100 \%$$

1. Ответ: 3.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$V = 200 \text{ м}^3$$

$$t = 15^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 55 \%$$

$$p_{\text{н}} = 12,8 \text{ мм рт. ст.}$$

$$m = ?$$

Решение:

$pV = \frac{m}{M} kT$ — уравнение Менделеева – Клапейрона.

$$\text{Отсюда } m = \frac{p \cdot M \cdot V}{kT}, \quad (1)$$

где $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ — универсальная газовая постоянная; $M = 0,018 \text{ кг}/\text{моль}$ — молярная масса воды. Относительная влажность воздуха: $\varphi = \frac{P}{P_{\text{н}}} \cdot 100 \%$.

$$\text{Отсюда } p = \frac{\varphi \cdot P_{\text{н}}}{100 \%}. \quad (2)$$

(2) подставляем в (1) и получаем: $m = \frac{\varphi P_{\text{н}} \cdot V \cdot M}{100 \% \cdot kT}$;

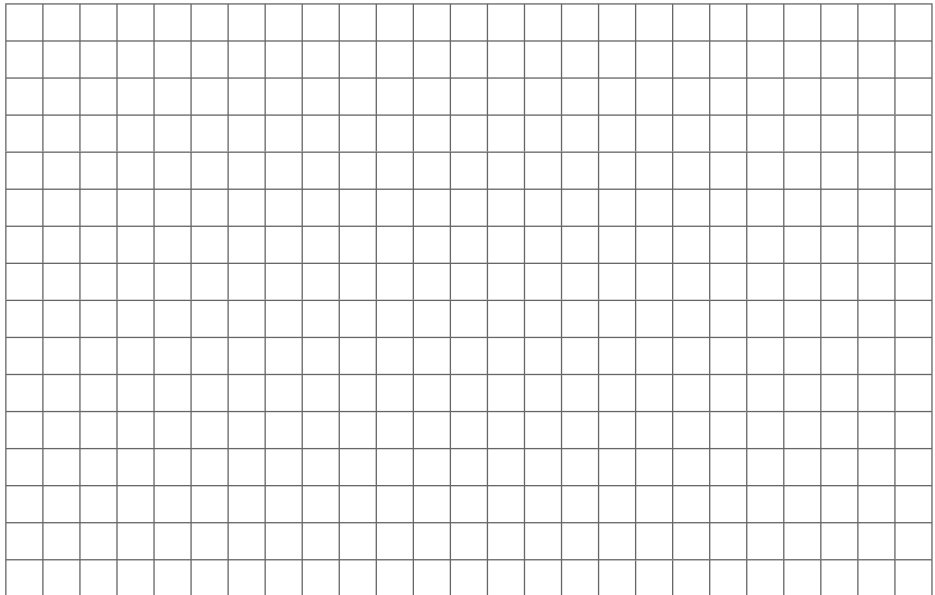
$$p_{\text{н}} = 12,8 \text{ мм рт. ст.} \approx 1706,24 \text{ (Па)} \quad (1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3 \text{ Па}).$$
$$T = t + 273; \quad T = 15 + 273 = 288 \text{ (К)}.$$

$$[m] = \frac{\% \cdot \text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{моль} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{Дж} \cdot \text{К} \cdot \%} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \text{кг};$$

$$m = \frac{55 \cdot 1706,24 \cdot 200 \cdot 0,018}{100 \cdot 8,31 \cdot 288} \approx 1,4 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 1,4.

4. Ответ: 132.



39 день

2.1.15. Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости

1. Выберите правильное утверждение относительно кипения воды в открытом сосуде при повышении атмосферного давления.

1 2 3 4 1

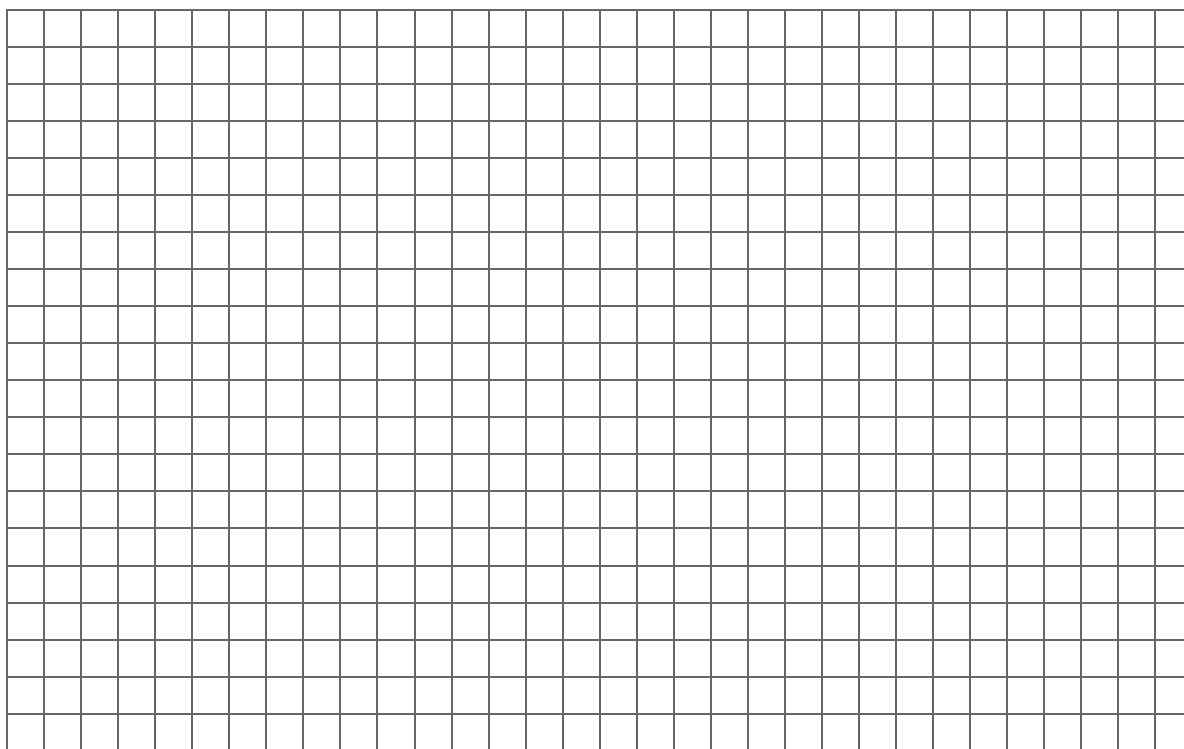
- 1) температура кипения остается неизменной
- 2) температура кипения понижается
- 3) кипение становится невозможным
- 4) температура кипения повышается

2. В комнате при температуре 10°C относительная влажность $\varphi_1 = 30\%$. Сколько нужно испарить воды для увеличения влажности до $\varphi_2 = 60\%$? Плотность насыщенных паров воды при температуре 10°C равна $\rho = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$, а объем комнаты 50 м^3 .

2

3. Найти абсолютную влажность ρ воздуха в комнате объемом 50 м^3 , если для повышения относительной влажности от $\varphi_1 = 20\%$ до $\varphi_2 = 60\%$ необходимо испарить дополнительно воду массой 200 г .

3



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:

$$Q_{\text{парообр}} = Lm,$$

$$Q_{\text{конденс}} = -Lm.$$

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. *Ответ: 4.*

2. *Дано:*

$$t = 10^\circ\text{C}$$

$$\varphi_1 = 30\% = 0,3$$

$$\varphi_2 = 60\% = 0,6$$

$$\rho_{\text{н}} = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$$

$$V = 50 \text{ м}^3$$

$$\Delta t = ?$$

Решение:

Относительная влажность: $\varphi = \frac{p}{p_{\text{н}}}$.

$$p = \frac{mkR}{MV}, \text{ тогда}$$

$$\frac{p}{p_{\text{н}}} = \frac{mkT}{MV} \cdot \frac{MV}{m_{\text{н}}kT} = \frac{m}{m_{\text{н}}}.$$

$$\varphi = \frac{m}{m_{\text{н}}} \Rightarrow m = \varphi m_{\text{н}}.$$

$$\Delta m = m_2 - m_1; \Delta m = \varphi_2 m_{\text{н}} - \varphi_1 m_{\text{н}}; \Delta m = m_{\text{н}}(\varphi_2 - \varphi_1);$$

$$m_{\text{н}} = \rho_{\text{н}} \cdot V; \Delta m = \rho_{\text{н}} V(\varphi_2 - \varphi_1).$$

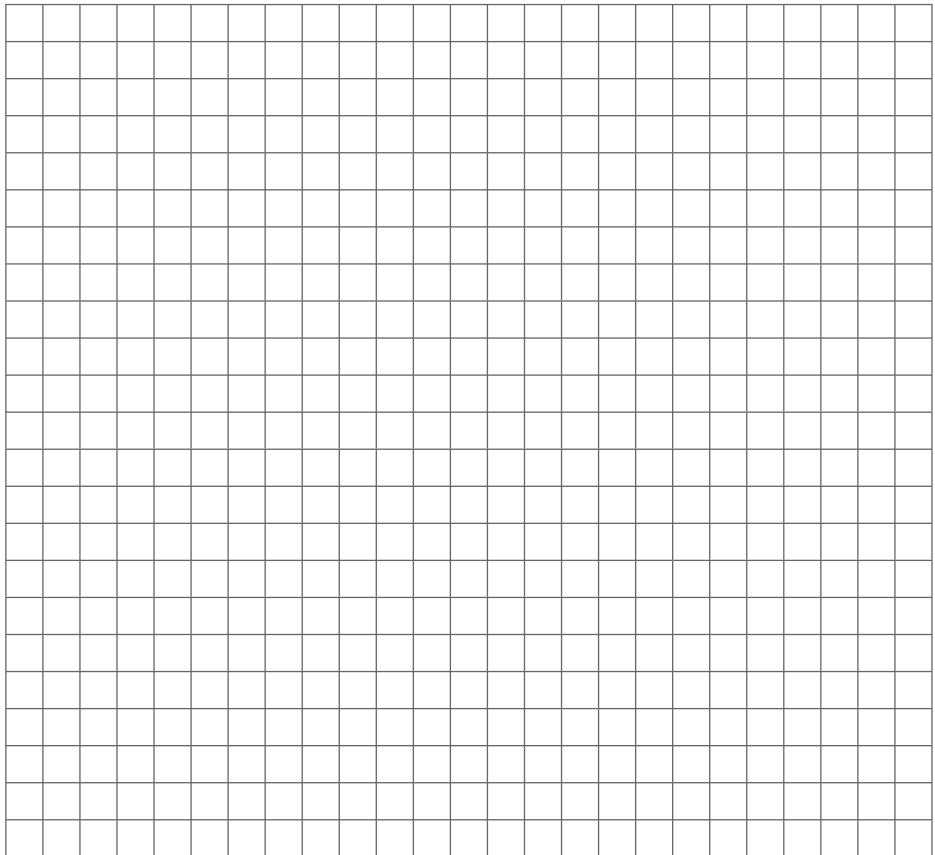
$$[\Delta m] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3} = \text{кг};$$

$$\Delta m = 9,4 \cdot 10^{-3} \cdot 50(0,6 - 0,3) = 0,141 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 0,141.

3. *Ответ: $\rho = \frac{m\varphi_2}{(\varphi_2 - \varphi_1)V} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ (кг/м}^3\text{)}$.*

Ответ: $6 \cdot 10^{-3}$.



40 день

2.1.16. Изменение агрегатных состояний веществ: плавление и кристаллизация

2.1.17. Изменение энергии в фазовых переходах

1. Груз массой 100 кг висит на тросе диаметром 25 мм. Определить механическое напряжение в тросе.

- 1) $0,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ 3) $4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$
 2) $2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ 4) $4,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$

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

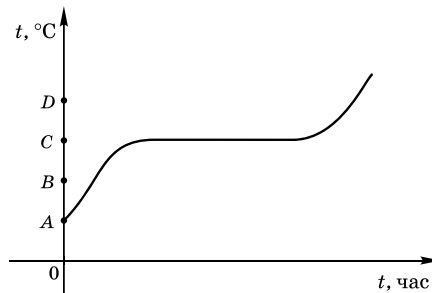
2. Найти напряжение, возникающее в медной проволоке, при относительном удлинении 0,002.

- 1) $240 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ 3) $24 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$
 2) $120 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ 4) $25 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$

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

3. На рисунке изображена зависимость температуры от времени некоторого вещества, в начальный момент времени находящегося в твердом состоянии. Количество подводимого тепла в единицу времени постоянно. Исходя из этого рисунка можно сделать вывод, что значению температуры плавления соответствует точка на оси ординат

- 1) A
 2) B
 3) C
 4) D



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

4. Найти диаметр стального стержня, если под действием силы 250 кН относительная деформация стержня равна 0,4%, а модуль Юнга равен $2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$.

	4
--	---

5. Установите соответствие между некоторыми свойствами вещества (левый столбец) и его агрегатным состоянием (правый столбец).

- 1) расстояние между молекулами намного больше размеров самих молекул
 2) атомы (молекулы) совершают малые колебания около положения равновесия
 3) вещество принимает форму сосуда, в который его помещают

	5
--	---

Жидкость	Газ	Твердое тело

Ответы:

1. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 100 \text{ кг} \\ d &= 25 \text{ мм} \\ \sigma &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{S}; \quad S = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}. \\ d &= 25 \text{ мм} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \\ \sigma &= \frac{4F}{\pi d^2}; \quad F = mg; \quad \sigma = \frac{4mg}{\pi d^2}; \\ \sigma &= \frac{4 \cdot 100 \cdot 9,8}{3,14 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2} \approx 2 \cdot 10^6 \text{ (Н/м}^2\text{)}. \end{aligned}$$

Ответ: 2.

2. $\sigma = E \cdot |\varepsilon| = 240 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$.

Ответ: 1.

3. Ответ: 3.

4. Дано:

$$\begin{aligned} F &= 250 \text{ кН} = \\ &= 250 \cdot 10^3 \text{ Н} \\ \varepsilon &= 0,4 \% \\ E &= 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \\ d &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} |\varepsilon| &= \frac{|\Delta l|}{l_0} = \frac{E}{ES} \quad \text{— закон Гука;} \\ S &\text{ — площадь поперечного сечения;} \\ S &= \frac{\pi d^2}{4}. \end{aligned}$$

Следовательно, $|\varepsilon| = \frac{4F}{\pi d^2 E}$, отсюда: $d = \sqrt{\frac{4F}{\pi |\varepsilon| E}}$;

$$|\varepsilon| = 0,4 \% = 0,004. \quad [d] = \sqrt{\frac{\text{Н}}{\text{Па}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Н}}} = \text{м};$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 250 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,004 \cdot 2 \cdot 10^{11}}} = 4 \cdot 10^{-2} = 0,019 \text{ (м)}.$$

Ответ: 0,019.

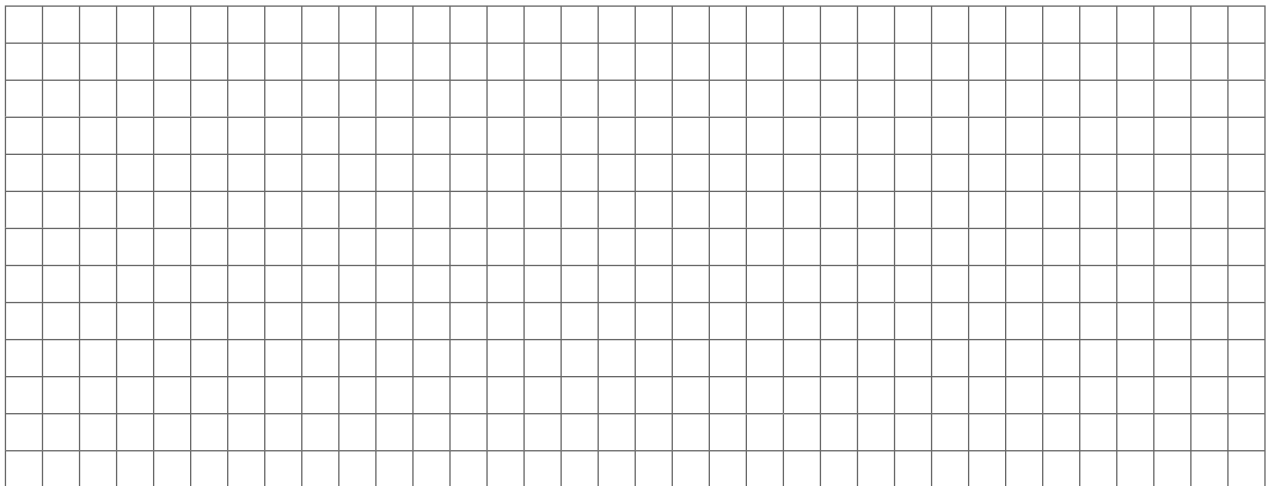
5. Ответ: 231.

**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:

$$Q_{\text{пл}} = \lambda m,$$

$$Q_{\text{кристал}} = -\lambda m.$$



ОТВЕТЫ:

1. Дано:

$$\nu = 20 \text{ моль}$$

$$t = 27^\circ\text{C}$$

$$U = ?$$

Решение:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT. \quad \nu = \frac{m}{M}; \quad U = \frac{3}{2} \nu RT;$$

$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ — универсальная газовая постоянная.

$$T = t + 273; \quad T = 27 + 273 = 300 \text{ К.}$$

$$U = \frac{3 \cdot 20 \cdot 8,31 \cdot 300}{2} = 74,79 \text{ (кДж)}.$$

Ответ: 1.

2. Ответ: 2.

3. Дано:

$$V = 20 \text{ м}^3$$

$$p = 100 \text{ кПа}$$

$$U = ?$$

Решение:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT. \quad pV = \frac{m}{M} RT \quad \text{— уравнение}$$

Менделеева–Клапейрона.

$$U = \frac{3}{2} pV. \quad p = 100 \text{ 000 Па.}$$

$$U = \frac{3 \cdot 100 \text{ 000} \cdot 20}{2} = 3 \text{ (МДж)}.$$

Ответ: 2.

4. Дано:

$$U = 1 \text{ Дж}$$

$$t = 32^\circ$$

$$N = ?$$

Решение:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow \nu = \frac{2U}{3RT}$$

$$N = \nu \cdot N_A; \quad T = 273 + 32 = 305 \text{ (К)}$$

$$R = N_A \cdot k$$

$$N = \frac{2UN_A}{3N_A \cdot kT} = \frac{2U}{3kT}$$

$$N = \frac{2 \cdot 1}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 305} \approx 1,6 \cdot 10^{20}$$

Ответ: 2.

5. Дано:

$$V_1 = 2V_2$$

$$p_2 = 4p_1$$

$$\frac{U_2}{U_1} = ?$$

Решение:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT. \quad pV = \frac{m}{M} RT; \quad U = \frac{3}{2} pV.$$

$$U_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1; \quad U_2 = \frac{3}{2} p_2 V_2;$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{3 \cdot 4p_1 \cdot V_2 \cdot 2}{2 \cdot 3p_1 \cdot 2V_2} = 2.$$

Ответ: 2.

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:

$$\Delta U_{\text{раб}} = A.$$

42 день

2.2.2. Тепловое равновесие

2.2.3. Теплопередача

2.2.4. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества

1. Какое количество теплоты выделится при сгорании 4 кг бензина?

- 1) 176 МДж 2) 184 МДж 3) 11 МДж 4) 90 кДж

1 2 3 4 1

2. Какое количество теплоты необходимо для нагревания на 10°C стального тела массой 4 кг?

- 1) 18,4 кДж 3) 22,4 кДж
2) 16,2 кДж 4) 43,4 кДж

1 2 3 4 2

3. Какое количество теплоты необходимо для превращения 4 кг воды температурой 20°C в пар при температуре 100°C ?

- 1) 4,6 МДж 3) 9,1 МДж
2) 8,2 МДж 4) 10,4 МДж

1 2 3 4 3

4. Какое количество теплоты выделится при конденсации 20 г водяного пара при 100°C и охлаждении полученной воды до 20°C ?

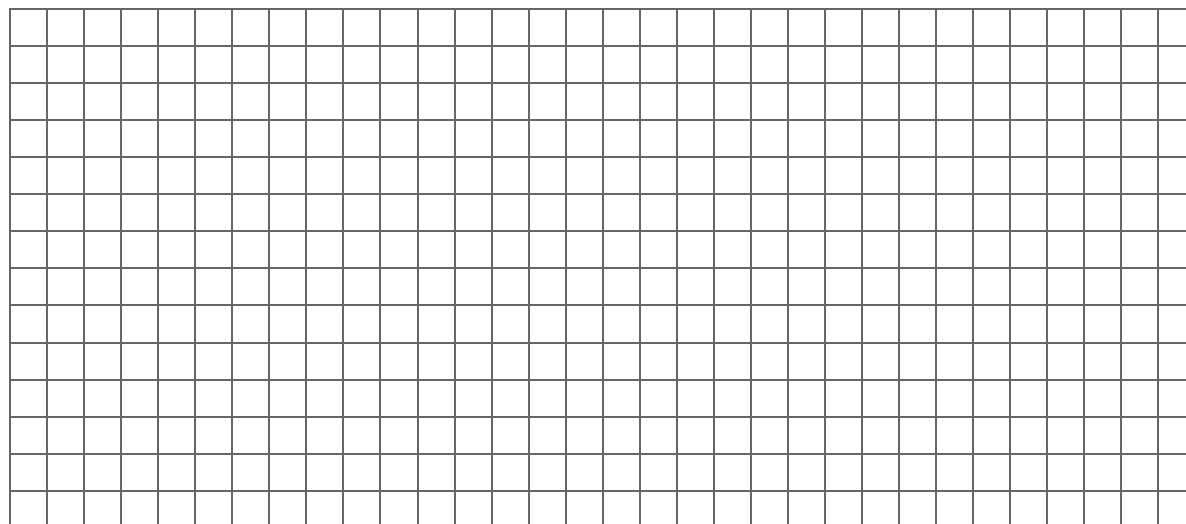
- 1) 40 кДж 2) 52 кДж 3) 0,1 МДж 4) 10 кДж

1 2 3 4 4

5. Какое количество теплоты необходимо, чтобы превратить 5 кг льда температурой -40°C в пар при 100°C ?

- 1) 13,77 МДж 3) 17,1 МДж
2) 15,66 МДж 4) 23,2 МДж

1 2 3 4 5



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

$$[Q] = \text{Дж},$$

$$[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Величина c — удельная теплоемкость вещества, т. е. количество теплоты, которое отдает или получает 1 кг вещества при изменении температуры на 1 градус.

1. Дано:

$$m = 4 \text{ кг}$$

$$q = 46 \text{ МДж/кг}$$

$$Q = ?$$

Ответ: 2.

Решение:

$$q = 46 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг. } Q = qm;$$

$$Q = 46 \cdot 10^6 \cdot 4 = 184 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}.$$

2. Дано:

$$m = 4 \text{ кг}$$

$$\Delta t = 10^\circ\text{C}$$

$$c = 0,46 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$$

$$Q = ?$$

Ответ: 1.

Решение:

$$c = 0,46 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

$$Q = cm\Delta t.$$

$$Q = 0,46 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10 =$$

$$= 18,4 \cdot 10^3 = 18,4 \text{ (кДж)}.$$

3. Дано:

$$m = 4 \text{ кг}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$c = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{}^\circ\text{C)}$$

$$r = 22,6 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$$

$$Q = ?$$

Ответ: 4.

Решение:

$$Q = Q_1 + Q_2; Q_1 = cm(t_2 - t_1);$$

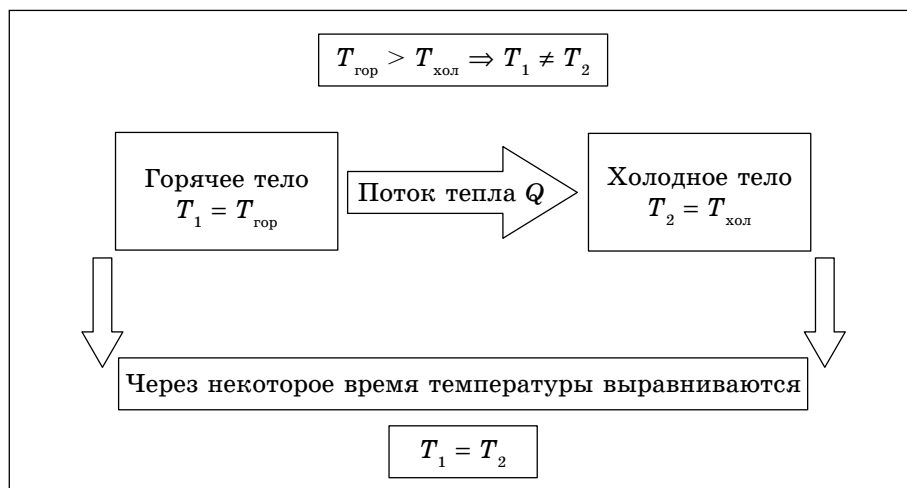
$$Q_2 = rm; Q = cm(r_2 - r_1) + rm;$$

$$Q = 4200 \cdot 4(100 - 20) + 22,6 \times$$

$$\times 10^5 \cdot 4 = 10\,384\,000 \approx 10,4 \text{ (МДж)}.$$

4. Ответ: 2.

5. Ответ: 1.



43 день

2.2.5. Работа в термодинамике

1. Какую работу совершают 290 г воздуха при изобарном нагревании на 5 К?
1) 315,6 Дж 3) 214,3 Дж
2) 415,5 Дж 4) 565,4 Дж
2. Какую работу совершает водород массой 6 г при изобарном нагревании на 60 К?
1) 1,5 кДж 2) 3 кДж 3) 4,5 кДж 4) 5,4 кДж
3. Какую работу совершает газ при изобарном нагревании на 10 К, если количество вещества газа равно 10 моль?
1) 432 Дж 2) 831 Дж 3) 653 Дж 4) 521 Дж
4. Найти объем газа под давлением $1,2 \cdot 10^5$ Па, если при изобарном расширении газа он совершил работу 1,8 кДж. Объем после расширения равен 45 л.
1) 10 2) 20 3) 30 4) 40
5. Постоянную массу идеального одноатомного газа сжимают сначала адиабатно, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной. За весь процесс внешние силы совершили работу, равную 15 кДж. Определите работу внешних сил при изобарном сжатии газа.

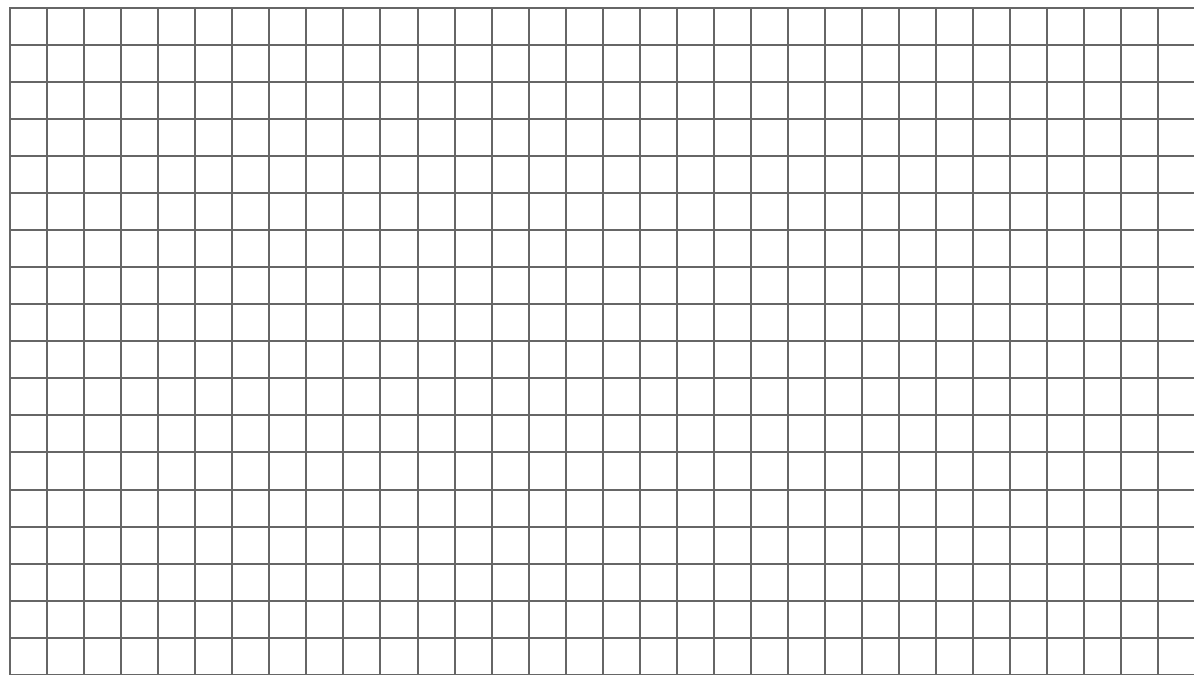
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

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

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

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

				5
--	--	--	--	---

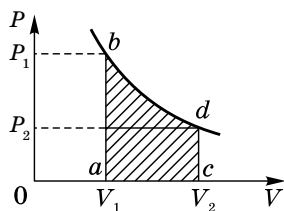
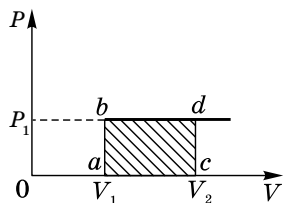


ОТВЕТЫ:

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. Дано:

$$m = 290 \text{ г}$$

$$M = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\Delta T = 5 \text{ К}$$

$$A = ?$$

Решение:

$$m = 290 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$A' = p(V_2 - V_1); \quad pV = \frac{m}{M} RT.$$

$$A' = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1); \quad A' = \frac{m}{M} R\Delta T;$$

$$A = \frac{290 \cdot 10^{-3}}{29 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 5 = 415,5 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 2.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\Delta T = 10 \text{ К}$$

$$\nu = 10 \text{ моль}$$

$$A = ?$$

Решение:

$$A' = p(V_2 - V_1); \quad pV = \frac{m}{M} RT.$$

$$A' = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1); \quad \frac{m}{M} = \nu; \quad \Delta T = T_2 - T_1;$$

$$A' = \nu R\Delta T. \quad [A] = \frac{\text{моль} \cdot \text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = \text{Дж};$$

$$A = 10 \cdot 8,31 \cdot 10 = 831 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 2.

4. Ответ: 3.

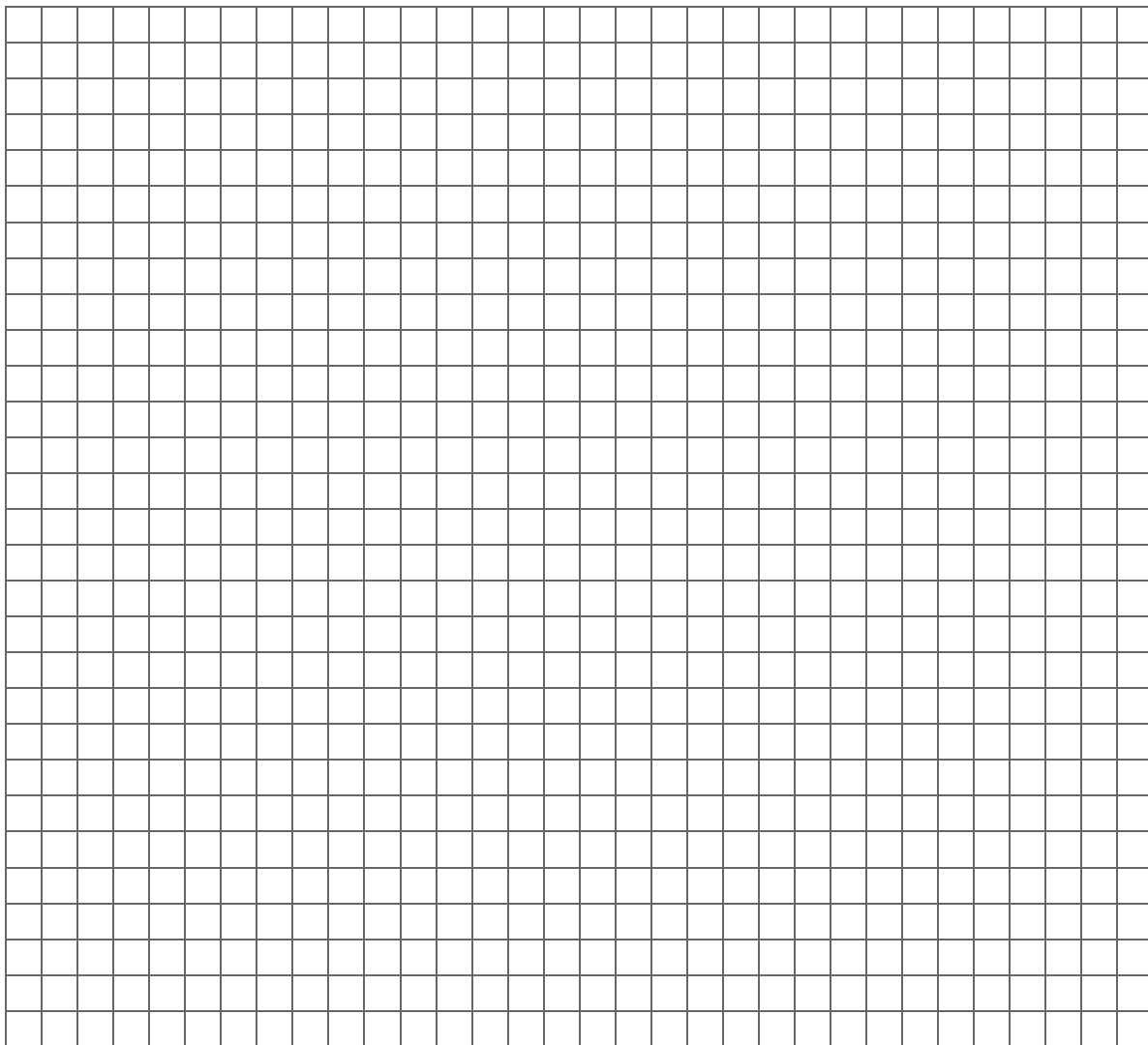
5. Ответ: 6 кДж.



44 день

2.2.6. Уравнение теплового баланса

1. В калориметр, в котором находится 1,5 кг воды температурой -10°C , положили 0,2 кг льда температурой -10°C . Какая температура Θ установится в калориметре? Теплоемкостью калориметра пренебречь.
2. В термостат с 2 л воды при температуре 90°C опустили кусок льда в медном ведре. Масса льда 0,2 кг, температура -10°C , масса ведерка 100 г, его температура считается комнатной ($+20^{\circ}\text{C}$). Какой будет температура содержимого термостата после установления термодинамического равновесия? Ответ дайте в $^{\circ}\text{C}$.

 1 2

Ответы:

1. Дано:

$$m_B = 1,5 \text{ кг}$$

$$t_B = 20^\circ\text{C}$$

$$m_L = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_L = -10^\circ\text{C}$$

$$\theta = ?$$

Решение:

$$\text{Уравнение теплового баланса: } \theta_B + \theta_L = 0.$$

$$\theta_L = m_L c_L (0^\circ\text{C} - t_L) + L m_L + m_L c_B (\theta - 0^\circ\text{C});$$

$$\theta_B = m_B c_B (\theta - t_B).$$

$$\text{Отсюда: } \theta = \frac{m_B c_B t_B + m_L c_L t_L - L m_L}{c_B (m_L + m_B)};$$

$$c_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; \quad c_L = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$L = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}};$$

$$[\theta] = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{Дж} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} + \frac{\text{кг} \cdot \text{Дж} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} - \frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{кг}}}{\frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} = \frac{\text{Дж} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Дж}} = ^\circ\text{C};$$

$$\theta = \frac{1,5 \cdot 4200 \cdot 20 + 0,2 \cdot 2100 \cdot (-10) - 3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,2}{4200 \cdot (0,2 + 1,5)} \approx 8 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

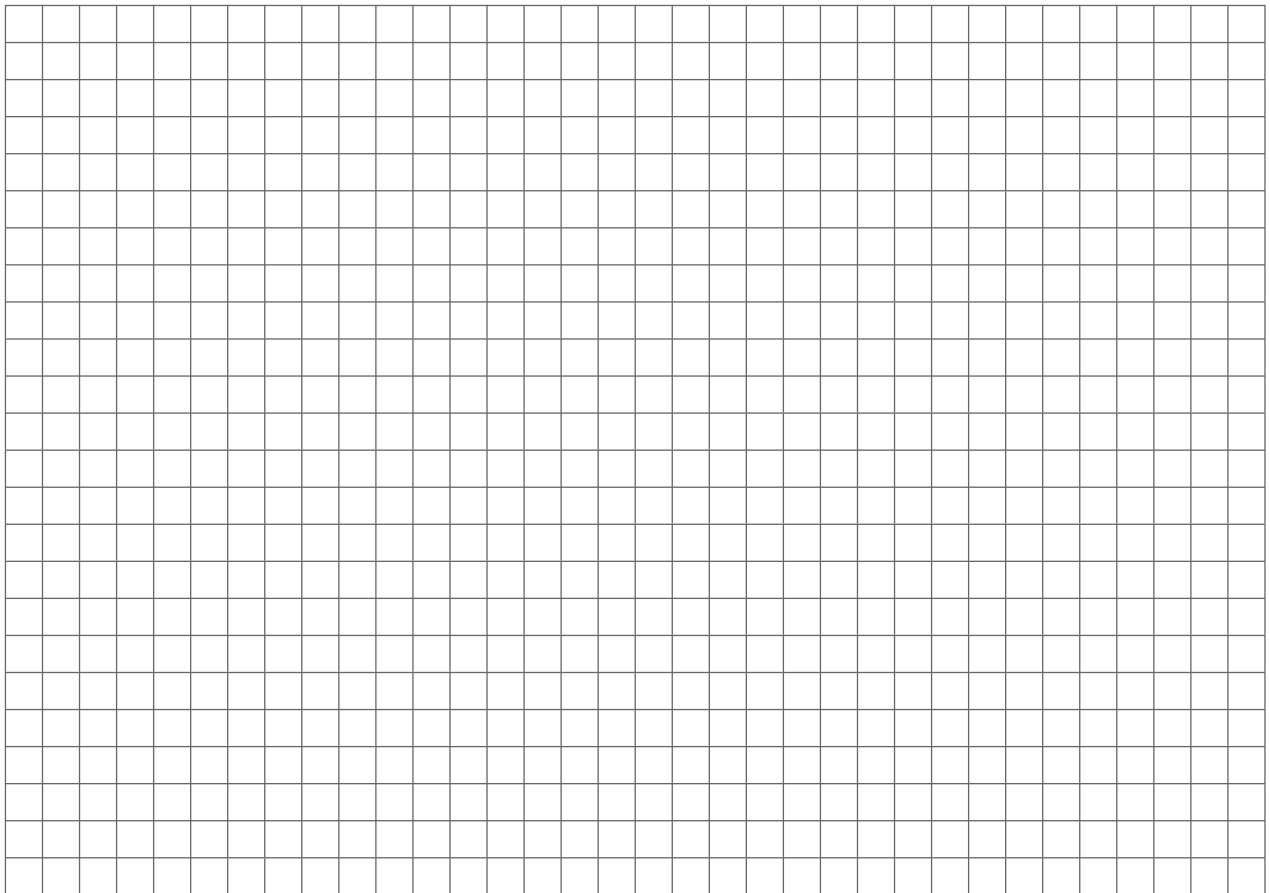
Ответ: 8.

2. Ответ: 74.

Уравнение теплового
баланса

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0,$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n —
количество теплоты,
полученное или отдан-
ное каждым телом.



45 день

2.2.7. Первый закон термодинамики

1. На сколько изменится внутренняя энергия газа, который совершил работу 50 кДж, передав количество теплоты 85 кДж?
1) 35 кДж 2) 135 кДж 3) 50 кДж 4) 25 кДж

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

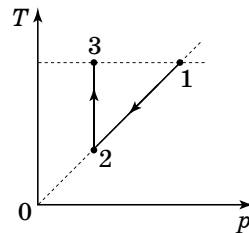
2. Какое количество теплоты необходимо передать газу, чтобы его внутренняя энергия увеличилась на 20 Дж и при этом газ совершил работу 40 Дж?
1) 60 Дж 2) 20 Дж 3) 80 Дж 4) 40 Дж

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

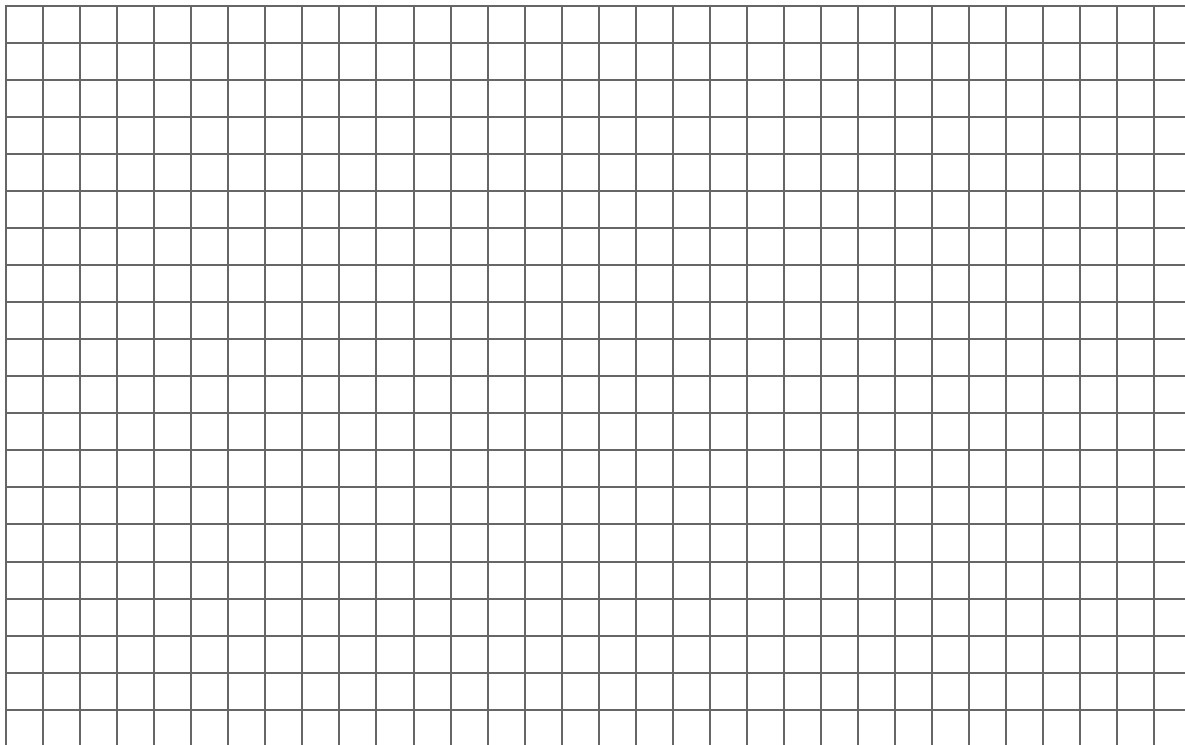
3. Газу передано при изохорическом процессе 20 МДж теплоты. Чему равно изменение его внутренней энергии?
1) 40 Дж 2) 20 МДж 3) 40 МДж 4) 60 МДж

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

4. 3 моль идеального одноатомного газа охладил, уменьшив давление в 3 раза. Затем газ нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщено газу на участке 2–3?



				4
--	--	--	--	---



ОТВЕТЫ:

1. Дано:

$$\begin{array}{l} A = 50 \text{ кДж} \\ Q = 85 \text{ кДж} \\ \hline \Delta U = ? \end{array}$$

Ответ: 1.

Решение:

$$\begin{array}{l} Q = \Delta U + A; \Delta U = Q - A; [U] = \text{Дж}; \\ \Delta U = 85 \cdot 10^3 - 50 \cdot 10^3 = 35 \cdot 10^3 = \\ = 35 \text{ (кДж)}. \\ \text{Ответ: } \Delta U = 35 \text{ кДж.} \end{array}$$

2. Дано:

$$\begin{array}{l} \Delta U = 20 \text{ Дж} \\ A = 40 \text{ Дж} \\ \hline Q = ? \end{array}$$

Ответ: 1.

Решение:

$$\begin{array}{l} Q = \Delta U + A; Q = 40 + 20 = 60 \text{ (Дж)}. \\ \text{Ответ: } Q = 60 \text{ Дж.} \end{array}$$

3. Дано:

$$\begin{array}{l} Q = 20 \text{ МДж} \\ \hline \Delta U = ? \end{array}$$

Ответ: 2.

Решение:

$$\begin{array}{l} \text{При изохорическом процессе: } \Delta U = Q. \\ \Delta U = 20 \text{ МДж.} \end{array}$$

4. Ответ: $Q_{23} = \frac{5}{3} \nu RT_2$. $Q_{23} = 12\,465 \text{ Дж}$.

Закон сохранения энергии в тепловых процессах (первое начало термодинамики)

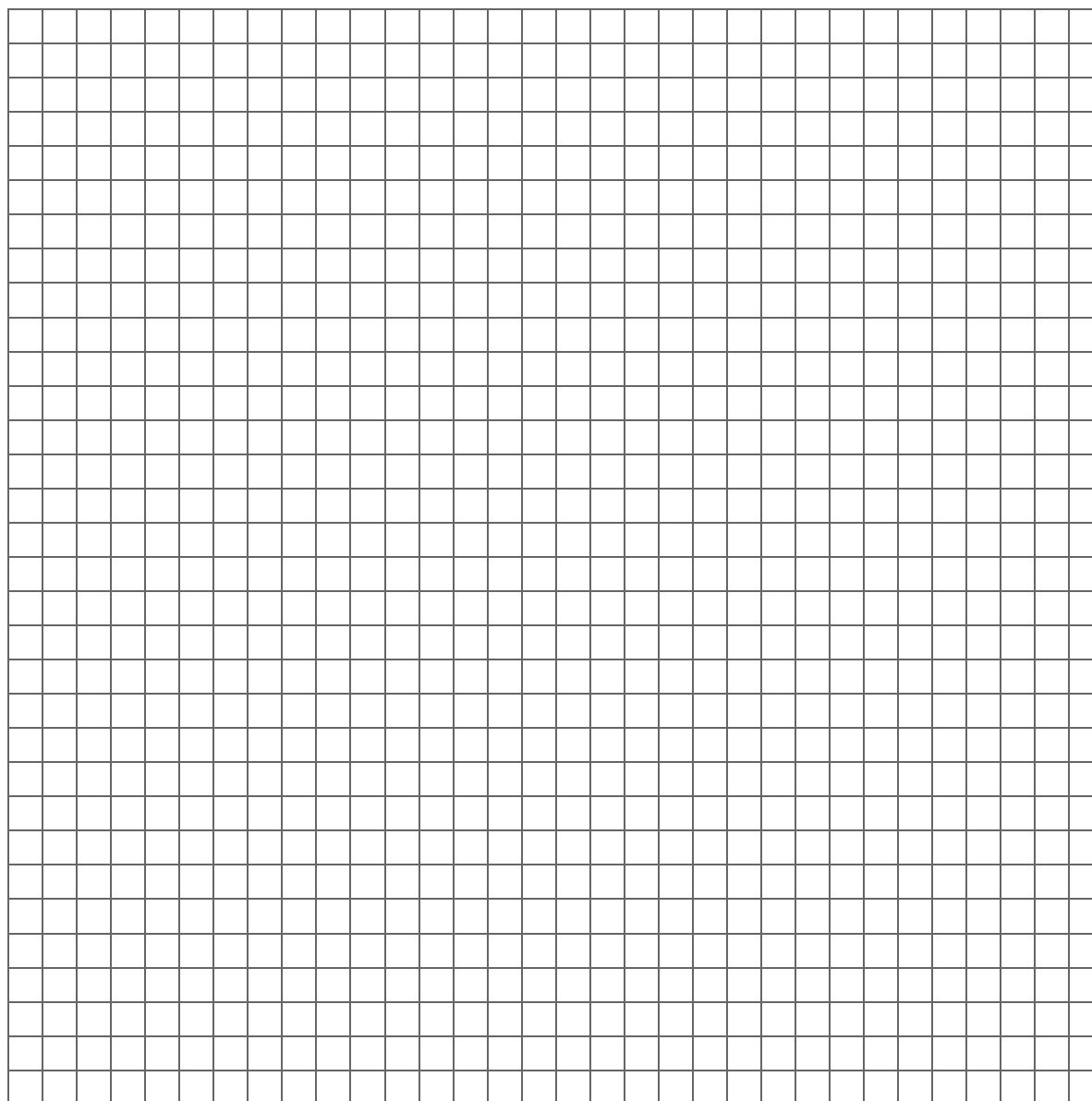
Изменение внутренней энергии системы равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:

$$\Delta U = A + Q.$$

46 день

2.2.8. Второй закон термодинамики

1. В калориметре находится вода массой 2 кг и температурой 30°C . В калориметр опускают лед температурой 0°C . Найти массу льда, если он весь растает.
2. В воду массой 1 кг и температурой 20°C положили лед массой 0,5 кг и температурой 0°C . Какая температура установится в сосуде?

 1 2

Ответы:

1. Дано:

$$\begin{array}{l} m_{\text{в}} = 2 \text{ кг} \\ t_{\text{в}} = 30^\circ\text{C} \\ t_{\text{л}} = 0^\circ\text{C} \\ \hline m_{\text{л}} = ? \end{array}$$

Решение:

Лед растает при температуре 0°C , значит, вода остывает до 0°C .

Уравнение теплового баланса:

$$\lambda m_{\text{л}} + c_{\text{в}} m_{\text{в}} (0^\circ\text{C} - t_{\text{в}}) = 0.$$

$$\text{Отсюда: } m_{\text{л}} = \frac{m_{\text{в}} c_{\text{в}} t_{\text{в}}}{\lambda}; \quad c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$$

λ — удельная теплота плавления, $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$;

$$[m_{\text{л}}] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{кг}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{Дж}} = \text{кг}; \quad m_{\text{л}} = \frac{4200 \cdot 2 \cdot 30}{3,3 \cdot 10^5} \approx 0,76 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 0,76.

2. Дано:

$$\begin{array}{l} m_{\text{в}} = 1 \text{ кг} \\ t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C} \\ m_{\text{л}} = 0,5 \text{ кг} \\ t_{\text{л}} = 0^\circ\text{C} \\ \hline Q = ? \end{array}$$

Решение:

Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q = 0$.

Вода остывает до 0°C , может передать льду количество теплоты: $Q_1 = c_{\text{в}} m_{\text{в}} t_{\text{в}} = 84 \text{ кДж}$.

Для плавления всего льда необходимо количество теплоты: $Q_2 = \lambda m_{\text{л}} = 165 \text{ кДж}$.

Так как $Q_2 > Q_1$, то лед полностью не расплавится, значит, в сосуде будут находиться лед и вода при температуре $Q = 0^\circ\text{C}$.

Ответ: 0.

Теплота не может самопроизвольно переходить от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой.



47 день

2.2.9. КПД тепловой машины

- 1.** Для увеличения КПД теплового двигателя необходимо:
А) уменьшить температуру холодильника; Б) увеличить температуру нагревателя. Какое из утверждений верно?

1) только А 3) и А, и Б
2) только Б 4) ни А, ни Б

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

- 2.** Идеальный тепловой двигатель получает от нагревателя 7,2 МДж в секунду, а отдает в холодильник 6,4 МДж. КПД такого двигателя составляет

1) 15 % 2) 25 % 3) 11 % 4) 8 %

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

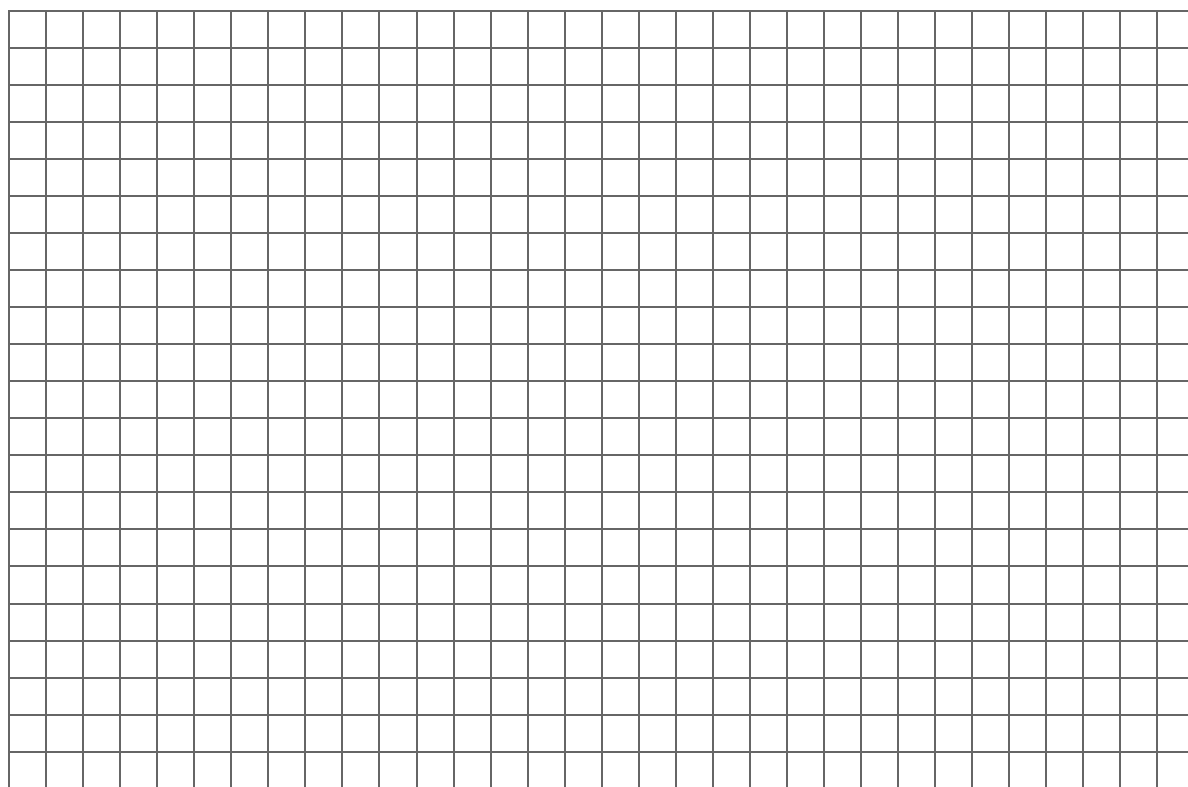
- 3.** Во время сгорания топлива в тепловом двигателе выделилось количество теплоты 100 кДж, а холодильнику передано количество теплоты 80 кДж. Найти КПД теплового двигателя.

1) 20 % 2) 25 % 3) 50 % 4) 75 %

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

- 4.** Автомобиль движется со скоростью 72 км/ч. Мощность двигателя 600 кВт, его КПД равен 30%. Найти расход бензина на 1 км пути.

				4
--	--	--	--	---



ОТВЕТЫ:

Коэффициент полезного действия (КПД)

Определяется как отношение полезной работы, которую произвел газ, к полному количеству тепла, которое газ получил при совершении этой работы:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_{\text{получ}}}$$

1. Ответ: 3

2. Ответ: 3.

3. Дано:

$$Q_1 = 100 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 80 \text{ кДж}$$

$$\eta = ?$$

Решение:

$$\eta = \frac{A'}{Q_1}; A' = Q_1 - Q_2; \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1};$$

$$\eta = \frac{100 \cdot 10^3 - 80 \cdot 10^3}{80 \cdot 10^3} = 25 (\%).$$

$$\eta = 25 \%.$$

Ответ: 2.

4. Дано:

$$v = 72 \text{ км/ч}$$

$$N = 600 \text{ кВт}$$

$$\eta = 30 \%$$

$$m = ?$$

Решение:

$$v = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{72 \cdot 1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$N = 600 \text{ 000 Вт};$$

$$q = 46,2 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}; \eta = 0,3.$$

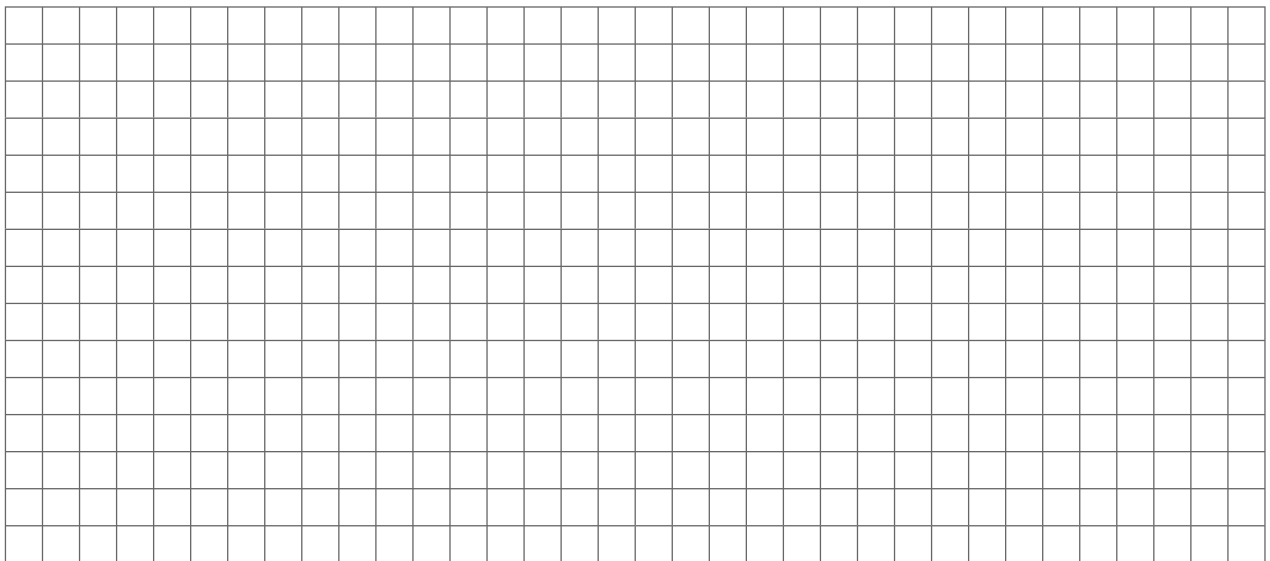
$$\eta = \frac{A'}{Q_1}; A' = Nt; Q = qm; \eta = \frac{Nt}{qm}; t = \frac{s}{v};$$

$$s = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м}. \eta = \frac{N \cdot s}{qmv} \Rightarrow m = \frac{N \cdot s}{\eta \cdot q \cdot v};$$

$$[m] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}}{\text{Дж} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}}{\text{с} \cdot \text{Дж} \cdot \text{м}} = \text{кг};$$

$$m = \frac{600 \text{ 000} \cdot 1000}{0,3 \cdot 46 \text{ 200 000} \cdot 20} \approx 2,2 \text{ (кг)}.$$

Ответ: 2,2.



48 день

2.2.9. КПД тепловой машины

2.2.10. Принципы действия тепловых машин

1. У идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, температура нагревателя равна 400 К, а температура холодильника — 300 К. КПД машины равен
 1) 20% 2) 25% 3) 40% 4) 30%

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

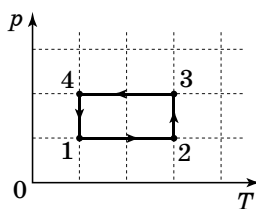
2. Тепловой двигатель мощностью 50 кВт за 10 с передал окружающей среде количество теплоты 1 МДж. Найти КПД теплового двигателя.
 1) 11% 2) 22% 3) 33% 4) 44%

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

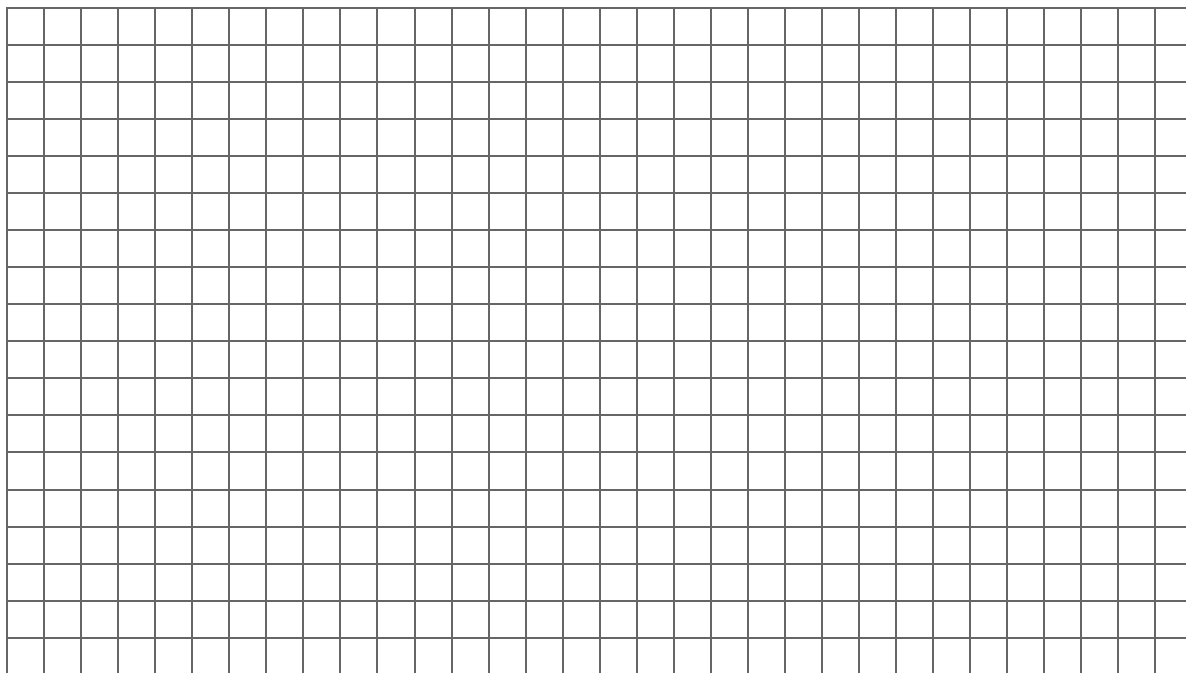
3. Определить мощность двигателя автомобиля, если расход бензина составляет 38 л на 100 км пути при средней скорости движения 35 км/ч. КПД двигателя 22,5%.

	3
--	---

4. В системе координат p, T изображен цикл, соответствующий работе тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). Определите модуль отношения работы газа $\frac{\Delta A_{34}}{\Delta A_{12}}$ на участках 3-4 и 1-2.



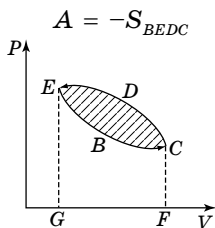
	4
--	---



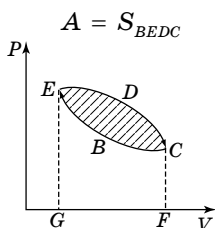
ОТВЕТЫ:

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. Ответ: 2.

2. Дано:
 $N = 50$ кВт
 $t = 10$ с
 $Q = 1$ МДж
 η — ?

Решение:

$$\eta = \frac{A'}{Q + A};$$

$$A = Nt; N = 50 \cdot 10^3 \text{ Вт}, Q = 10^6 \text{ Дж.}$$

$$\eta = \frac{50 \cdot 10^3 \cdot 10}{50 \cdot 10^3 \cdot 10 + 10^6} \approx 0,33 = 33 (\%).$$

Ответ: 3.

3. Дано:
 $q = 46,2 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
 $V = 38$ л
 $s = 100$ км
 $\rho = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $v = 35 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$
 $\eta = 22,5\%$
 N — ?

Решение:

$$V = 38 \text{ л} = 0,038 \text{ м}^3, s = 100 \text{ км} = 10^5 \text{ м,}$$

$$v = \frac{35 \cdot 1000}{3600} \approx 9,7 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right), \eta = 0,225.$$

$$\eta = \frac{A}{Q}; A = Nt; t = \frac{s}{v}.$$

$Q = qm$ — количество теплоты, которое выделяется при сгорании топлива.
 $m = \rho \cdot V$ — масса топлива.

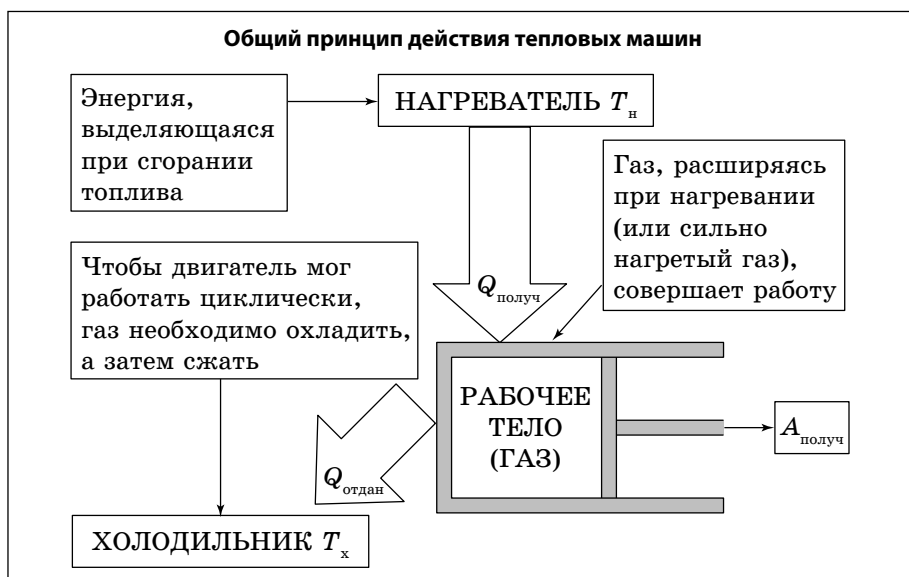
$$\eta = \frac{N \cdot s}{q \cdot V \cdot \rho \cdot v}.$$

Отсюда: $N = \frac{\eta \cdot q \cdot V \cdot \rho \cdot v}{s}$. $[N] = \frac{\text{Дж} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{м} \cdot \text{с}} = \text{Вт};$

$$N = \frac{0,225 \cdot 46,2 \cdot 10^6 \cdot 0,038 \cdot 700 \cdot 9,7}{10^5} \approx 27 \cdot 10^3 = 27 \text{ (кВт)}.$$

Ответ: 27.

4. Ответ: 1.



49 день

3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

3.1. Электрическое поле

3.1.1. Электризация тел

3.2.2. Взаимодействие зарядов. Два вида заряда

3.2.3. Закон сохранения электрического заряда

1. Какие элементарные частицы, которые входят в состав атома, имеют отрицательный заряд?

- 1) только нейтроны
- 2) только электроны
- 3) только протоны
- 4) только протоны и нейтроны

1 2 3 4 1

2. Нейтральный атом превращается на положительный ион, если:

- 1) теряет один или несколько протонов
- 2) теряет один или несколько нейтронов
- 3) теряет один или несколько электронов
- 4) теряет один протон и один нейтрон

1 2 3 4 2

3. Если два заряда притягиваются друг к другу, это значит, что:

- 1) оба заряда имеют знак «плюс»
- 2) оба заряда имеют знак «минус»
- 3) один заряд имеет знак «минус», второй — знак «плюс»
- 4) оба заряда имеют одинаковые знаки, но разную величину заряда

1 2 3 4 3

4. Количество электронов в нейтральном атоме

- 1) равно количеству протонов
- 2) больше от количества протонов
- 3) меньше от количества протонов
- 4) равно общему количеству протонов и нейтронов

1 2 3 4 4

5. В результате трения с поверхности стеклянной палочки было удалено $8,4 \cdot 10^{10}$ электронов. Определить электрический заряд на палочке.

- 1) $-13,44 \cdot 10^{-9}$ Кл
- 2) $13,44 \cdot 10^{-9}$ Кл
- 3) $1 \cdot 10^{-6}$ Кл
- 4) $2 \cdot 10^{-6}$ Кл

1 2 3 4 5

6. В результате трения янтаря о шерсть последняя оказалась заряженной до некоторого значения $+q$. Чему равен заряд янтаря?

- 1) $+q$
- 2) $-q$
- 3) $+2q$
- 4) $0q$

1 2 3 4 6

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 2.

2. Ответ: 3.

3. Ответ: 3.

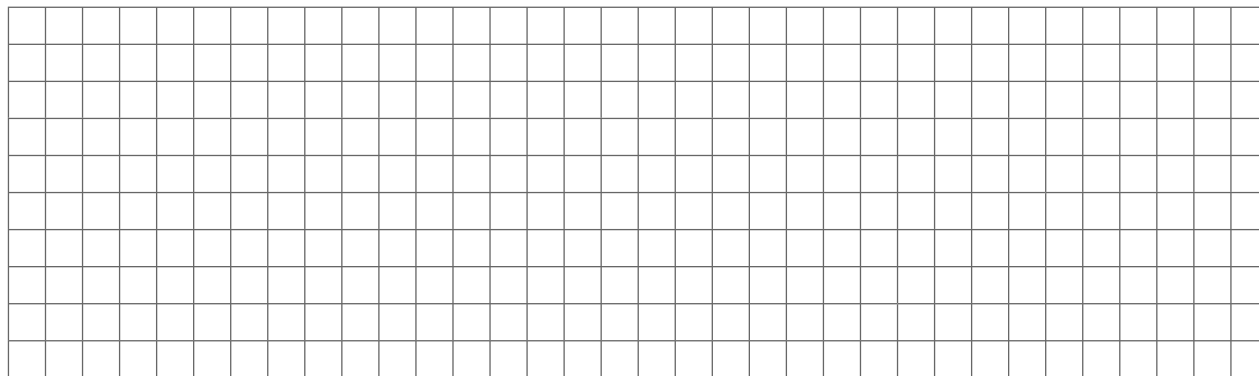
4. Ответ: 1.

5. $q = N \cdot q_3$; $N = 8,4 \cdot 10^{10}$; $q_3 = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;
 $q = 8,4 \cdot 10^{10} \cdot (-1,6) \cdot 10^{-19}$ Кл = $-13,44 \cdot 10^{-9}$ Кл — заряд электронов.
Заряд стеклянной палочки: $+q = 13,44 \cdot 10^{-9}$ Кл.
Ответ: 2.

6. Ответ: 2.

Элементарный заряд
 $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл

Электризация — изменение *электрического заряда* тела за счет трения или облучения.



50 день

3.1.4. Закон Кулона

1. На каком расстоянии нужно расположить два заряда $5 \cdot 10^{-9}$ и $6 \cdot 10^{-9}$ Кл, чтобы они отталкивались с силой $12 \cdot 10^{-4}$ Н?
1) 4,7 см 2) 5,8 см 3) 1,5 см 4) 7,6 см

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

2. Как изменится сила взаимодействия между двумя точечными зарядами, если абсолютную величину каждого заряда увеличить вдвое, знак одного из них поменять на противоположный, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?
1) останется неизменной
2) увеличится в 2 раза по модулю и поменяет свое направление на противоположное
3) увеличится по модулю в 8 раз
4) увеличится в 16 раз по модулю и поменяет свое направление на противоположное

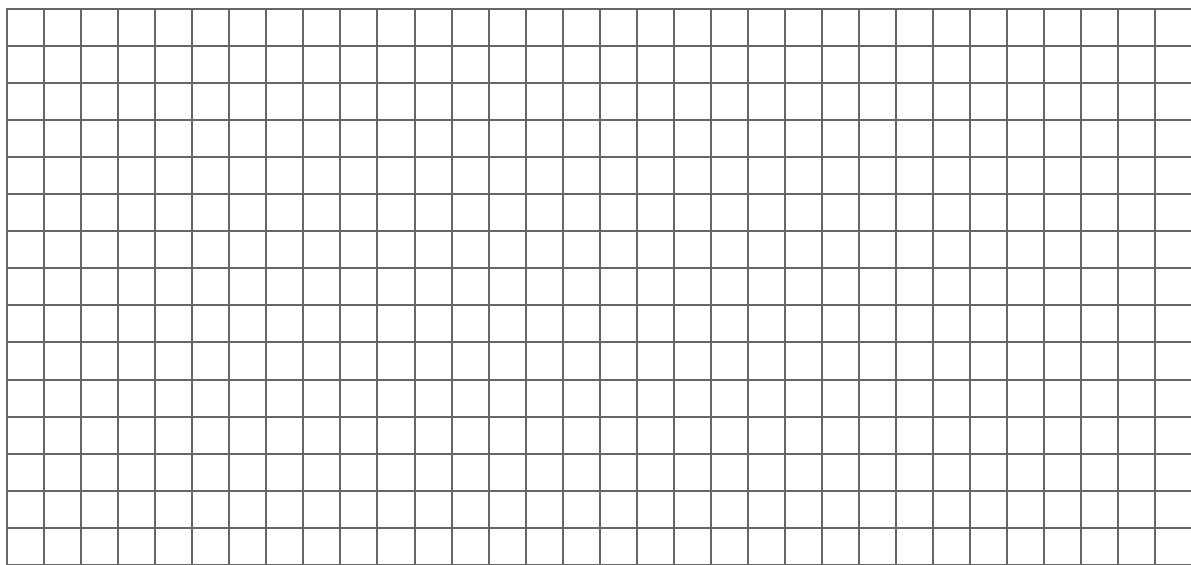
1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. Два заряда $3,3 \cdot 10^{-8}$ Кл и $6,6 \cdot 10^{-8}$ Кл взаимодействуют с силой $5 \cdot 10^{-2}$ Н. Найти расстояние между зарядами.
1) 8,1 мм 2) 19,8 мм 3) 21,7 мм 4) 3,4 мм

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

4. Два одинаковых шарика, подвешенные на нитях длиной по 20 см, соприкасаются друг с другом. Шарикам сообщен общий заряд $4,0 \cdot 10^{-7}$ Кл, после чего они разошлись так, что угол между нитями стал равен 60° . Найти массу каждого шарика.

				4
--	--	--	--	---



Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

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. Дано:

$$\begin{aligned} q_1 &= 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \\ q_2 &= 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \\ F &= 12 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \end{aligned}$$

r — ?

Решение:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \text{ — закон Кулона}$$

$$r = \sqrt{\frac{k|q_1||q_2|}{F}};$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 10^{-4}}} \approx 1,5 \cdot 10^{-2} = 1,5 \text{ (см)}.$$

Ответ: 3.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\begin{aligned} q_1 &= 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \\ q_2 &= 6,6 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \\ F &= 5 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \end{aligned}$$

r — ?

Решение:

$$\text{Закон Кулона: } F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2};$$

$$r = \sqrt{\frac{k|q_1||q_2|}{F}}; \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2};$$

$$[r] = \sqrt{\frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2 \cdot \text{Кл}^2}{\text{Кл}^2 \cdot \text{Н}}} = \text{м};$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3,3 \cdot 10^{-8} \cdot 6,6 \cdot 10^{-8}}{5 \cdot 10^{-2}}} = 19,8 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 19,8 \text{ (мм)}.$$

Ответ: 2.

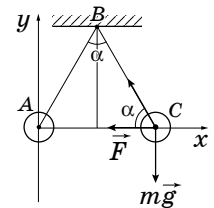
4. Дано:

$$\begin{aligned} l &= 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м} \\ q &= 4,0 \cdot 10^{-7} \text{ Кл} \\ \alpha &= 60^\circ \end{aligned}$$

m — ?

Решение:

На каждый шарик действуют три силы: сила тяжести, сила упругости и кулоновская сила.



Шарик неподвижен. Значит II закон Ньютона: $\vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F} + m\vec{g} = 0$.

Проекция сил на ось Ox : $F - F_{\text{упр}} \cos \alpha = 0$.

Проекция сил на ось Oy : $F_{\text{упр}} \sin \alpha = mg$.

$$\text{Отсюда: } m = \frac{F \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha \cdot g}; \quad \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \text{tg } \alpha; \quad m = \frac{F \cdot \text{tg } \alpha}{g};$$

$$\text{tg } 60^\circ \approx 1,73; \quad F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}; \quad |q_1| = |q_2| = \frac{q}{2}; \quad k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2};$$

$r = l$, т. к. $\triangle ABC$ — равносторонний ($AB = BC$ и $\alpha = 60^\circ$).

$$m = \frac{kq^2 \cdot \text{tg } \alpha}{4l^2 \cdot g}; \quad [m] = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2 \cdot \text{Кл}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{Кл}^2 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{кг};$$

$$m = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4^2 \cdot 10^{-14} \cdot 1,73}{4 \cdot (0,2)^2 \cdot 9,8} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}.$$

Ответ: $1,6 \cdot 10^{-3}$.

51 день

3.1.5. Действие электрического поля на электрические заряды

3.1.6. Напряженность электрического поля

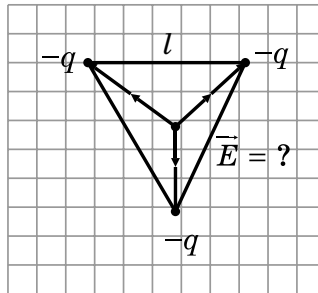
1. Какую напряженность поля создает точечный заряд величиной $+3$ мкКл в вакууме на расстоянии 3 м от заряда? Как направлен вектор напряженности?

- 1) 3000 В/м вдоль линии, соединяющей заряд и точку; направлен от заряда
- 2) 2000 В/м, направлен перпендикулярно линии, соединяющей заряд и точку
- 3) 2500 В/м вдоль линии, соединяющей заряд и точку; направлен к заряду
- 4) 3000 В/м вдоль линии, соединяющей заряд и точку; направлен к заряду

1 2 3 4 1

2. Величина напряженности электрического поля в центре равностороннего треугольника (см. рисунок), в вершинах которого расположены три равных заряда $-q$, составляет

- 1) $\frac{q}{l^2}$
- 2) $\frac{kq}{l^2}$
- 3) $\frac{2kq}{3l^2}$
- 4) 0



1 2 3 4 2

3. С каким ускорением движется протон в электрическом поле с напряженностью 20 кН/м?

- 1) $1,9 \cdot 10^{12}$ м/с²
- 2) $8,1 \cdot 10^{12}$ м/с²
- 3) $3,4 \cdot 10^{12}$ м/с²
- 4) $4,5 \cdot 10^{12}$ м/с²

1 2 3 4 3

4. На заряд $3,0 \cdot 10^{-8}$ Кл, внесенный в данную точку поля, действует сила $2,4 \cdot 10^{-5}$ Н. Найти напряженность поля в данной точке.

- 1) 300 Н/Кл
- 2) 800 Н/Кл
- 3) 720 Н/Кл
- 4) 240 Н/Кл

1 2 3 4 4

5. В однородном электрическом поле электрон движется с ускорением $3,2 \cdot 10^{13}$ м/с². Найти напряженность поля.

- 1) 213 Н/Кл
- 2) 198 Н/Кл
- 3) 182 Н/Кл
- 4) 204 Н/Кл

1 2 3 4 5

ОТВЕТЫ:

Напряженность электрического поля \vec{E}
Сила характеристика ЭСП — физическая векторная величина, равная силе, которая действует со стороны электрического поля на внесенный в него *единичный положительный* заряд.

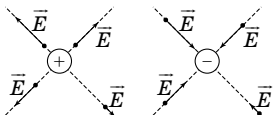
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q},$$

$$[E] = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

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. Ответ: 1.

2. Ответ: 4.

3. Дано:

$$E = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 20 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$a = ?$$

$$E = \frac{ma}{q}. \text{ Отсюда: } a = \frac{Eq}{m}. [a] = \frac{\text{Н} \cdot \text{Кл}}{\text{Кл} \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$a = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,67 \cdot 10^{-27}} \approx 1,9 \cdot 10^{12} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

Ответ: $1,9 \cdot 10^{12}$.

Решение:

Напряженность поля равна

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

По II закону Ньютона сила равна $\vec{F} = m\vec{a}$.

Модуль напряженности:

4. Дано:

$$F = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$q = 3,0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$E = ?$$

Решение:

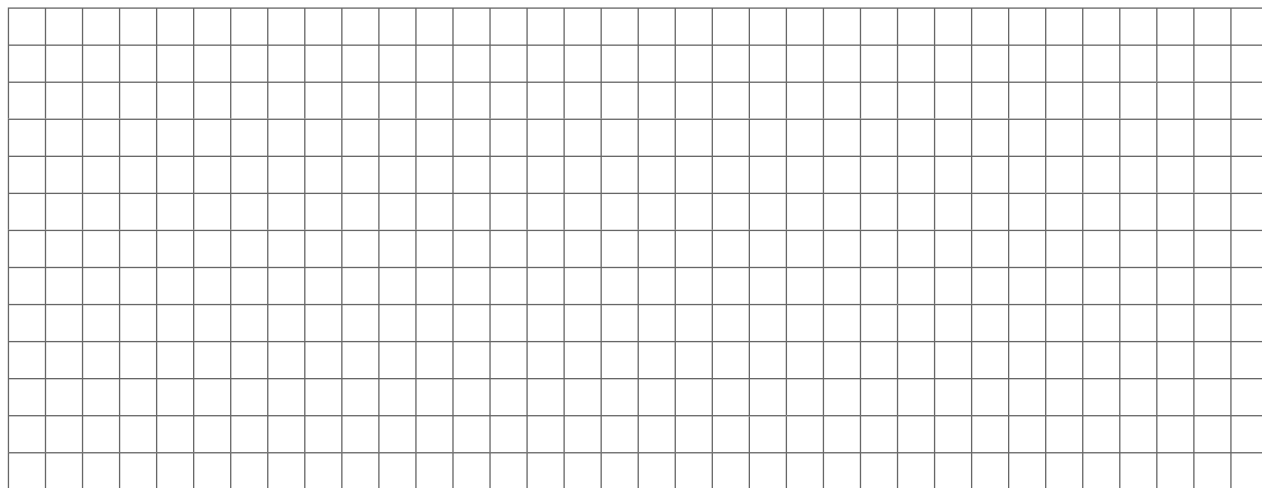
Модуль напряженности: $E = \frac{F}{q}$.

$$E = \frac{2,4 \cdot 10^{-5}}{3,0 \cdot 10^{-8}} = 800 \left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right).$$

Ответ: 2.

5. $E = \frac{ma}{q} = 182 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$.

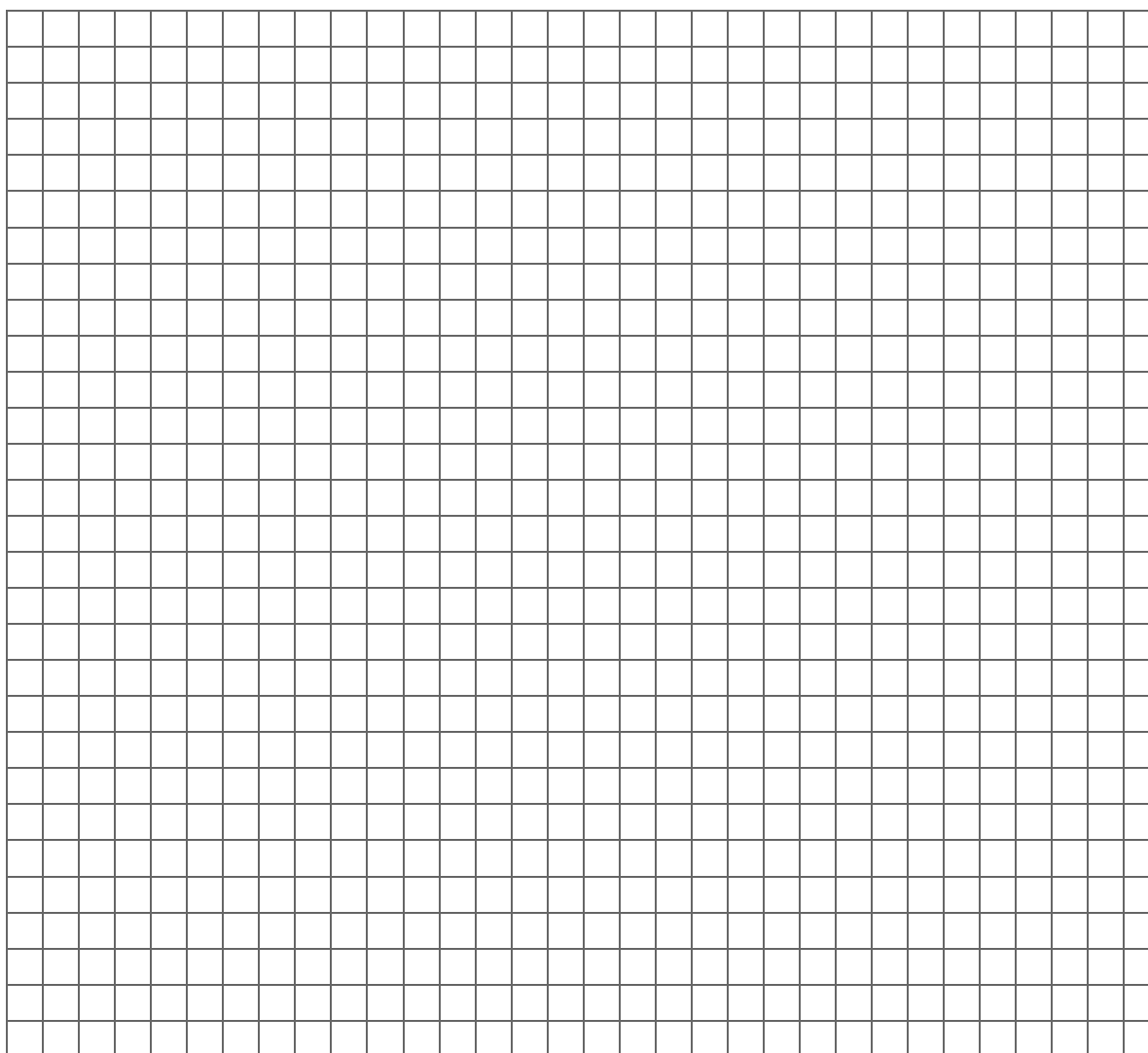
Ответ: 3.



52 день

3.1.7. Принцип суперпозиции электрических полей

1. В трех вершинах квадрата со стороной 0,2 м помещены одинаковые положительные заряды по $4 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определить напряженность электрического поля в четвертой вершине.
2. Одинаковые по величине, но разные по знаку заряды ($q = 1,8 \cdot 10^{-8}$ Кл) расположены в двух вершинах равностороннего треугольника. Сторона треугольника $a = 4$ м. Определить напряженность электрического поля в третьей вершине треугольника.

 1 2

Принцип суперпозиции полей

Напряженность (сила) электрического поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей (сил) электрических полей, создаваемых каждым зарядом:

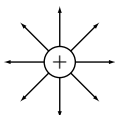
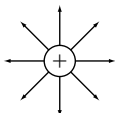
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n,$$

или

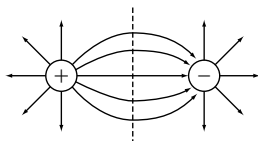
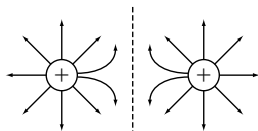
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n.$$

Линии напряженности электрического поля (силовые линии)

Точечные заряды



Пары точечных зарядов



1. Дано:

$$a = 0,2 \text{ м}$$

$$q = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$E = ?$$

Решение:

Принцип суперпозиции:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3;$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kq}{r^2}; \quad E_1 = \frac{kq}{2a^2};$$

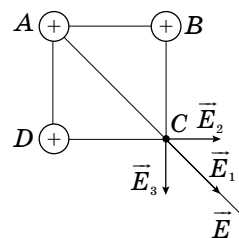
$$E_2 = E_3 = \frac{kq \cos 45^\circ}{a^2}; \quad \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2};$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}. \quad E = \frac{kq}{2a^2} + \frac{kq\sqrt{2}}{2a^2} + \frac{kq\sqrt{2}}{2a^2}.$$

Отсюда: $E = \frac{kq}{2a^2} (1 + 2\sqrt{2}); \quad [E] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{Кл}}{\text{Кл}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}};$

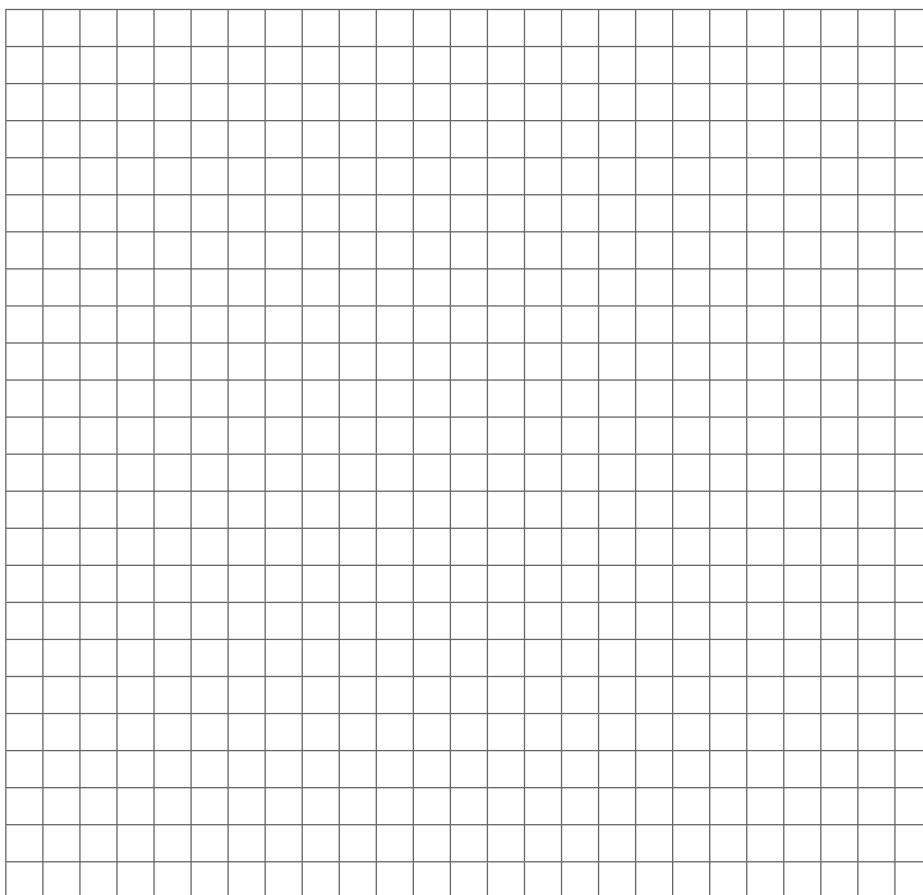
$$E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0,2^2} (1 + 2\sqrt{2}) \approx 1,7 \left(\frac{\text{кН}}{\text{Кл}} \right).$$

Ответ: 1,7.



2. $E = \frac{2kq \cos 60^\circ}{a^2}.$

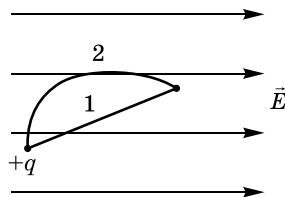
Ответ: $\approx 10.$



53 день

3.1.8. Потенциальность электрического поля

1. На рисунке изображены траектории перемещения электрического заряда между двумя точками в однородном электростатическом поле. В каком случае работа поля по перемещению заряда больше?



- 1) вдоль траектории 1
- 2) вдоль траектории 2
- 3) одинакова
- 4) невозможно определить

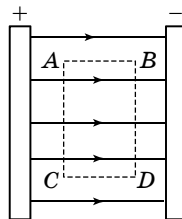
1 2 3 4 1

2. В однородное поле напряженностью 600 Н/Кл переместили заряд $4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Вектор перемещения равен по модулю $0,2 \text{ м}$. Найти работу поля, если угол между перемещением и линиями напряженности равен 60° .

- 1) $0,1 \text{ мкДж}$
- 2) $0,2 \text{ мкДж}$
- 3) $0,3 \text{ мкДж}$
- 4) $0,4 \text{ мкДж}$

1 2 3 4 2

3. Электрический заряд $+q$ перемещен по замкнутому контуру $ABCD$. Какова работа по перемещению заряда по всему контуру?



- 1) $A > 0$
- 2) $A < 0$
- 3) $A = 0$
- 4) $A = 1$

1 2 3 4 3

4. Конденсатор, входящий в состав колебательного контура, зарядили и отсоединили от источника напряжения. После этого расстояние между пластинами конденсатора уменьшили. Как это повлияло на емкость конденсатора, частоту электромагнитных колебаний в контуре и максимальную энергию, накопленную в конденсаторе?

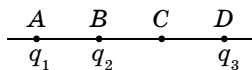
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Емкость конденсатора	Частота колебаний	Максимальная энергия

4

5. Точки A , B , C и D расположены на прямой ($AB = BC = CD$ — см. рисунок). В точке A помещено точечное тело с зарядом $q_1 = 4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$, а в точке B — точечное тело с зарядом $q_2 = -5 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$. Какой заряд q_3 надо сообщить точечному телу, находящему в точке D , чтобы напряженность поля в точке C была равна нулю?



5

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 3.

2. Дано:

$$E = 600 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

$$q = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$s = 0,2 \text{ м}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$A = ?$$

Ответ: 2.

Решение:

Работа равна: $A = F \cdot s \cos \alpha$; $F = Eq$;

$$A = Eqs \cos \alpha. [A] = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м} = \text{Дж};$$

$$A = 600 \cdot 4 \cdot 10^{-9} \cdot 0,2 \cdot \frac{1}{2} =$$

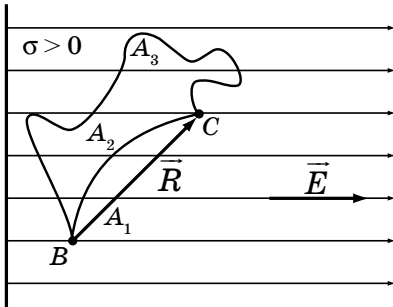
$$= 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ (Дж)} = 0,2 \text{ (мкДж)}.$$

Электрическое поле — потенциальное, т.е. работа кулоновских сил по перемещению заряда не зависит от траектории.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 123.

5. Ответ: $q_3 = -4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$.



Работа кулоновских сил по замкнутому контуру равна нулю:

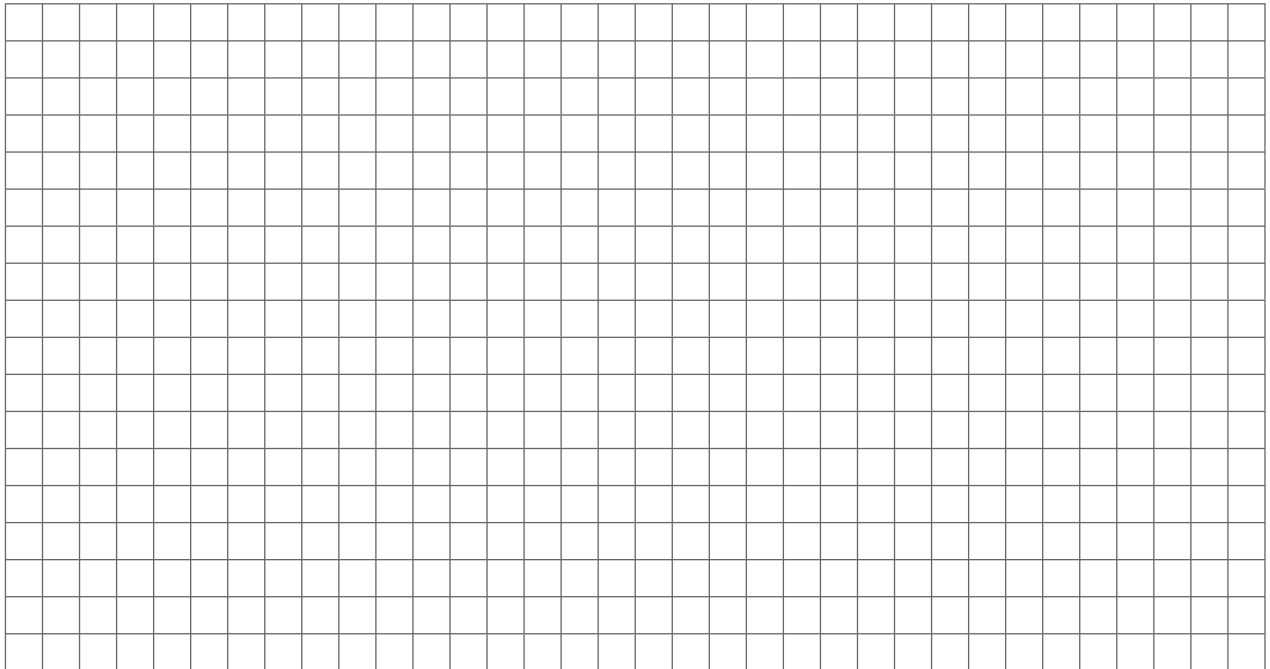
$$A_{\text{зам}} = 0.$$

Работы по перемещению зарядов по разным траекториям равны между собой:

$$A_1 = A_2 = A_3 = q\vec{E} \cdot \vec{R} = qER \cos(\angle \vec{E}\vec{R}).$$

Следовательно, работа зависит только от самих точек начал и конца траектории и не зависит от формы траектории:

$$A_1 = A_2 = A_3 = W_{e_C} - W_{e_B} = q(\varphi_C - \varphi_B).$$



54 день

3.1.9. Потенциал электрического поля. Разность потенциалов

1. Потенциалы электрических полей трех точечных зарядов в некоторой точке A равны соответственно -5 В, $+3$ В и -1 В. Суммарное значение потенциалов в этой точке составляет
- 1) 9 В 2) -7 В 3) -3 В 4) -5 В
2. Какую работу нужно совершить, чтобы переместить заряд $5 \cdot 10^{-8}$ Кл между двумя точками электрического поля с разностью потенциалов 1500 В?
- 1) $7,5 \cdot 10^{-5}$ Дж 3) $7,4 \cdot 10^{-4}$ Дж
2) $8,4 \cdot 10^{-5}$ Дж 4) $8,2 \cdot 10^{-4}$ Дж
3. Для перемещения заряд 1 мкКл из одной точки поля в другую была совершена работа $0,4$ мкДж. Определить разность потенциалов между этими точками.
- 1) 200 В 2) 400 В 3) 300 В 4) 500 В
4. Какую работу совершает поле во время перемещения заряда 2 нКл из точки с потенциалом 100 В в точку с потенциалом 50 В?
- 1) 10^{-5} Дж 2) 10^{-6} Дж 3) 10^{-7} Дж 4) 10^{-8} Дж
5. Скорость электрона увеличилась от 0 до 8000 км/с. Какую разность потенциалов прошел электрон?
- 1) 0,08 В 2) 0,12 В 3) 0,21 В 4) 0,18 В

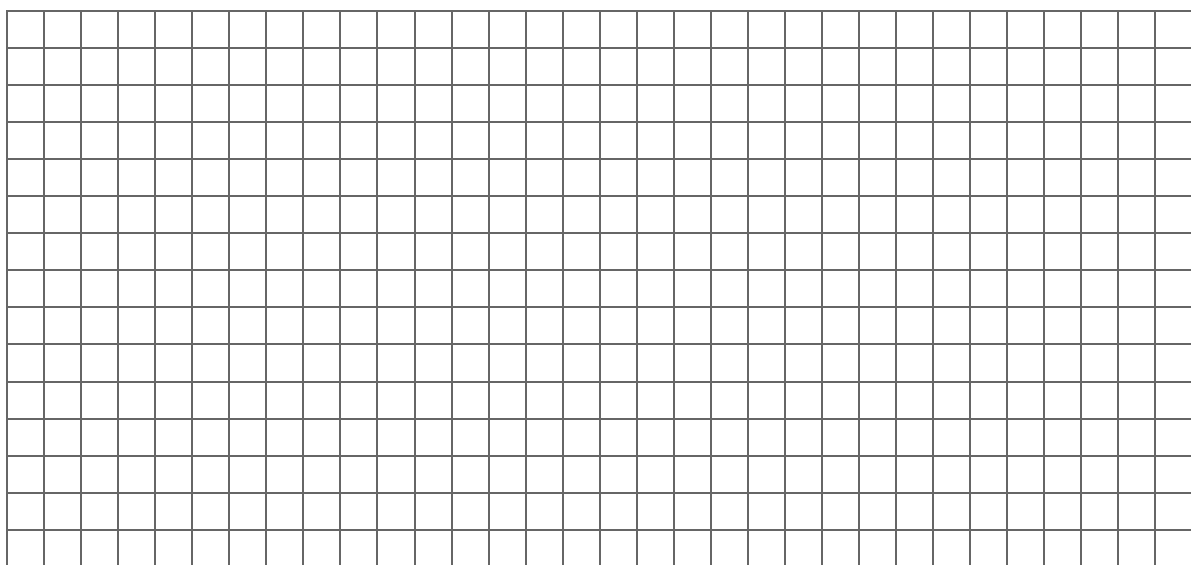
1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5



ОТВЕТЫ:

Потенциал

$$\varphi = \frac{U_e}{q},$$

$$[\varphi] = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

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:

$$A_{12} = W_{e_2} - W_{e_1} = q(\varphi_2 - \varphi_1) = q\Delta\varphi.$$

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. Ответ: 3.

2. Дано:

$$q = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$\Delta\varphi = 1500 \text{ В}$$

$$A \text{ — ?}$$

Решение:

$$A = \Delta\varphi \cdot q.$$

$$[A] = \text{В} \cdot \text{Кл} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \cdot \text{Кл} = \text{Дж};$$

$$A = 1500 \cdot 5 \cdot 10^{-8} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 1.

3. Ответ: 2.

4. Дано:

$$q = 2 \text{ нКл} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\varphi_1 = 100 \text{ В}$$

$$\varphi_2 = 50 \text{ В}$$

$$A \text{ — ?}$$

Решение:

$$A = q\Delta\varphi; \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2; A = q(\varphi_1 - \varphi_2).$$

$$[A] = \text{В} \cdot \text{Кл} = \text{Кл} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{Дж};$$

$$A = 2 \cdot 10^{-9} \cdot (100 - 50) = 10^{-7} \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 3.

5. Ответ: 4.

Потенциал φ — энергетическая характеристика ЭСП — физическая величина, равная отношению потенциальной энергии заряда в данной точке поля к величине этого заряда. Потенциал в данной точке равен работе, необходимой для перемещения единичного положительного заряда в данную точку из бесконечности (при этом потенциал в бесконечности принимается равным нулю).

Разность потенциалов $\Delta\varphi$ равна работе кулоновских сил по перемещению положительного единичного заряда.

Эквипотенциальная поверхность

$$\varphi = \text{const}$$

Эквипотенциальная поверхность — поверхность, состоящая из точек с равным потенциалом. Вектор напряженности \vec{E} перпендикулярен к эквипотенциальной поверхности в каждой точке.

3.1.10. Проводники в электрическом поле

3.1.11. Диэлектрики в электрическом поле

- 1.** Металлическому шару радиусом 5 см сообщили заряд 50 нКл. Найти поверхностную плотность заряда.

1) $1,5 \text{ мкКл/м}^2$ 3) $1,75 \text{ мкКл/м}^2$
 2) 2 мкКл/м^2 4) $2,3 \text{ мкКл/м}^2$
- 2.** Сосуд, наполненный маслом, внесли в однородное поле, напряженность которого 50 кВ/м. Какова напряженность поля в масле?

1) 20 кВ/м 3) 30 кВ/м
 2) 10 кВ/м 4) 60 кВ/м
- 3.** Найти значение каждого из двух одинаковых зарядов, если в керосине на расстоянии 10 см друг от друга они взаимодействуют с силой 0,2 мН.

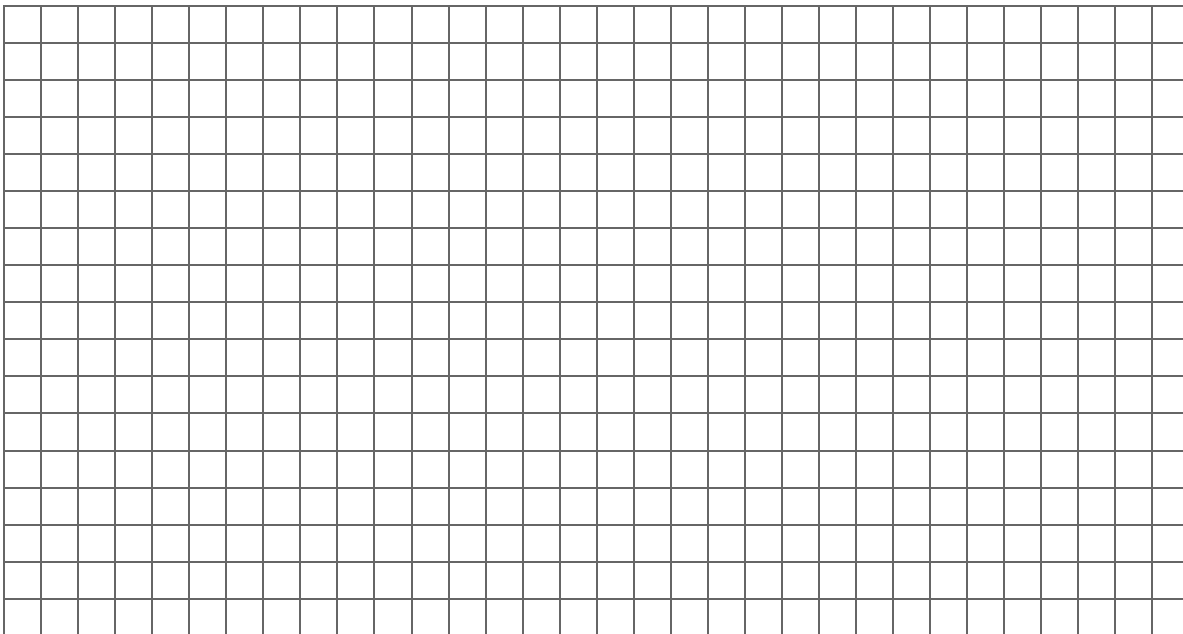
1) $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ 3) $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$
 2) $2,1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ 4) $1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$
- 4.** Два алюминиевых проводника одинаковой длины соединены последовательно. Площадь поперечного сечения первого равна $0,1 \text{ мм}^2$, второго — $0,2 \text{ мм}^2$. Определите отношение напряженности электростатического поля в первом проводнике к напряженности поля во втором при протекании по ним тока.

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

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

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

	4
--	---



Ответы:

Проводники — вещества, имеющие свободные заряженные частицы, т.е. проводящие электрический ток.

Свободные заряды — заряженные частицы, которые находятся в проводниках (в металлах — электроны, в электролитах — ионы) и способны перемещаться под действием электрического поля.

Диэлектрики — вещества, не имеющие свободных заряженных частиц, т.е. практически не проводящие электрический ток.

Поляризация — явление возникновения зарядов на поверхности диэлектрика, поле которых частично компенсирует внешнее электрическое поле.

Величину компенсации описывают с помощью *диэлектрической проницаемости* среды ε , которая показывает, во сколько раз эта среда уменьшает электрическое поле:

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{вак}}}{E_{\text{диэл}}}$$

1. Дано:

$$r = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$q = 50 \text{ нКл} = 50 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\sigma = ?$$

Решение:

Поверхностная плотность:

$$\sigma = \frac{q}{S}; S \text{ — площадь шара,}$$

$$S = 4\pi r^2. \sigma = \frac{q}{4\pi r^2}; [\sigma] = \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$$

$$\sigma = \frac{50 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2} \approx 1,5 \cdot 10^{-6} \approx 1,5 \left(\frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2} \right).$$

Ответ: 1.

2. Дано:

$$E_0 = 50 \frac{\text{кВ}}{\text{м}} = 50 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\varepsilon = 2,5$$

$$E = ?$$

Решение:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}; E = \frac{E_0}{\varepsilon}. [E] = \frac{\text{В}}{\text{м}};$$

$$E = \frac{50 \cdot 10^3}{2,5} = 20 \cdot 10^3 = 20 \left(\frac{\text{кВ}}{\text{м}} \right).$$

Ответ: 1.

3. Ответ: 2.

4. Ответ: 2.

Наличие свободных зарядов определяет **свойства проводников** в постоянном электрическом поле.

1. Внутри проводника электрическое (стационарное) поле равно **нулю**.
2. Поверхность проводника в электрическом (стационарном) поле **эквипотенциальна**.
3. Потенциал внутри проводника (и внутри полостей в проводнике) **одинаков** и равен потенциалу границы, так как в противном случае возникало бы движение зарядов по проводнику.
4. Линии электрического поля перпендикулярны к поверхности проводника.
5. Заряды в проводнике скапливаются на поверхности, потому что иначе поле внутри проводника не было бы равным нулю.

56 день

3.1.12. Электрическая емкость. Конденсатор

1. Уединенному проводнику сообщили заряд $2 \cdot 10^{-9}$ Кл, зарядив до потенциала 100 В. Определить электроемкость проводника.

- 1) $2 \cdot 10^{-11}$ Ф 3) $20 \cdot 10^{-11}$ Ф
2) $4 \cdot 10^{-11}$ Ф 4) $50 \cdot 10^{-11}$ Ф

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

2. Какой заряд необходимо сообщить конденсатору емкостью 1 мкФ, чтобы разность потенциалов между его пластинами была равна 40 В?

- 1) 20 мкКл 2) 40 мкКл 3) 10 мкКл 4) 5 мкКл

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

3. Найти разность потенциалов между пластинами конденсатора емкостью 1000 пФ, если заряд конденсатора равен 2 нКл.

- 1) 500 В 2) 200 В 3) 2 В 4) 2000 В

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

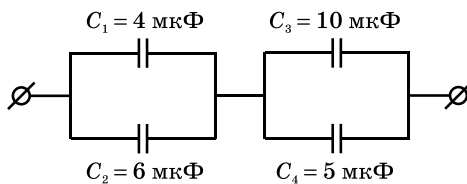
4. Электроемкость плоского конденсатора в вакууме равна 0,3 мкФ. Чему будет равна электроемкость того же конденсатора, если между его обкладками вставить диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 6$?

- 1) $1,8 \cdot 10^{-6}$ Ф 3) $2,2 \cdot 10^{-6}$ Ф
2) $3,2 \cdot 10^{-6}$ Ф 4) $3,6 \cdot 10^{-6}$ Ф

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

5. Чему равна электроемкость батареи конденсаторов, изображенных на рисунке?

- 1) 2 мкФ
2) 4 мкФ
3) 6 мкФ
4) 8 мкФ



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

6. Конденсатор, входящий в состав колебательного контура, зарядили и отсоединили от источника напряжения. После этого площадь пластин конденсатора увеличили. Как это повлияло на емкость конденсатора, частоту электромагнитных колебаний в контуре и максимальную энергию, накопленную в конденсаторе?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

Емкость конденсатора	Частота колебаний	Максимальная энергия

				6
--	--	--	--	---

ОТВЕТЫ:**Емкость плоского конденсатора**

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d},$$

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. Дано:
 $q = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
 $\varphi = 100 \text{ В}$
 $C = ?$

Ответ: 1.

2. Дано:
 $C = 1 \text{ мкФ} = 10^{-6} \text{ Ф}$
 $\varphi = 40 \text{ В}$
 $q = ?$

Ответ: 2.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 3.

6. Ответ: 123.

Решение:

$$C = \frac{q}{\varphi}; [C] = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} = \text{Ф}.$$

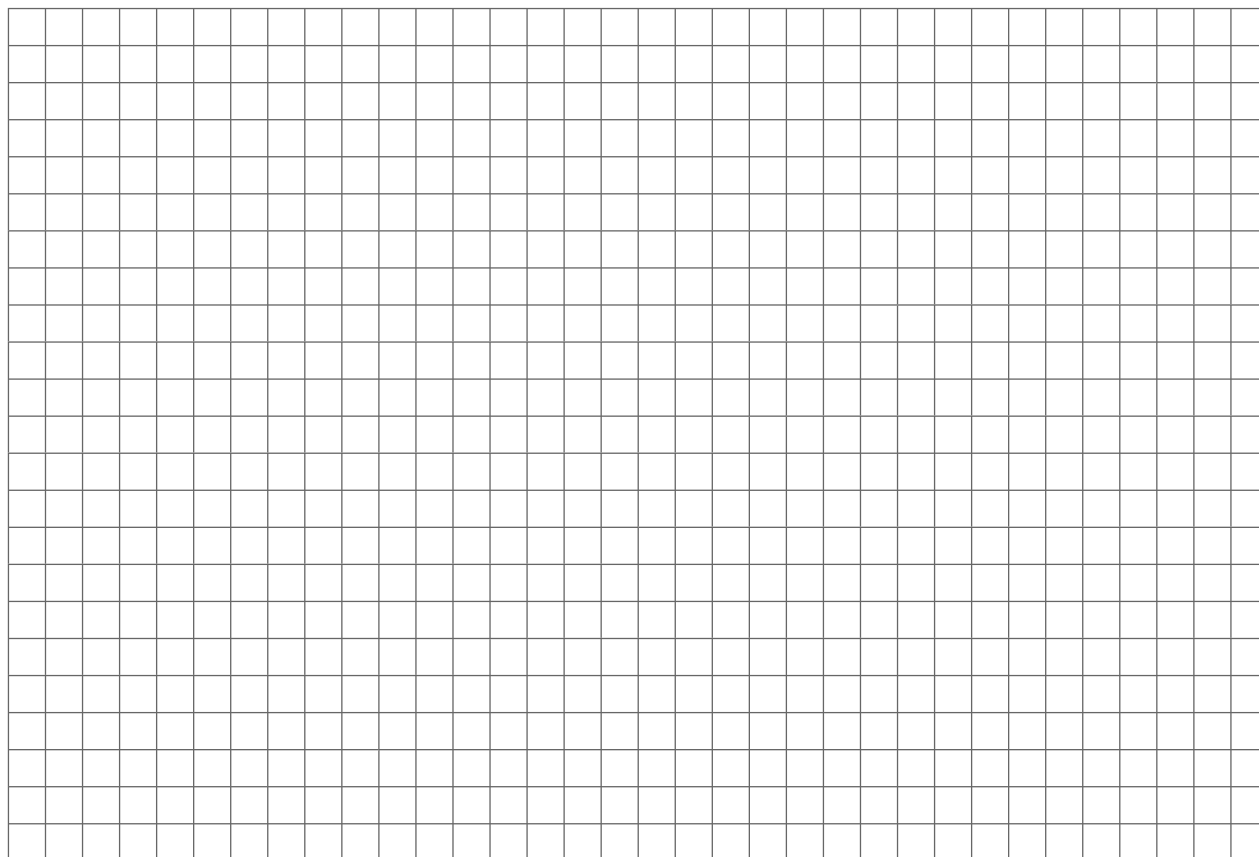
$$C = \frac{2 \cdot 10^{-9}}{100} = 2 \cdot 10^{-11} \text{ (Ф)}.$$

Решение:

$$C = \frac{q}{\varphi}; q = C\varphi.$$

$$[q] = \text{Ф} \cdot \text{В} = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В} = \text{Кл};$$

$$q = 40 \cdot 10^{-6} = 40 \text{ (мкКл)}.$$



57 день

3.1.13. Энергия электрического поля конденсатора

1. Как изменится энергия заряженного конденсатора, если напряжение между его обкладками уменьшить вдвое, а площадь пластин увеличить вдвое?

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) останется неизменной

1 2 3 4 1

2. Определить энергию электрического поля плоского конденсатора емкостью 20 мкФ, если напряжение, приложенное к конденсатору, 220 В.

- 1) 484 мДж
- 2) 242 мДж
- 3) 484 мДж
- 4) 242 мДж

1 2 3 4 2

3. Заряд конденсатора $4 \cdot 10^{-3}$ Кл, напряжение между его обкладками 500 В. Определить энергию электрического поля конденсатора.

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

1 2 3 4 3

4. Конденсатору емкостью 20 мкФ сообщили заряд 4 мкКл. Какова энергия заряженного конденсатора?

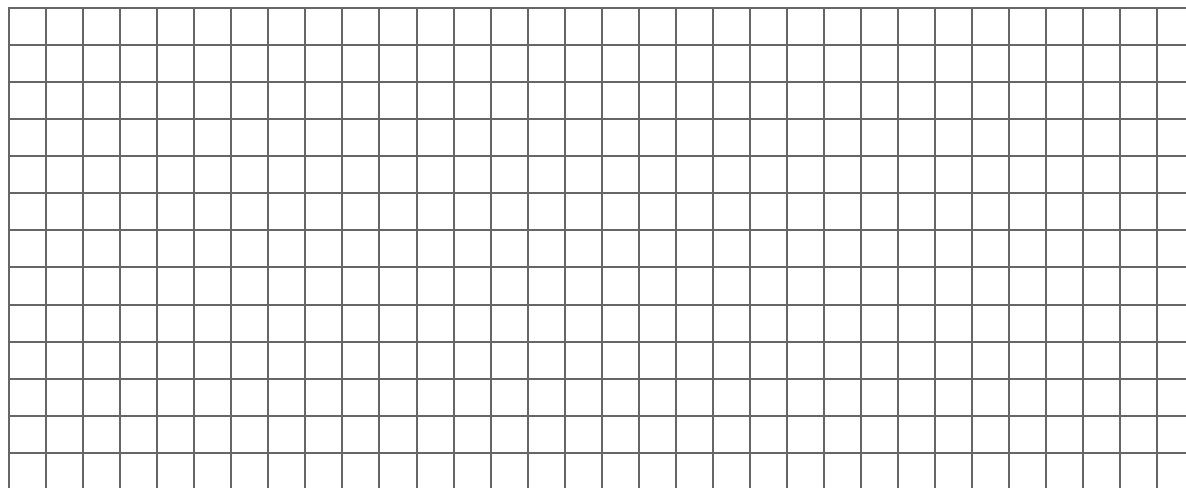
- 1) 0,2 мкДж
- 2) 0,4 мкДж
- 3) 0,3 мкДж
- 4) 0,8 мкДж

1 2 3 4 4

5. Емкость конденсатора 6 мкФ, а заряд $3 \cdot 10^{-4}$ Кл. Определить энергию электрического поля конденсатора.

- 1) 6,8 мДж
- 2) 5,7 мДж
- 3) 4,2 мДж
- 4) 7,5 мДж

1 2 3 4 5



ОТВЕТЫ:

Энергия
электрического
поля, запасенная
в конденсаторе:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{qU}{2}.$$

1. Ответ: 2.

2. Дано:

$$C = 20 \text{ мкФ} = \\ = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ U = 220 \text{ В}$$

$$W \text{ — ?}$$

Решение:

$$W = \frac{q^2}{2C}; \quad C = \frac{q}{U}, \text{ отсюда } q = C \cdot U.$$

$$\text{Тогда: } W = \frac{CU^2}{2}.$$

$$[W] = \text{Ф} \cdot \text{В}^2 = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2 = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{Дж}.$$

$$W = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 220^2}{2} = 484 \cdot 10^{-3} = 484 \text{ (мДж)}.$$

Ответ: 1.

3. Дано:

$$q = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Кл} \\ U = 500 \text{ В}$$

$$W \text{ — ?}$$

Решение:

$$W = \frac{qU}{2}; \quad [W] = \text{Кл} \cdot \text{В} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{Дж}.$$

$$W = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 500}{2} = 1 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 3.

4. Дано:

$$C = 20 \text{ мкФ} = \\ = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ q = 4 \text{ мкКл} = \\ = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$W \text{ — ?}$$

Решение:

$$W = \frac{q^2}{2C};$$

$$[W] = \frac{\text{Кл}^2}{\text{Ф}} = \frac{\text{Кл}^2 \cdot \text{В}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{Дж}.$$

$$W = \frac{(4 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 0,4 \cdot 10^{-6} = 0,4 \text{ (мкДж)}.$$

Ответ: 2.

5. Дано:

$$C = 6 \text{ мкФ} = \\ = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ q = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$$

$$W \text{ — ?}$$

Решение:

$$W = \frac{q^2}{2C};$$

$$[W] = \frac{\text{Кл}^2}{\text{Ф}} = \text{Дж}.$$

$$W = \frac{(3 \cdot 10^{-4})^2}{2 \cdot 6 \cdot 10^{-6}} = 7,5 \cdot 10^{-3} = 7,5 \text{ (мДж)}.$$

Ответ: 4.

58 день

3.2. Законы постоянного тока

3.2.1. Постоянный электрический ток. Сила тока

1. Какой заряд пройдет через поперечное сечение проводника за 3 мин при силе тока 0,4 А?
1) 1,2 Кл 2) 72 Кл 3) 12 Кл 4) 7,2 Кл

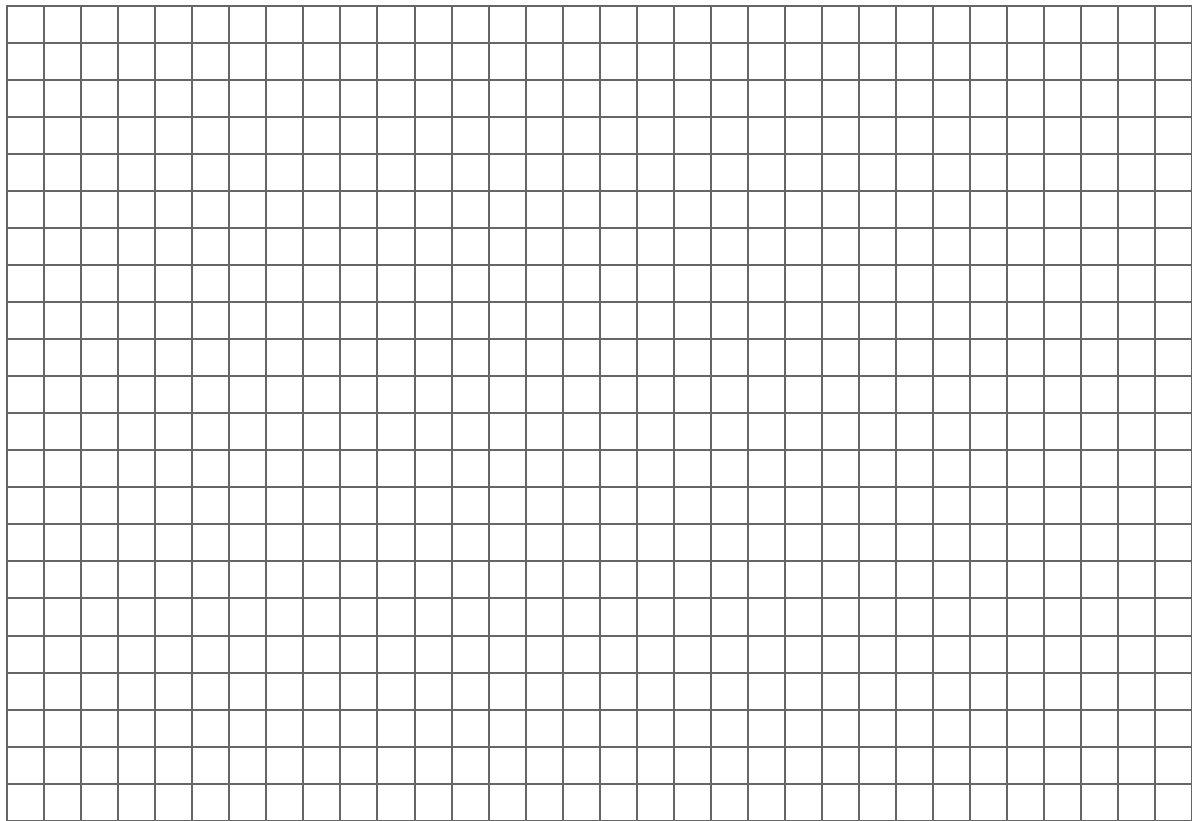
2. Какое количество электричества проходит через поперечное сечение проводника в течение 15 с, если за этот промежуток времени ток равномерно возрастает от нуля до 10 А?
1) 150 Кл 2) 10 Кл 3) 1,5 Кл 4) 5 Кл

3. Как изменится сила электрического тока при увеличении концентрации носителей тока в проводнике в 2 раза, увеличении их скорости в 2 раза и одновременном увеличении площади поперечного сечения проводника в 1,5 раза?
1) увеличится в 1,5 раза
2) увеличится в 3 раза
3) уменьшится в 2 раза
4) увеличится в 6 раз

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

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

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



ОТВЕТЫ:**Сила тока**

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t},$$

$$[I] = \text{А}$$

**Напряжение (U)
на участке цепи**

$$U = \frac{A}{q},$$

$$[U] = \text{В}$$

Электрический ток — упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц.

Если сила тока со временем не изменяется, электрический ток называют **постоянным током**.

Ток возникает в проводниках под действием приложенного внешнего электрического поля. Для описания действия этого поля на заряды в проводнике вводится понятие *сторонних сил*.

Сторонние силы — силы неэлектрического происхождения, действующие на заряды со стороны источников тока (гальванических элементов, аккумуляторов, генераторов).

- 1. Дано:**
 $\Delta t = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с}$
 $I = 0,4 \text{ А}$
 $q = ?$

Решение:

$$I = \frac{q}{\Delta t}; \quad q = I \cdot \Delta t.$$

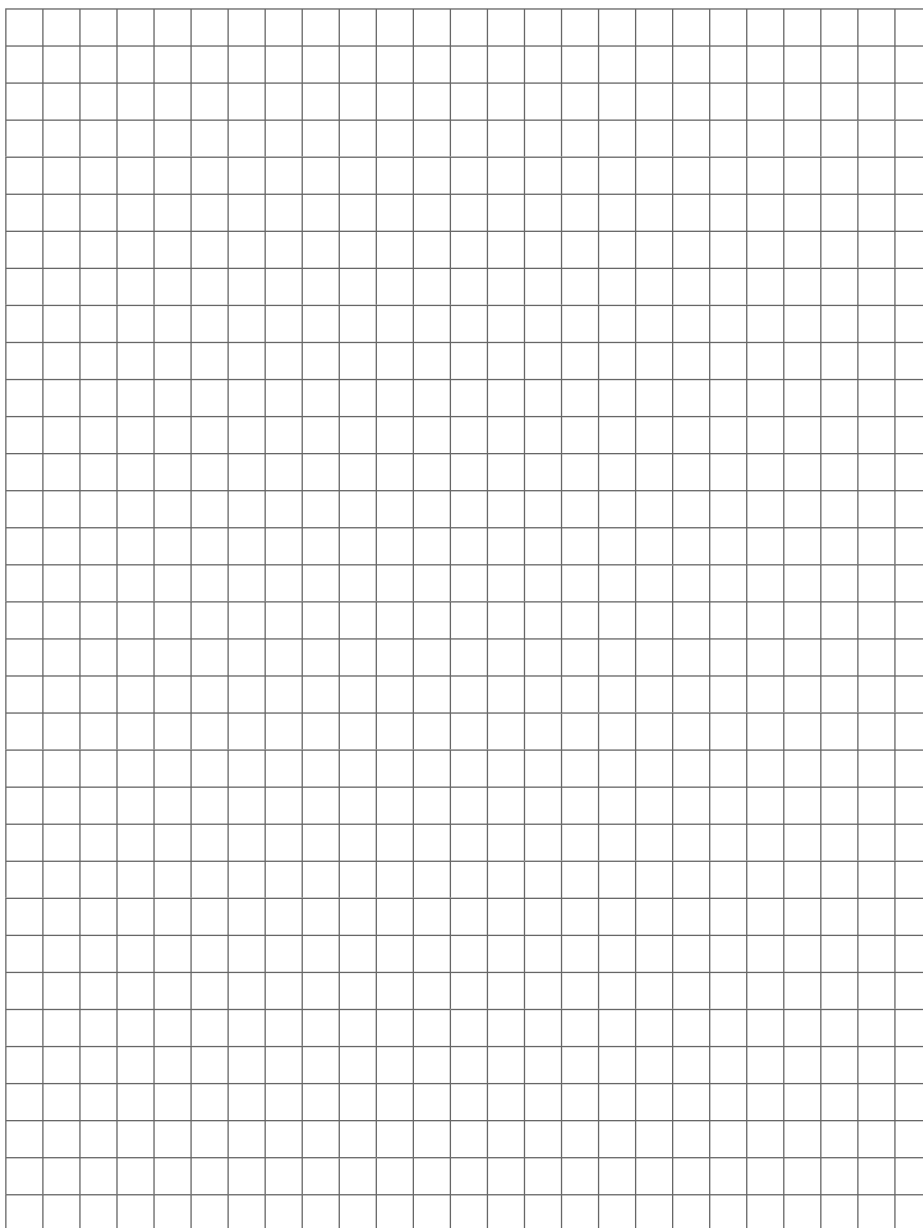
$$[q] = \text{А} \cdot \text{с} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{Кл};$$

$$q = 0,4 \cdot 180 = 72 \text{ (Кл)}.$$

Ответ: 2.

- 2. Ответ:** 1.

- 3. Ответ:** 4.



59 день

3.2.2. Постоянный электрический ток.

Напряжение

3.2.3. Закон Ома для участка цепи

3.2.4. Электрическое сопротивление. Удельное сопротивление вещества

1. Найти напряжение на участке цепи, если во время перемещения заряда 15 Кл током была совершена работа 6 кДж.

- 1) 900 В 2) 400 В 3) 600 В 4) 500 В

1 2 3 4 1

2. Какое напряжение необходимо подать на концы проводника сопротивлением 10 Ом, чтобы в нем возникла сила тока 2 А?

- 1) 5 В 2) 2 В 3) 20 В 4) 0,2 В

1 2 3 4 2

3. Найти силу тока в алюминиевом проводнике длиной 5 м и сечением 2 мм², на который подано напряжение 24 мВ.

- 1) 0,15 А 2) 0,24 А 3) 0,34 А 4) 0,45 А

1 2 3 4 3

4. Найти напряжение никромового проводника длиной 200 м и сечением 0,5 мм², если сила тока в нем 5 А.

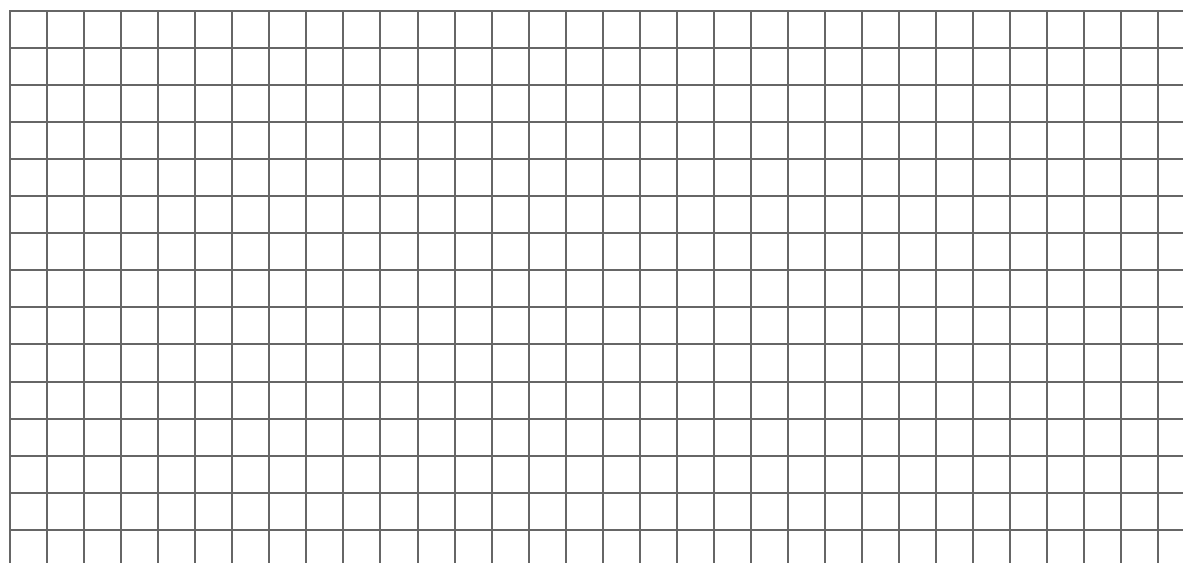
- 1) 2,2 кВ 2) 3,4 кВ 3) 4,2 кВ 4) 2,8 кВ

1 2 3 4 4

5. Определить длину никромовой проволоки, если при подаче напряжения 120 В, сила тока равна 2,4 А. Сечение проволоки 0,55 мм².

- 1) 10 м 2) 15 м 3) 20 м 4) 25 м

1 2 3 4 5



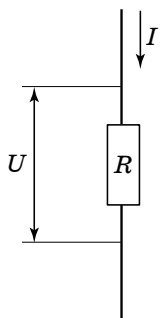
ОТВЕТЫ:

Закон Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R},$$

где R — сопротивление участка цепи,

$$[R] = \text{Ом} = \text{В/А}$$



Напряжение (U) на участке цепи:

$$U = \frac{A}{q},$$

$$[U] = \text{В}$$

Напряжение на участке цепи — физическая величина, численно равная работе сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда вдоль этого участка цепи.

Если участок цепи не включает ЭДС и поле является потенциальным, то напряжение совпадает с разностью потенциалов: $U = \Delta\phi$.

1. Дано:
 $q = 15 \text{ Кл}$
 $A = 6 \text{ кДж}$
 $U = ?$

Решение:

$$A = 6 \text{ кДж} = 6 \cdot 10^3 \text{ Дж.}$$

$$U = \frac{A}{q}; U = \frac{6000}{15} = 400 \text{ (В).}$$

Ответ: 2.

2. Дано:
 $R = 10 \text{ Ом}$
 $I = 2 \text{ А}$
 $U = ?$

Решение:

Закон Ома для участка цепи: $I = \frac{U}{R}$.

Отсюда: $U = I \cdot R. U = 2 \cdot 10 = 20 \text{ (В).}$

Ответ: 3.

3. Дано:
 $l = 5 \text{ м}$
 $S = 2 \text{ мм}^2$
 $\rho = 2,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
 $U = 24 \text{ мВ} = 24 \cdot 10^{-3} \text{ В}$
 $I = ?$

Решение:

Закон Ома для участка цепи:
 $I = \frac{U}{R}. R = \rho \cdot \frac{l}{S}. \text{ Тогда: } I = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot l}.$

$$[I] = \frac{\text{В} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А}}{\text{В}} = \text{А};$$

$$I = \frac{24 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{2,8 \cdot 10^{-2} \cdot 5} = 0,34 \text{ (А).}$$

Ответ: 3.

4. Дано:
 $l = 200 \text{ м}$
 $S = 0,5 \text{ мм}^2$
 $I = 5 \text{ А}$
 $\rho = 110 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
 $U = ?$

Решение:

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow U = I \cdot R$$

$$R = \frac{\rho l}{S}; U = \frac{I \rho l}{S}$$

$$[U] = \frac{\text{А} \cdot \text{Ом} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{мм}^2} = \text{В}$$

$$U = \frac{5 \cdot 110 \cdot 10^{-2} \cdot 200}{0,5} = 2200 = 2,2 \text{ (кВ).}$$

Ответ: 1.

5. Ответ: 4.

60 день

3.2.3. Закон Ома для участка цепи

3.2.4. Электрическое сопротивление. Удельное сопротивление вещества

1. Сопротивление проводника длиной 2,5 м и сечением $0,5 \text{ мм}^2$ равно 5,47 Ом. Найти удельное сопротивление.
- 1) $109,4 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ 2) $78,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$
3) $104,2 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ 4) $97 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$

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

2. Закон Ома для участка цепи выражается формулой

1) $I = \frac{U}{R}$ 3) $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
2) $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ 4) $I = q_0 n v S$

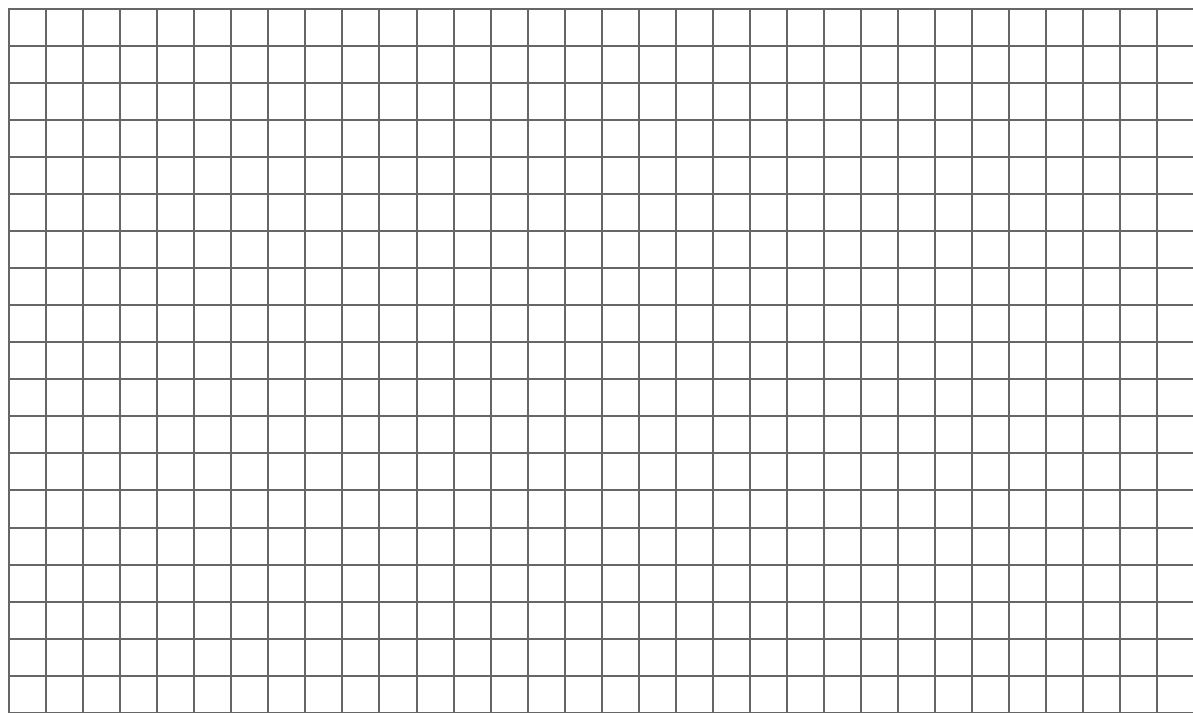
1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. Определить сопротивление медной проволоки массой 300 г и сечением $0,1 \text{ мм}^2$.

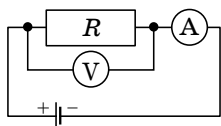
<input type="text"/>	3
----------------------	---

4. Каково сопротивление проводника из чистого металла при температуре 50°C , если его сопротивление при 0°C равно 10 Ом (температурный коэффициент сопротивления проводника считать постоянным в этом интервале температур)?

<input type="text"/>	4
----------------------	---



Ответы:



Для измерения тока используют *амперметр*, который включается в цепь последовательно. Напряжение измеряют *вольтметром*, который включается параллельно участку, на котором измеряется падение напряжения.

Сопротивление однородного линейного проводника

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где S — площадь поперечного сечения проводника, l — его длина, ρ — удельное электрическое сопротивление,

$$[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$$

Удельное электрическое сопротивление численно равно сопротивлению проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1м^2 .

1. Дано:

$$l = 2,5 \text{ м}$$

$$S = 0,5 \text{ мм}^2$$

$$R = 5,47 \text{ Ом}$$

$$\rho = ?$$

Решение:

Электрическое сопротивление равно:
но: $R = \rho \frac{l}{S}$.

$$\text{Отсюда: } \rho = \frac{R \cdot S}{l}. \quad [\rho] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}};$$

$$\rho = \frac{5,47 \cdot 0,5}{2,5} = 109,4 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \right).$$

Ответ: 1.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\rho = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$m = 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг}$$

$$S = 0,1 \text{ мм}^2 =$$

$$= 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$R = ?$$

Решение:

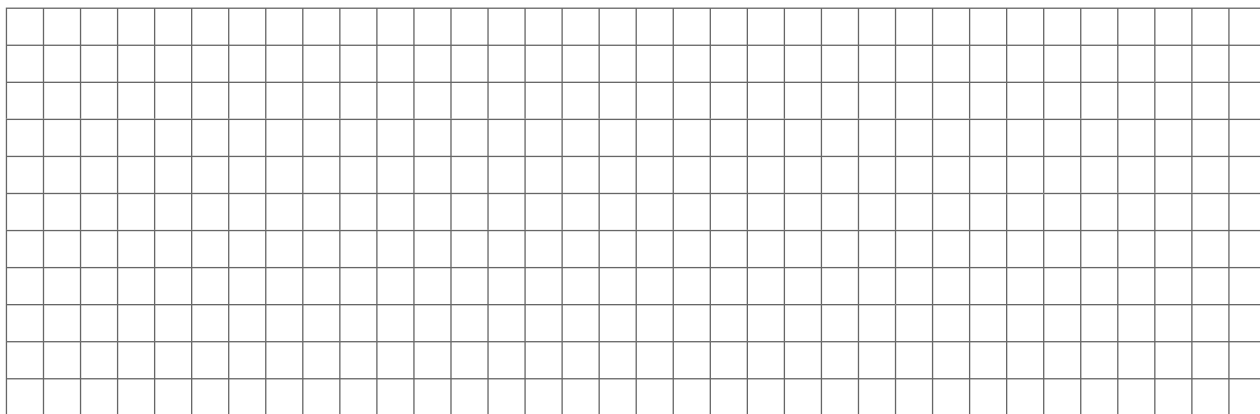
$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$, m — масса проволоки,
 $m = d \cdot V$; d — плотность меди,
 $d = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; V — объем проволоки, $V = l \cdot S$, $l = \frac{m}{dS}$.

$$\text{Подставляем: } R = \frac{\rho \cdot m}{d \cdot S^2}. \quad [R] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг}}{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}^2} = \text{Ом};$$

$$R = \frac{1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 0,3}{8,9 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} \approx 57,3 \text{ (Ом)}.$$

Ответ: 57,3 Ом.

4. Ответ: 11,8 Ом.



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.

1. Дано:

$$\begin{array}{l} \varepsilon = 2 \text{ В} \\ A_{\text{ст}} = 4 \text{ Дж} \\ q = ? \end{array}$$

Ответ: 4.**Решение:**

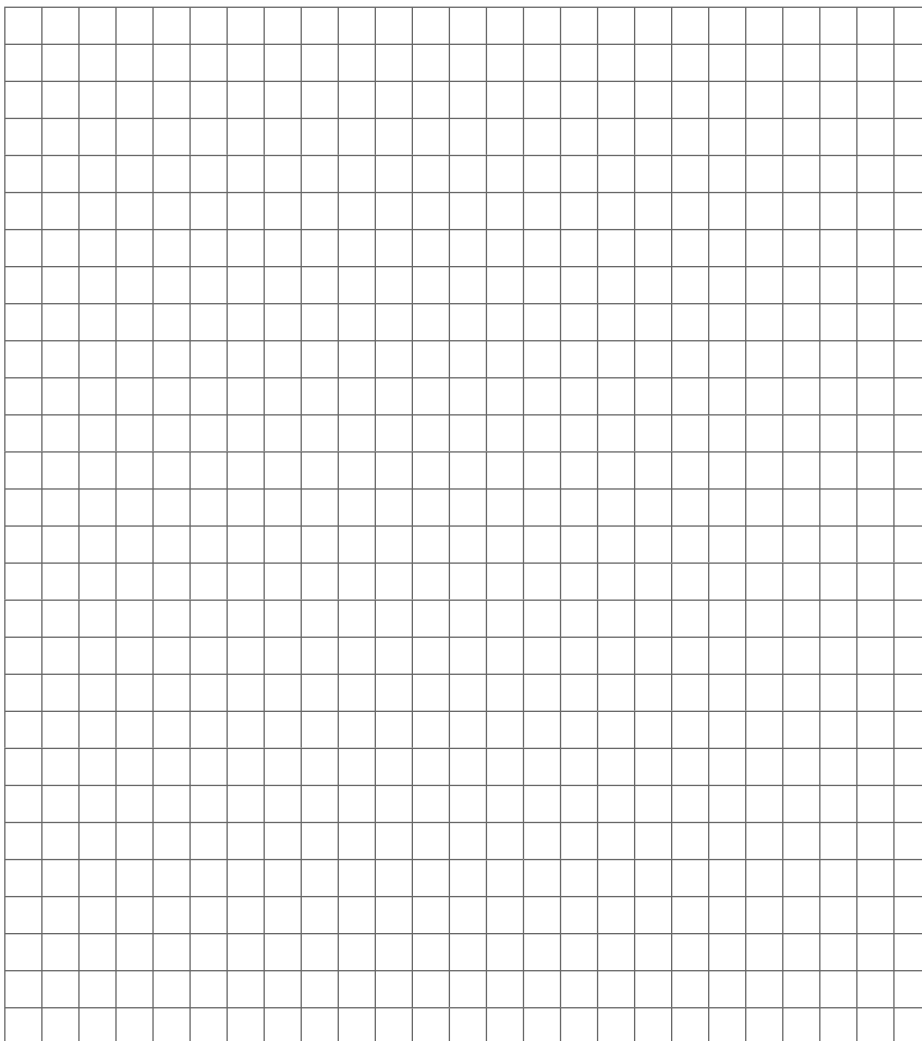
$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}; \quad q = \frac{A_{\text{ст}}}{\varepsilon}; \quad q = \frac{4}{2} = 2 \text{ (Кл)}.$$

2. Дано:

$$\begin{array}{l} A_{\text{ст}} = 40 \text{ Дж} \\ q = 10 \text{ Кл} \\ \varepsilon = ? \end{array}$$

Ответ: 2.**Решение:**

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}; \quad \varepsilon = \frac{40}{10} = 4 \text{ (В)}.$$

3. Ответ: 3.**4. Ответ:** 1.

62 день

3.2.6. Закон Ома для полной электрической цепи

1. Найти силу тока в цепи, если к источнику с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен реостат, сопротивление которого 2 Ом.

1) 2 А 2) 4 А 3) 12 А 4) 6 А

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

2. Каково внутреннее сопротивление элемента, если его ЭДС равна 2 В и при внешнем сопротивлении 7 Ом сила тока равна 0,2 А?

1) 2 Ом 2) 3 Ом 3) 1 Ом 4) 9 Ом

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

3. Закон Ома для полной цепи выражается формулой

1) $R = \rho \frac{l}{S}$ 3) $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

2) $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ 4) $U = \frac{I}{R}$

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

4. К полюсам источника с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 0,8 Ом присоединили кусок никелиновой проволоки длиной 2 м и сечением 0,2 мм². Найти напряжение на зажимах источника.

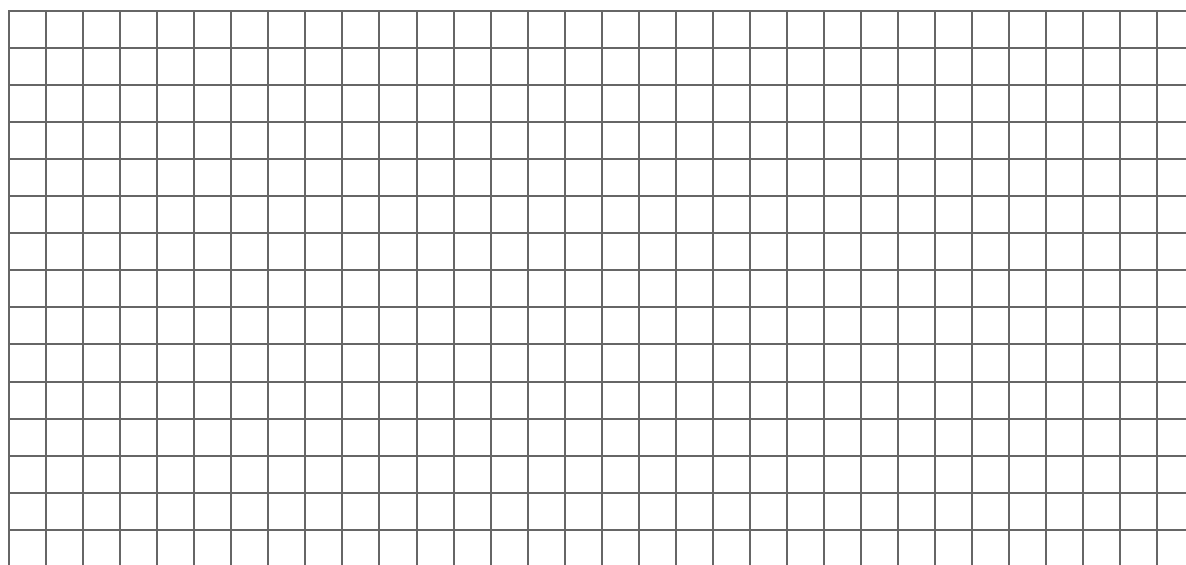
1) 1,52 В 2) 1,35 В 3) 1,48 В 4) 1,68 В

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

5. К полюсам источника с ЭДС 4 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом присоединили кусок алюминиевой проволоки длиной 3 м и сечением 0,2 мм². Найти силу тока.

1) 3,52 А 2) 4,34 А 3) 6,45 А 4) 5,41 А

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

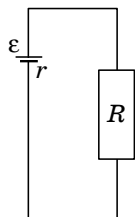


ОТВЕТЫ:

**Закон Ома
для полной цепи**

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

где r — внутреннее сопротивление источника тока



Сила тока в электрической цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе (ЭДС) источника тока и обратно пропорциональна сумме электрических сопротивлений внешнего и внутреннего участков цепи.

1. Дано:

$$\begin{aligned} r &= 1 \text{ Ом} \\ R &= 2 \text{ Ом} \\ \varepsilon &= 6 \text{ В} \\ I &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 1.

Решение:

Закон Ома для полной электрической цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad I = \frac{6}{2 + 1} = 2 \text{ (А)}.$$

2. Дано:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 2 \text{ В} \\ R &= 7 \text{ Ом} \\ I &= 0,2 \text{ А} \\ r &= ? \end{aligned}$$

$$[r] = \frac{\text{В} - \text{А} \cdot \text{Ом}}{\text{А}} = \text{Ом}; \quad r = \frac{2 - 0,2 \cdot 7}{0,2} = 3 \text{ (Ом)}.$$

Ответ: 2.

Решение:

Закон Ома для полной электрической цепи: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$.

$$\text{Отсюда: } r = \frac{\varepsilon - IR}{I}.$$

3. Ответ: 3.

4. Дано:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 2 \text{ В} \\ r &= 0,8 \text{ Ом} \\ l &= 2 \text{ м} \\ S &= 0,2 \text{ мм}^2 \\ \rho &= 42 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \\ U &= ? \end{aligned}$$

$$[U] = \text{В}; \quad U = 2 \left(1 - \frac{0,8}{\frac{42 \cdot 10^{-2} \cdot 2}{0,2} + 0,8} \right) = 1,68 \text{ (В)}.$$

Ответ: 4.

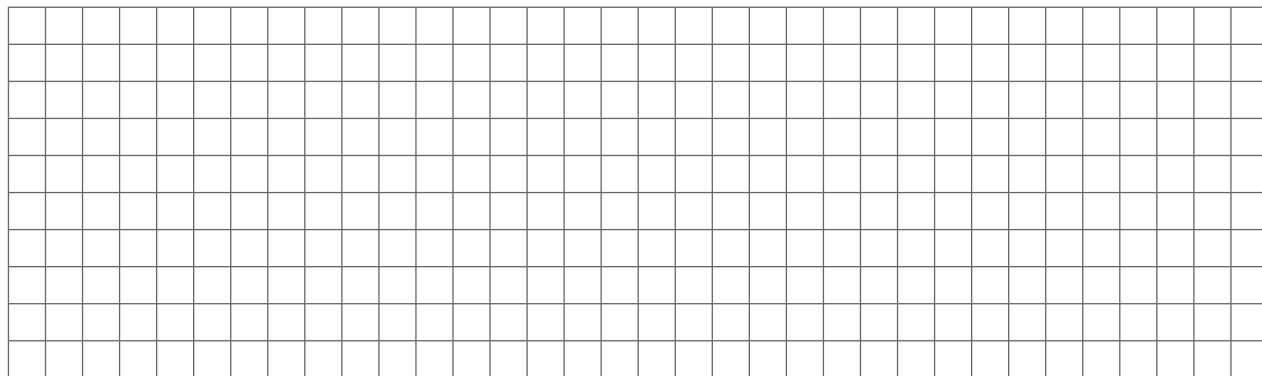
Решение:

Закон Ома для полной электрической цепи: $U = \varepsilon - I \cdot r$.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}; \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}.$$

$$\text{Отсюда: } U = \varepsilon \left(1 - \frac{r}{\frac{\rho l}{S} + r} \right).$$

5. Ответ: 3.



63 день

3.2.7. Параллельное и последовательное соединения проводников

3.2.8. Смешанное соединение проводников

1. Цепь состоит из трех последовательно соединенных проводников, подключенных к источнику с напряжением 36 В. Сопротивление первого проводника 2 Ом, второго — 4 Ом, и напряжение на концах третьего проводника 6 В. Найти силу тока в цепи.

- 1) 2 А 2) 4 А 3) 5 А 4) 6 А

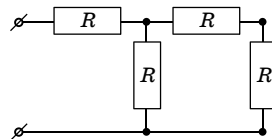
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

2. Два резистора соединены параллельно. Сопротивление первого равно 20 Ом. Сила тока во втором резисторе равна 4 А, а напряжение в нем 100 В. Найти общую силу тока в цепи.

- 1) 1 А 2) 9 А 3) 4 А 4) 5 А

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

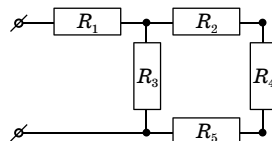
3. Определить сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, состоящего из одинаковых резисторов с сопротивлением R , выразив его в «единицах R ».



- 1) 1,7 Ом 2) 2,3 Ом 3) 4,2 Ом 4) 5,4 Ом

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

4. Пять резисторов соединены так, как показано на рисунке, $R_1 = 1$ Ом; $R_2 = 1$ Ом; $R_3 = 10$ Ом; $R_4 = 8$ Ом; $R_5 = 1$ Ом. Найти общее сопротивление в цепи.

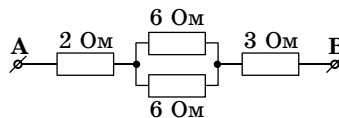


- 1) 1 Ом 2) 2 Ом 3) 8 Ом 4) 6 Ом

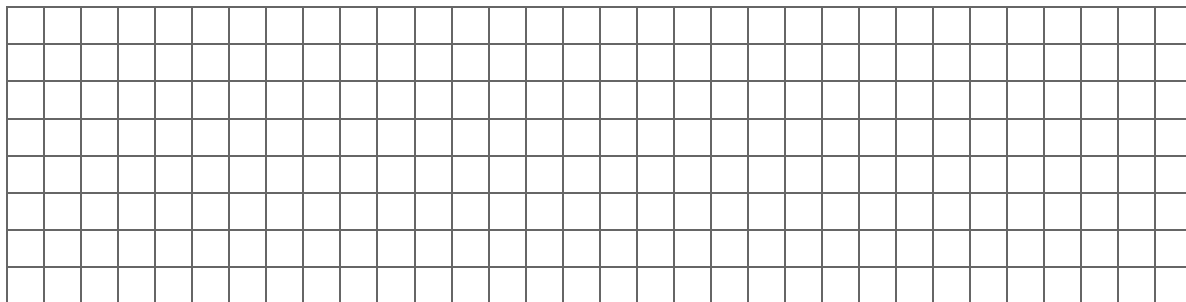
1	2	3	4	4
---	---	---	---	---

5. Определите сопротивление между точками А и В электрической цепи, изображенной на рисунке.

- 1) 5 Ом
2) 8 Ом
3) 11 Ом
4) 17 Ом



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



ОТВЕТЫ:

1. Дано:

$$U = 36 \text{ В}$$

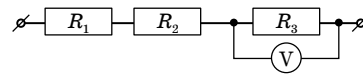
$$R_1 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$U_3 = 6 \text{ В}$$

$$I = ?$$

Решение:



$$I = I_1 = I_2 = I_3; U = U_1 + U_2 + U_3;$$

$$U = IR_1 + IR_2 + U_3; I(R_1 + R_2) = U - U_3;$$

$$I = \frac{U - U_3}{R_1 + R_2}.$$

$$[I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} = \frac{\text{ВА}}{\text{В}} = \text{А}; I = \frac{36 - 6}{2 + 4} = 5 \text{ (А)}.$$

Ответ: 3.

2. Дано:

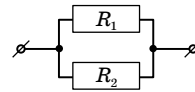
$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$I_2 = 4 \text{ А}$$

$$U_2 = 100 \text{ В}$$

$$I = ?$$

Решение:



$$I = I_1 + I_2; U_1 = U_2 = U.$$

$$I = \frac{U}{R} \text{ — закон Ома для участка цепи.}$$

$$I_1 = \frac{U_2}{R_1}; I = \frac{U_2}{R_1} + I_2.$$

$$[I] = \frac{\text{В}}{\text{Ом}} + \text{А} = \frac{\text{ВА}}{\text{В}} + \text{А} = \text{А}; I = \frac{100}{20} + 4 = 9 \text{ (А)}.$$

Ответ: 2.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 2.

Сопротивление
однородного линейного
проводника

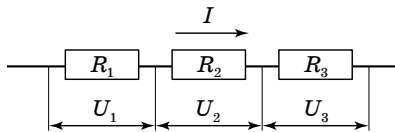
$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где S — площадь поперечного сечения проводника, l — его длина, ρ — удельное электрическое сопротивление,

$$[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$$

Последовательное соединение
проводников

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



Вывод:

$$U_1 + U_2 + U_3 = U$$

$$\text{и } U = R \cdot I \Rightarrow U = I_1 U_1 + I_2 U_2 + I_3 U_3.$$

Однако

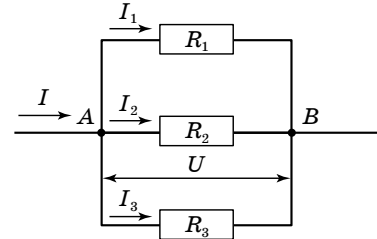
$$I_1 = I_2 = I_3 = I \Rightarrow IR = IR_1 + IR_2 + IR_3.$$

Отсюда

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Параллельное соединение проводников

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



$$\text{Вывод: } I_1 + I_2 + I_3 = I \text{ и } I = \frac{U}{R} \Rightarrow I = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}.$$

$$\text{Однако } U_1 = U_2 = U_3 = U \Rightarrow \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}.$$

$$\text{Отсюда } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

ОТВЕТЫ:**Работа тока**

$$A = I \cdot U \cdot \Delta t,$$

где U — напряжение,
 A — работа электрического тока на участке цепи за время Δt ,
 $[A] = \text{Дж}$

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. Дано:
 $t = 2 \text{ мин} = 120 \text{ с}$
 $R = 4 \text{ Ом}$
 $I = 2 \text{ А}$

 $A = ?$

Ответ: 3.

Решение:

Закон Джоуля – Ленца: $A = I^2 R t$.
 $[A] = \text{А}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с} = \text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с} = \text{Дж}$;
 $A = 2^2 \cdot 4 \cdot 120 = 1920 \text{ (Дж)}$.

2. Дано:
 $t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$
 $I = 6 \text{ А}$
 $U = 0,1 \text{ кВ} = 100 \text{ В}$

 $A = ?$

Ответ: 1.

Решение:

Закон Джоуля – Ленца: $A = I U t$.
 $[A] = \text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с} = \text{Дж}$;
 $A = 6 \cdot 100 \cdot 60 = 36\,000 \text{ (Дж)} =$
 $= 36 \text{ (кДж)}$.

3. Дано:
 $t = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с}$
 $R = 0,1 \text{ кОм} =$
 $= 100 \text{ Ом}$
 $U = 100 \text{ В}$

 $A = ?$

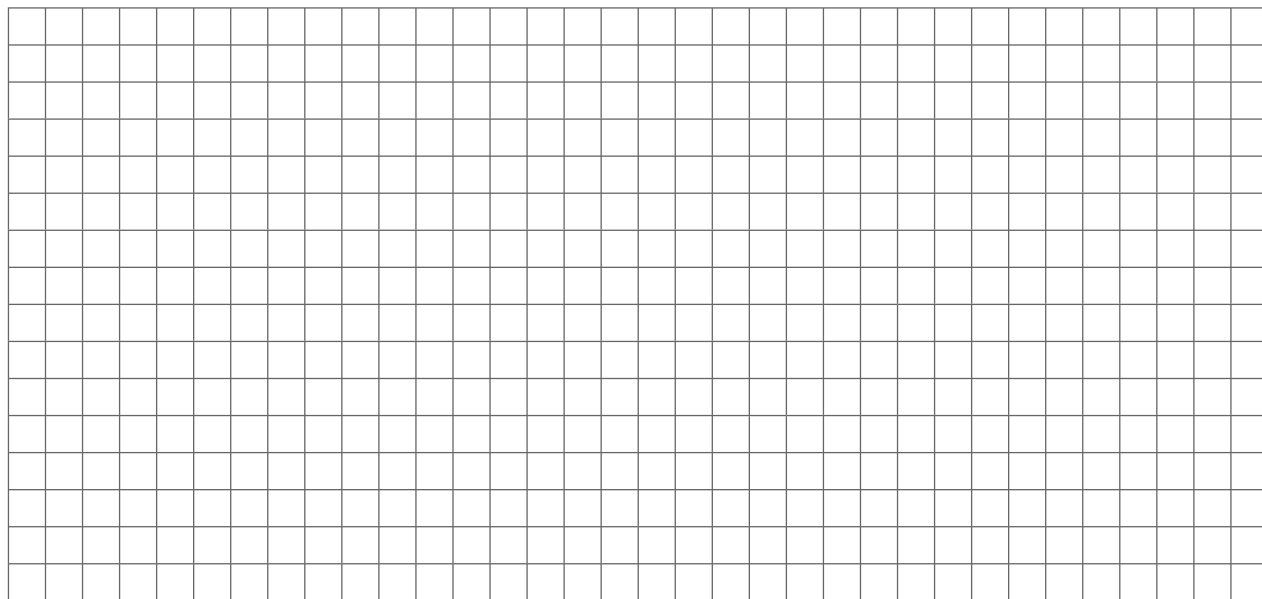
Ответ: 1.

Решение:

Закон Джоуля – Ленца:
 $A = \frac{U^2}{R} t$. $A = \frac{100^2}{100} \cdot 180 =$
 $= 18\,000 \text{ (Дж)} = 18 \text{ (кДж)}$.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 4.



65 день

3.2.10. Мощность электрического тока

1. Электрический чайник нагревает 1 л воды от 10 до 100 °С за 1,5 мин. Найти КПД чайника, если длина никелированного провода, с которого изготовлен нагревательный элемент, равна 14 м, а сечение 0,63 мм². Напряжение в сети 220 В.

	1
--	---

2. Каково сопротивление нити электролампы мощностью 60 Вт?

- 1) 608 Ом 2) 807 Ом 3) 703 Ом 4) 908 Ом

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

3. Мощность электрической лампы 60 Вт. Какую работу совершает электрический ток, перемещаясь через лампу за 5 мин?

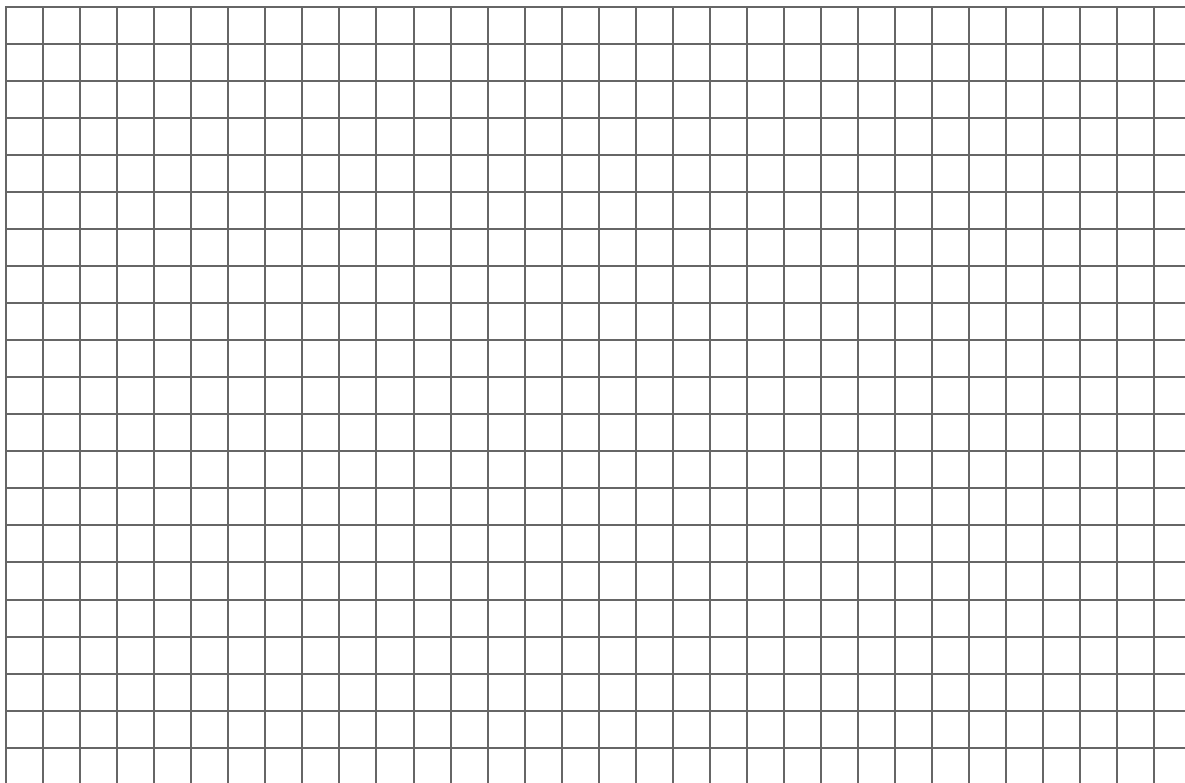
- 1) 18 кДж 3) 180 кДж
2) 24 кДж 4) 240 кДж

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

4. Сила тока в электрической лампе, рассчитанной на напряжение 110 В, равна 0,5 А. Какова мощность тока в этой лампе?

- 1) 35 Вт 2) 45 Вт 3) 65 Вт 4) 55 Вт

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



ОТВЕТЫ:

1. Дано:

$$\begin{aligned}
 l &= 14 \text{ м} \\
 V &= 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3 \\
 \rho_B &= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\
 t_1 &= 10^\circ\text{С} \\
 t_2 &= 100^\circ\text{С} \\
 \Delta\tau &= 1,5 \text{ мин} = 900 \text{ с} \\
 S &= 0,63 \text{ мм}^2 \\
 \rho_H &= 42 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \\
 U &= 220 \text{ В} \\
 c_B &= 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \\
 \eta &= ?
 \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100\%; \\
 Q_1 &= c_B \cdot m_B(t_2 - t_1); \quad m = V \cdot \rho_B; \\
 Q_2 &= \frac{U^2}{R} \tau; \quad R = \frac{\rho_H \cdot l}{S}. \\
 \text{Подставляем:} \\
 \eta &= \frac{c_B \cdot V \cdot \rho_B(t_2 - t_1) \cdot \rho_H \cdot l \cdot 100\%}{U^2 \cdot S \cdot \tau}. \\
 \eta &= \frac{4200 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3(100 - 10)}{220^2 \cdot 0,63 \cdot 900} \times \\
 &\times 42 \cdot 10^{-2} \cdot 14 \cdot 100 = 80\%.
 \end{aligned}$$

Ответ: 80.

2. Дано:

$$\begin{aligned}
 U &= 220 \text{ В} \\
 P &= 60 \text{ Вт} \\
 R &= ?
 \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{U^2}{R}; \quad R = \frac{U^2}{P} \\
 [R] &= \frac{\text{В}^2}{\text{Вт}} = \text{Ом} \\
 R &= \frac{220^2}{60} \approx 807 \text{ Ом}.
 \end{aligned}$$

Ответ: 27.

3. Ответ: 1.

4. Дано:

$$\begin{aligned}
 U &= 110 \text{ В} \\
 I &= 0,5 \text{ А} \\
 P &= ?
 \end{aligned}$$

Решение:

$$P = IU. \quad P = 0,5 \cdot 110 = 55 \text{ (Вт)}.$$

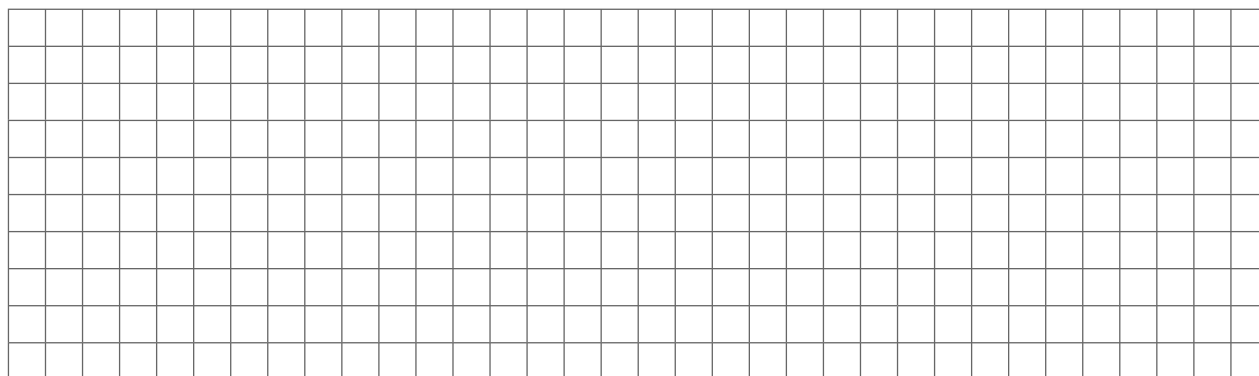
Ответ: 4.

Мощность тока

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U,$$

где P — мощность электрического тока, I — сила тока, U — напряжение,

$$[P] = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}$$



66 день

3.2.11. Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах

3.2.12. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников

- Добавление примеси фосфора в германий
 - приведет к образованию проводимости *n*-типа
 - приведет к образованию проводимости *p*-типа
 - не изменит проводимость фосфора
 - невозможно определить

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

- Установить соответствие между проводником (левый столбец) и типом свободных носителей в нем (правый столбец).
 - и положительно, и отрицательно заряженные ионы
 - электроны и ионы
 - электроны

	2
--	---

Металл	Жидкость	Газ

- Какова сила тока в алюминиевом проводе сечением 2 мм^2 , если напряженность электрического поля в нем равна 1 В/м ?
 - $52,6 \text{ А}$
 - $71,4 \text{ А}$
 - $68,5 \text{ А}$
 - $81,2 \text{ А}$

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

- Какой толщины слой никеля отложится на чайнике за $2,4 \text{ ч}$ его никелирования, если плотность тока 100 А/м^2 ?

	4
--	---

- Сколько пар ионов возникает под действием ионизатора каждую секунду в 1 см^3 разрядной трубки, в которой течет ток насыщения $2 \cdot 10^{-7} \text{ mA}$? Объем трубки 600 см^3 .
 - $2 \cdot 10^6$
 - $3 \cdot 10^6$
 - $4 \cdot 10^6$
 - $5 \cdot 10^6$

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

ОТВЕТЫ:

Электрический ток в различных средах

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

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.

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

1. Ответ: 1.

2. Ответ: 312.

3. Дано:

$$S = 2 \text{ мм}^2$$

$$E = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\rho = 2,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$I = ?$$

Решение:

Сила тока: $I = \frac{U}{R}$ — закон Ома для участка цепи.

$$U = E \cdot l; R = \frac{\rho \cdot l}{S}. \text{ Отсюда:}$$

$$I = \frac{E \cdot S}{\rho}. [I] = \frac{\text{В} \cdot \text{мм}^2 \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{Ом} \cdot \text{мм}^2} = \text{А};$$

$$I = \frac{1 \cdot 2}{2,8 \cdot 10^{-2}} \approx 71,4 \text{ (А)}.$$

Ответ: 2.

4. Дано:

$$t = 2,4 \text{ ч}$$

$$j = 100 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$$

$$\rho = 8902 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$h = ?$$

Решение:

Закон Фарадея:

$$m = kI\Delta t. m = \rho \cdot V = \rho hS.$$

$j = \frac{I}{S}$ — плотность тока — это

отношение силы тока к площади поперечного сечения проводника;

$$I = j \cdot S. m = \rho V = \rho hS. k = \frac{M}{N_A n e},$$

n — валентность никеля; $n = 2$;

$$M = 58,7 \text{ а. е. м.} = 58,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

$$\rho hS = \frac{MjS \cdot \Delta t}{N_A \cdot n \cdot e}; h = \frac{M \cdot j \cdot \Delta t}{N_A \cdot n \cdot e \cdot \rho}.$$

$$[h] = \frac{\text{кг} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{моль} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{Кл} \cdot \text{кг}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \text{м};$$

$$h = \frac{58,7 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 8640}{6 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 8902} \approx 30 \cdot 10^{-6} = 30 \text{ (мкм)}.$$

Ответ: 30.

5. Дано:

$$I = 2 \cdot 10^{-7} \text{ мА} =$$

$$= 2 \cdot 10^{-10} \text{ А}$$

$$V = 600 \text{ см}^3$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$n = ?$$

Решение:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}; \Delta q = e \cdot n \cdot V; I = \frac{e \cdot n \cdot V}{\Delta t}.$$

Отсюда:

$$n = \frac{I\Delta t}{e \cdot V}. [n] = \frac{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^3}{\text{Кл} \cdot \text{см}^3} = 1;$$

$$n = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot 1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 600} \approx 2 \cdot 10^6.$$

Ответ: 1.

67 день

3.3. Магнитное поле

3.3.1. Взаимодействие магнитов

3.3.2. Магнитное поле проводника с током

1. Легкая магнитная стрелка, свободно вращающаяся в горизонтальной плоскости, установлена между полюсами большого подковообразного магнита. Как поведет себя стрелка?

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

- 1) повернется так, что северный полюс ее будет указывать на северный полюс магнита
- 2) повернется так, что северный полюс ее будет указывать на южный полюс магнита
- 3) повернется перпендикулярно линии, соединяющей полюса магнита
- 4) будет беспрерывно вращаться

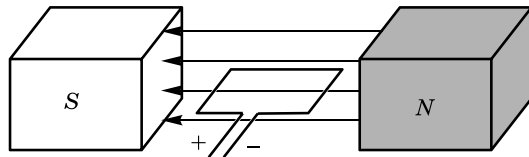
2. Где находится северный магнитный полюс Земли?

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

- 1) вблизи северного географического полюса Земли
- 2) вблизи южного географического полюса Земли
- 3) вблизи экватора, в районе нулевого меридиана
- 4) вблизи экватора, в районе 180° меридиан

3. Будет ли поворачиваться рамка с током, изображенная на рисунке, и если да, то как?

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

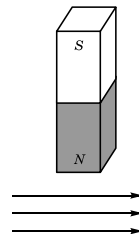


- 1) повернется по часовой стрелке на 90°
- 2) не будет поворачиваться
- 3) повернется против часовой стрелки на 90°
- 4) повернется по часовой стрелке на 45°

4. К горизонтальному пучку положительных ионов сверху подносят магнит (см. рисунок). При этом пучок отклонится

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

- 1) вниз
- 2) вверх
- 3) от читателя
- 4) к читателю



ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 2.
2. Ответ: 2.
3. Ответ: 1.
4. Ответ: 3.

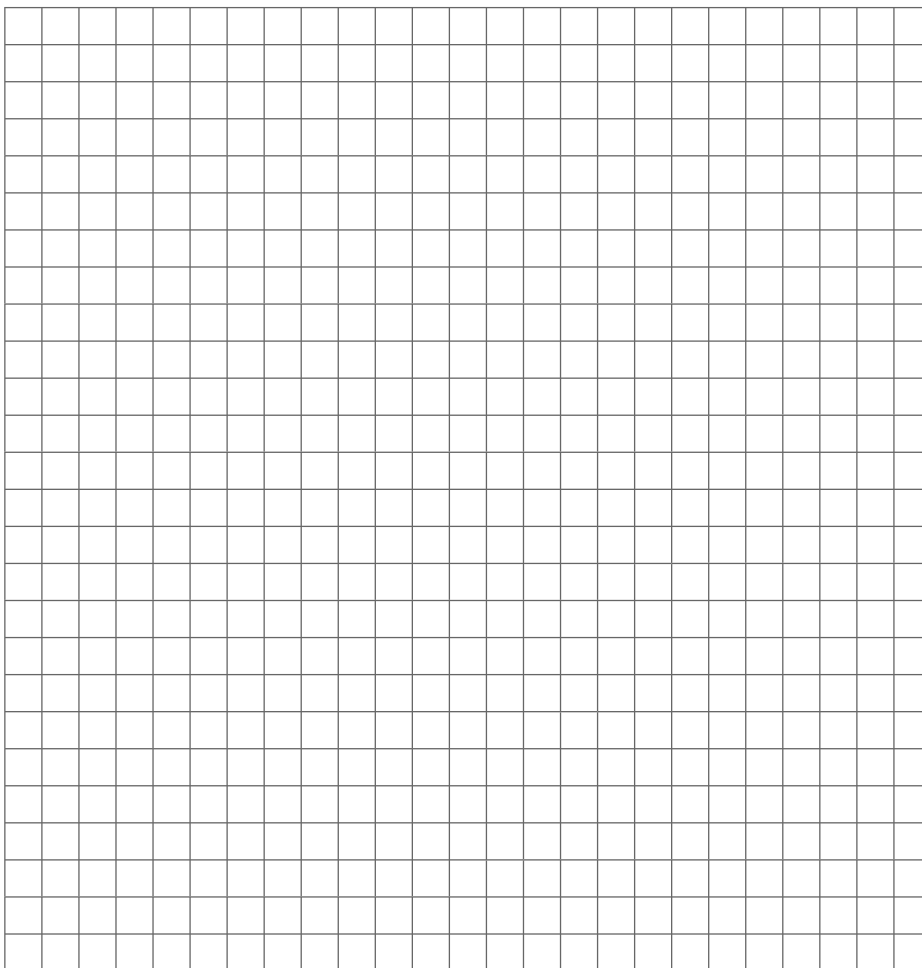
Магнитное поле

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.

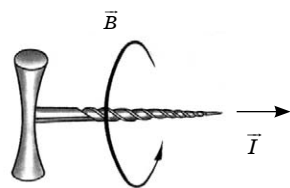
За направление поля (направление магнитной линии поля) в данной точке поля принято считать направление, которое указывает северный полюс магнитной стрелки в этой точке поля. Магнитные стрелки устанавливаются по касательным к силовым линиям поля.



Общие правила для определения направления линий магнитного поля тока

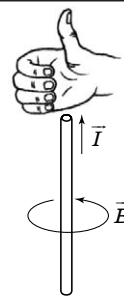
Правило буравчика (правого винта)

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.



68 день

3.3.3. Сила Ампера

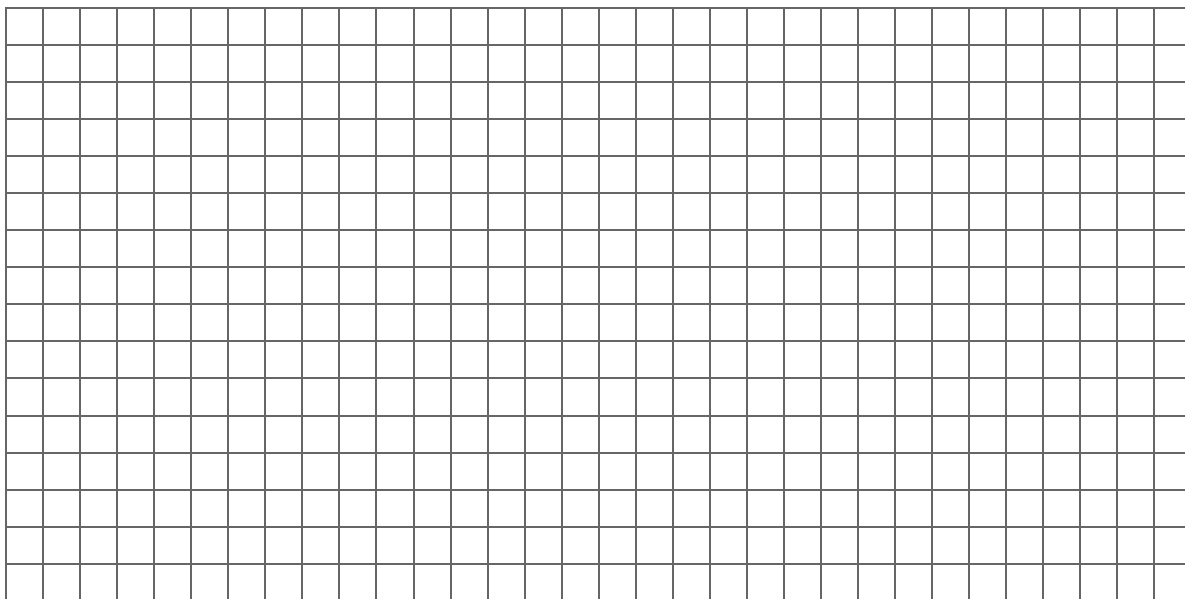
1. На проводнике длиной 50 см с током 2 А однородное магнитное поле с магнитной индукцией 0,1 Тл действует с силой 0,05 Н. Вычислить угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.
1) 30° 2) 45° 3) 60° 4) 90°
2. Определить силу тока в проводе, если на участок этого провода длиной 20 см действует с силой 0,5 Н однородное магнитное поле, магнитная индукция которого равна 1 Тл. При этом угол между направлением линий магнитной индукции и тока равен 30° .
1) 2 А 2) 3 А 3) 5 А 4) 4 А
3. Какая сила действует на провод длиной 10 см в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,05 Тл, если ток в проводе 5 А, а угол между направлением тока и линиями магнитной индукции 90° ?
1) 5 мН 2) 14 мН 3) 35 мН 4) 24 мН
4. Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,05 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром, находится в однородном магнитном поле. Пока проекция магнитной индукции на вертикаль z равномерно меняется от $B_{1z} = 3 \text{ Тл}$ до $B_{2z} = -5 \text{ Тл}$, по контуру протекает заряд $\Delta q = 0,04 \text{ Кл}$. Найдите сопротивление контура.

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

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

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

				4
--	--	--	--	---



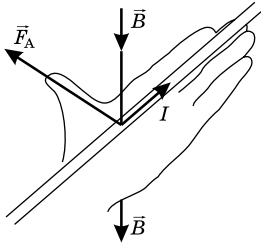
ОТВЕТЫ:

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.** Дано:
 $l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$
 $I = 2 \text{ А}$
 $B = 0,1 \text{ Тл}$
 $F = 0,05 \text{ Н}$
 α — ?

Решение:

$$F_A = IlB \sin \alpha \text{ — закон Ампера;}$$

$$\sin \alpha = \frac{F}{IlB}; \sin \alpha = \frac{0,05}{2 \cdot 0,1 \cdot 0,5} = 0,5;$$

$$\sin 30^\circ = 0,5; \alpha = 30^\circ.$$

Ответ: 1.

- 2.** Ответ: 3.

- 3.** Дано:
 $l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$
 $B = 0,05 \text{ Тл}$
 $I = 5 \text{ А}$
 $\alpha = 90^\circ$
 F — ?

Решение:

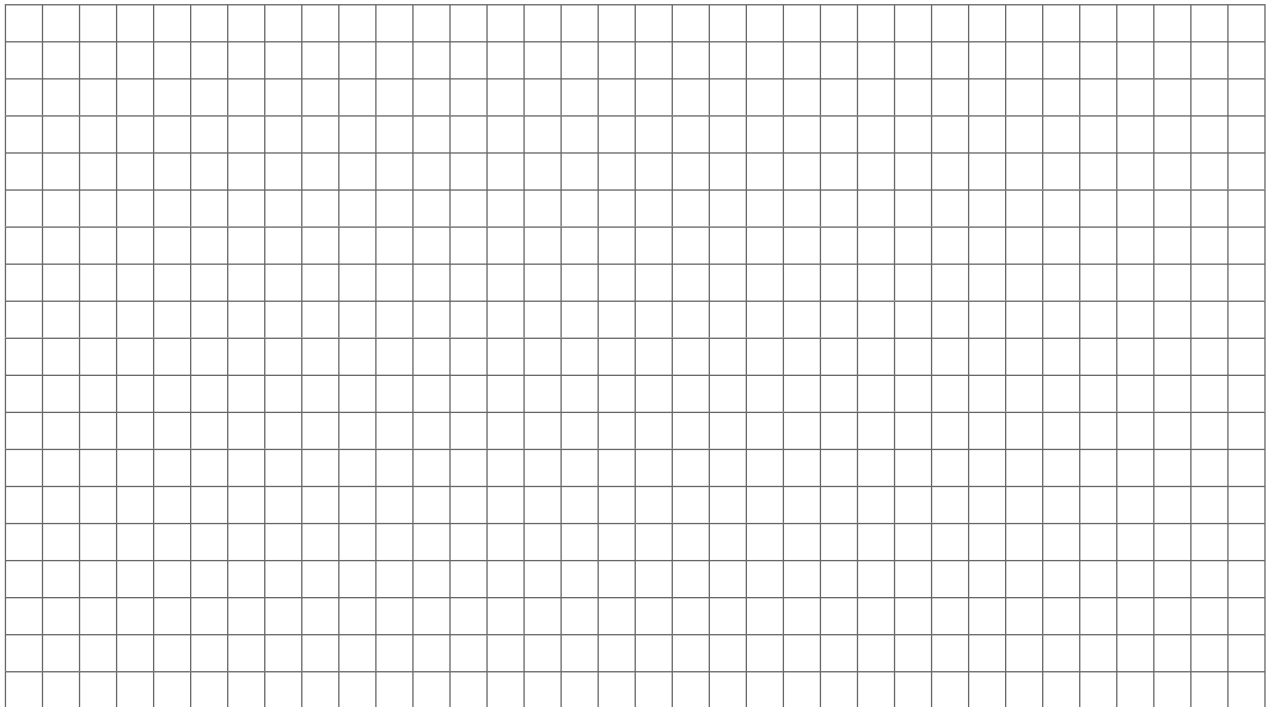
$$\text{Закон Ампера: } F_A = IlB \sin \alpha.$$

$$\sin 90^\circ = 1. F_A = IlB.$$

$$F = 5 \cdot 0,1 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ (Н)} = 25 \text{ (мН)}.$$

Ответ: 4.

- 4.** Ответ: 10 Ом.



69 день

3.3.4. Сила Лоренца

1. Электрон и протон падают в однородное магнитное поле, имея одинаковые скорости. Как будут отличаться радиусы кривизны их траекторий?

- 1) радиус кривизны траектории электрона больше, чем протона
- 2) невозможно определить
- 3) не будут отличаться
- 4) радиусы кривизны протона и электрона будут соотноситься как их массы

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

2. Протон и α -частица влетают в однородное магнитное поле. Скорость обеих частиц направлена перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. Каково отношение периода обращения протона к периоду обращения α -частицы?

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

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

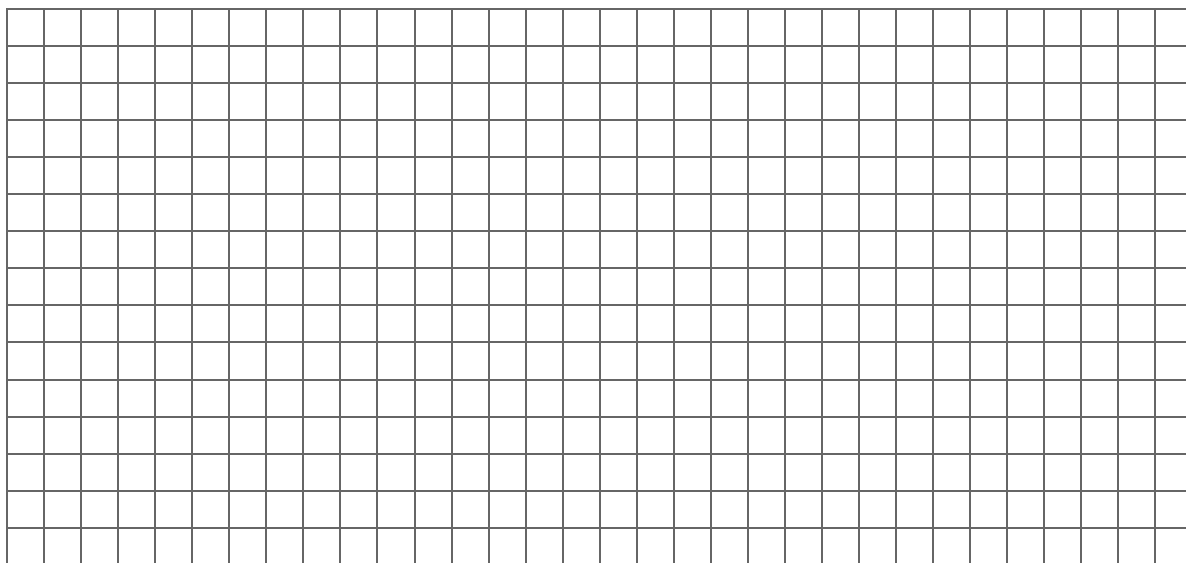
3. Электрон движется со скоростью 3000 км/с в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,1 Тл. Направление скорости электрона и линий магнитной индукции составляет прямой угол. Определите силу, действующую на электрон.

- 1) $4,2 \cdot 10^{-12}$ Н
- 2) $4,8 \cdot 10^{-14}$ Н
- 3) $3,6 \cdot 10^{-13}$ Н
- 4) $3,8 \cdot 10^{-15}$ Н

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

4. Протон в магнитном поле с индукцией 0,01 Тл описывает окружность радиусом 10 см. Какова скорость протона?

				4
--	--	--	--	---

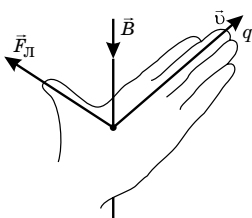


Сила Лоренца

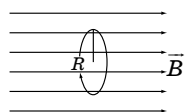
Сила, действующая со стороны магнитного поля на движущийся заряд:

$$F_{\text{Л}} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

где v — скорость заряда, B — модуль вектора магнитной индукции, α — угол между векторами \vec{B} и \vec{v} . Вектор $\vec{F}_{\text{Л}}$ перпендикулярен к векторам \vec{B} и \vec{v} .



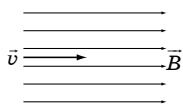
Движение заряженных частиц в магнитном поле



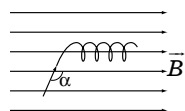
траектория движения — окружность радиусом:

$$R_{\text{L}} = \frac{mv}{qB}$$

(ларморовский радиус)



траектория движения — прямая



траектория движения — винтовая линия

1. Ответ: 4.

2. Ответ: 3.

3. Дано:

$$v = 3000 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 3 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$F = ?$$

Ответ: 2.

Решение:

Сила Лоренца: $F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha$;
 $\sin 90^\circ = 1$; $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

$$F = qvB.$$

$$F = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,1 = 4,8 \cdot 10^{-14} \text{ (Н)}.$$

4. Дано:

$$B = 0,01 \text{ Тл}$$

$$R = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$v = ?$$

Решение:

Сила Лоренца:

$$F_{\text{Л}} = qvB \sin \alpha; \sin \alpha = 1.$$

Из II закона Ньютона:

$F = ma$, a — ускорение тела, движущегося по кругу:

$$a = \frac{v^2}{R}. \text{ Тогда: } qvB = \frac{m \cdot v^2}{R}.$$

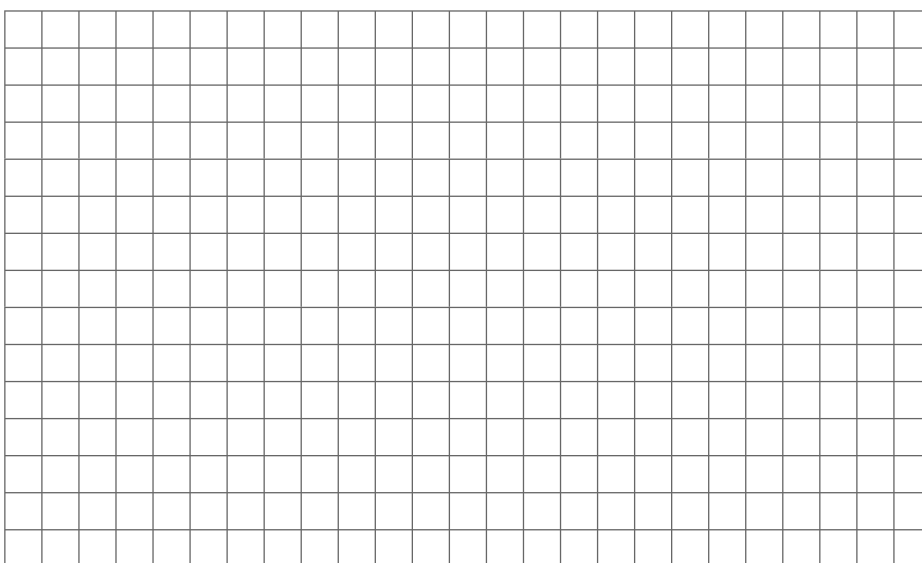
Отсюда: $v = \frac{qBR}{m}$, q — заряд протона, $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$;

m — масса протона, $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

$$[v] = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}}{\text{кг}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,01 \cdot 0,1}{1,67 \cdot 10^{-27}} \approx 10^5 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: 10^5 .



70 день

3.4. Электромагнитная индукция

3.4.1. Явление электромагнитной индукции

3.4.2. Магнитный поток

1. Явление электромагнитной индукции заключается
- 1) в изменении магнитного потока в контуре при движении последнего в магнитном поле
 - 2) в повороте магнитной стрелки вдоль линий магнитной индукции
 - 3) в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур
 - 4) в протекании тока в электрической цепи при подключении источника тока

1 2 3 4 1

2. Определить магнитный поток, пронизывающий плоскую прямоугольную площадку со сторонами 10 см и 40 см, если магнитная индукция во всех точках площадки равна 2 Тл, а вектор магнитной индукции образует с нормалью к этой площадке угол 45° .
- 1) 56 мВб 2) 38 мВб 3) 36 мВб 4) 24 мВб

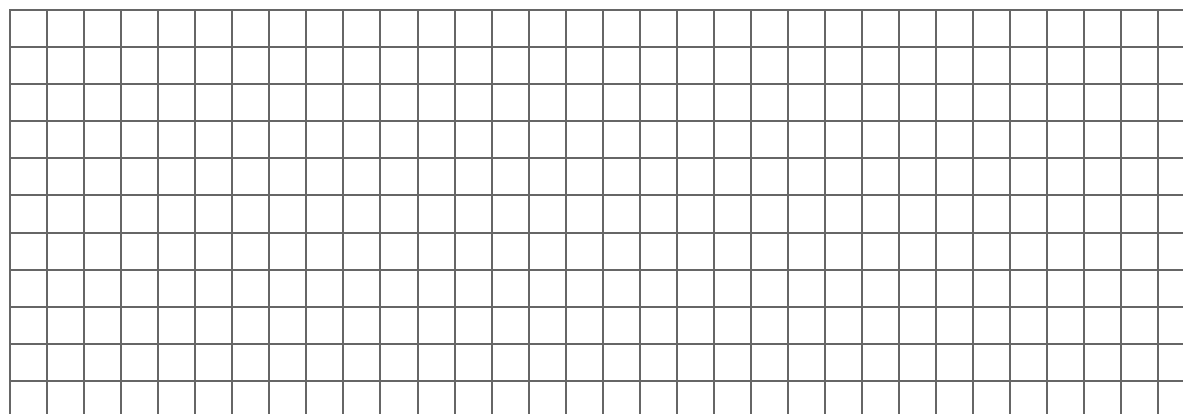
1 2 3 4 2

3. Магнитный поток внутри контура, площадь поперечного сечения которого 20 см^2 , равен 0,4 мВб. Найти индукцию поля внутри контура. Поле считать однородным.
- 1) 10 Тл 2) 20 Тл 3) 30 Тл 4) 40 Тл

1 2 3 4 3

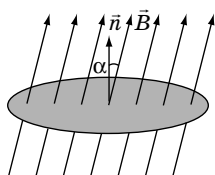
4. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности $I_m = 10 \text{ мА}$, а амплитуда колебаний заряда конденсатора $q_m = 2,5 \text{ нКл}$. В момент времени t заряд конденсатора $q = 2 \text{ нКл}$. Определите силу тока в катушке в этот момент.

4



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} .



Электромагнитная индукция — явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменениях магнитного поля, пронизывающего контур.

Индукционный ток — ток, возникающий в результате электромагнитной индукции. Индукционный ток возникает, если двигать катушку или магнит так, чтобы менялось число линий магнитной индукции, пронизывающих замкнутый контур. Основная особенность этого явления: ток возникает **только при изменении** магнитного поля!

1. Ответ: 3.

2. Дано:

$$\begin{aligned} a &= 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м} \\ b &= 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м} \\ B &= 2 \text{ Тл} \\ \alpha &= 45^\circ \end{aligned}$$

$$\Phi \text{ — ?}$$

$$\Phi = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,4 \cdot 0,7 = 56 \cdot 10^{-3} \text{ (Вб)}$$

Ответ: 1.

Решение:

$$\Phi = B \Delta S \cos \alpha; S = a \cdot b;$$

$$\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,7;$$

$$\Phi = B a \cdot b \cdot \cos \alpha.$$

$$[\Phi] = \text{Тл} \cdot \text{м} \cdot \text{м} = \text{Вб};$$

3. Дано:

$$\begin{aligned} S &= 20 \text{ см}^2 = \\ &= 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \\ \Phi &= 0,4 \text{ мВб} = \\ &= 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб} \\ \alpha &= 90^\circ \end{aligned}$$

$$B \text{ — ?}$$

Ответ: 2.

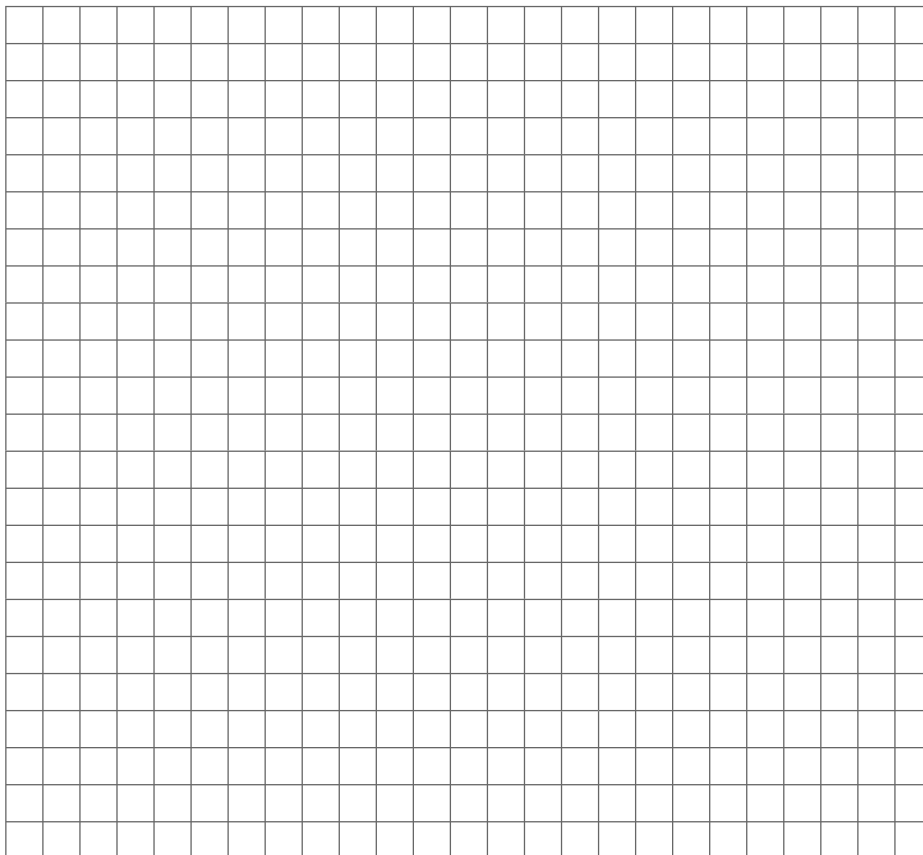
Решение:

$$\Phi = BS \cos \alpha; \cos 90^\circ = 1; \Phi = BS;$$

$$B = \frac{\Phi}{S}; [B] = \frac{\text{Вб}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{м}^2} = \text{Тл};$$

$$B = \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ (Тл)}.$$

4. Ответ: 6 мА.



71 день

3.4.3. Закон электромагнитной индукции Фарадея

3.4.4. Правило Ленца

1. Магнитный поток через контур проводника с сопротивлением $0,05 \text{ Ом}$ за 2 с равномерно изменился на $0,02 \text{ Вб}$. Сила тока в проводнике вследствие этого составила
- 1) $0,1 \text{ А}$ 2) $0,2 \text{ А}$ 3) $0,5 \text{ А}$ 4) $0,05 \text{ А}$

1 2 3 4 1

2. В какой-то момент переменное внешнее магнитное поле приводит к увеличению магнитного потока в замкнутом контуре, находящемся в этом поле. Это изменение магнитного потока индуцирует электрический ток, который, согласно правилу Ленца:
- 1) индуцирует магнитное поле, противоположное внешнему
2) индуцирует магнитное поле, параллельное внешнему
3) индуцирует магнитное поле, перпендикулярное внешнему
4) не индуцирует магнитное поле

1 2 3 4 2

3. Основной закон электромагнитной индукции выражается формулой

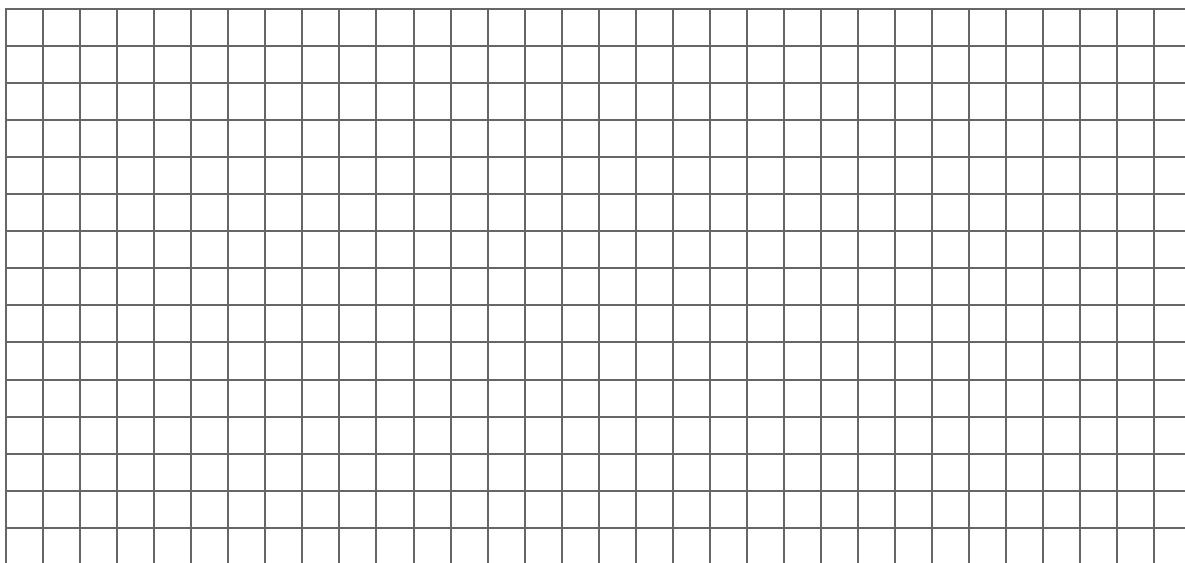
1) $E_i = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}$ 2) $B = \frac{F}{I\Delta t}$ 3) $F = qB \sin \alpha$ 4) $\Phi = B_n S$

1 2 3 4 3

4. Найдите ЭДС индукции в проводнике длиной 1 м , перемещающемся в однородном магнитном поле с $B = 6 \text{ Тл}$ со скоростью 3 м/с под углом 45° к вектору магнитной индукции.

1) $24,3 \text{ В}$ 2) $13,4 \text{ В}$ 3) $36,2 \text{ В}$ 4) $12,6 \text{ В}$

1 2 3 4 4



ОТВЕТЫ:

Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея)

ЭДС индукции ε_i в замкнутом контуре равна модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|,$$

с учетом правила Ленца $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

Правило Ленца: индукционный ток своим магнитным полем противодействует изменению магнитного потока, которым он вызван.

ЭДС индукции ε_i в замкнутом контуре равна модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\varepsilon_i = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|,$$

с учетом правила Ленца:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Вихревое электрическое поле — электрическое поле, возникающее при изменениях магнитного поля.

- 1. Дано:**
 $R = 0,05 \text{ Ом}$
 $t = 2 \text{ с}$
 $\Delta\Phi = 0,02 \text{ Вб}$
 $I - ?$

Решение:

$$I_i = \frac{1}{R} \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|.$$

$$I = \frac{1}{0,05} \left| \frac{0,02}{2} \right| = 0,2 \text{ (А)}.$$

Ответ: 2.

- 2. Ответ:** 1.

- 3. Ответ:** 1.

- 4. Дано:**
 $l = 1 \text{ м}$
 $B = 6 \text{ Тл}$
 $v = 3 \text{ м/с}$
 $\alpha = 45^\circ$
 $\varepsilon - ?$

Решение:

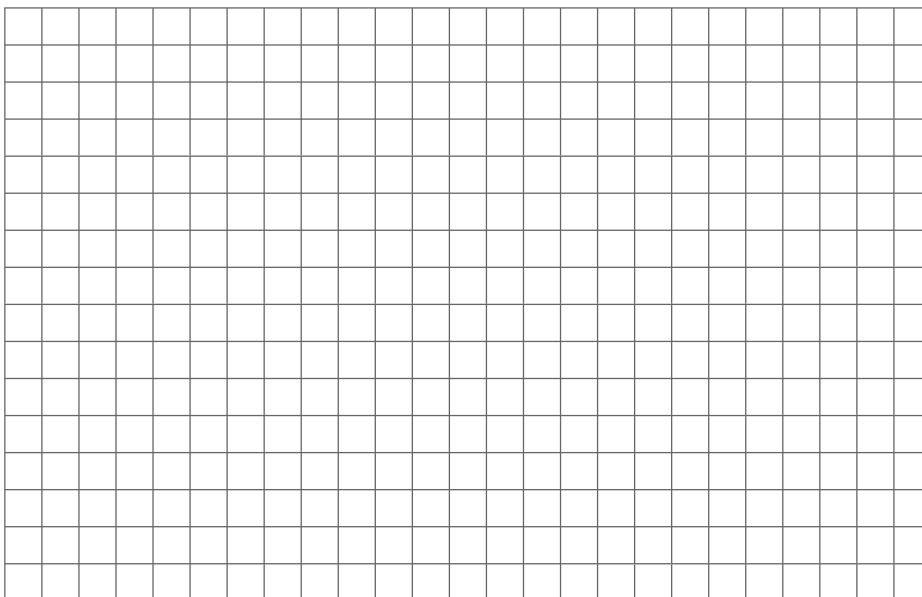
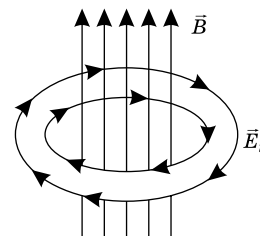
$$\varepsilon_i = Blv \sin \alpha; \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7.$$

$$\varepsilon_i = 6 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 0,7 = 12,6 \text{ (В)}.$$

Ответ: 4.

Вихревое электрическое поле *не связано* с электрическими зарядами, его линии напряженности представляют собой *замкнутые линии*.

Вихревое электрическое поле *не потенциальное*, т.е. работа сил вихревого электрического поля при движении электрического заряда по замкнутому контуру может быть отлична от нуля.



3.4.5. Самоиндукция

1. За 2 с в соленоиде, содержащем 1000 витков провода, магнитный поток равномерно убывает с 7 до 9 мВб. Найти ЭДС индукции в соленоиде.
1) 1 В 2) 3 В 3) 1,5 В 4) 2,5 В
2. Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из 1000 витков при возбуждении в нем ЭДС индукции 10 В.
1) 0,1 Вб/с 2) 0,01 Вб/с 3) 0,03 Вб/с 4) 0,2 Вб/с
3. При помощи реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке со скоростью 10 А/с. Индуктивность катушки 20 мГн. Найти ЭДС самоиндукции.
1) 0,1 В 2) 0,4 В 3) 0,2 В 4) 0,5 В
4. Определить скорость изменения силы тока в катушке с индуктивностью 200 мГн, если в ней возникла ЭДС самоиндукции 60 В.
1) 30 А/с 2) 20 А/с 3) 40 А/с 4) 50 А/с
5. На рисунке изображен график зависимости силы тока I в катушке индуктивности от времени t . Расположите промежутки времени в порядке возрастания модуля электродвижущей силы самоиндукции.
1) 0–2 с, 2–4 с, 4–5 с, 5–8 с
2) 2–4 с, 5–8 с, 0–2 с, 4–5 с
3) 4–5 с, 0–2 с, 2–4 с, 5–8 с
4) 5–8 с, 4–5 с, 0–2 с, 2–4 с

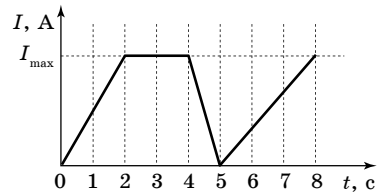
1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

1 2 3 4 5



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).

1. Дано:

$$t = 2 \text{ с}$$

$$N = 1000$$

$$\Phi_1 = 7 \text{ мВб} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$\Phi_2 = 9 \text{ мВб} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

$$\varepsilon_i = ?$$

Решение:

$$\varepsilon_i = N \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|; \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1.$$

$$\varepsilon_i = \frac{N(\Phi_2 - \Phi_1)}{t};$$

$$[\varepsilon_i] = \frac{\text{Вб} - \text{Вб}}{\text{с}} = \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{В}. \quad \varepsilon_i = \frac{1000(9 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-3})}{2} = 1 \text{ (В)}.$$

Ответ: 1.

2. Ответ: 2.

3. Дано:

$$\frac{I}{t} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$L = 20 \text{ мГн} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}$$

$$\varepsilon_c = ?$$

Решение:

$$\varepsilon_c = -L \frac{\Delta I}{\Delta t};$$

$$\varepsilon_c = 20 \cdot 10^{-2} \cdot 10 = 20 \cdot 10^{-2} = 0,2 \text{ (В)}.$$

Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 1.



73 день

3.4.6. Индуктивность

1. Найти индуктивность контура, если сила тока равна 0,8 А, а магнитный поток равен 0,4 мВб.
1) 3,2 мГн 2) 0,5 мГн 3) 0,4 мГн 4) 0,2 мГн

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

2. При изменении силы тока в катушке от 0 до 5 А в течение 2 с в ней возникла ЭДС, равная 1 В. Следовательно, индуктивность катушки составляет
1) 0,2 Гн 2) 0,1 Гн 3) 0,4 Гн 4) 0,5 Гн

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

3. Катушка индуктивностью 2 Гн включается при напряжении 40 В. Найти время, в течение которого сила тока будет равна 60 А.
1) 3 с 2) 2 с 3) 5 с 4) 6 с

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

4. При равномерном изменении в течение 2 с силы тока в катушке от нуля до 5 А в ней возникла ЭДС самоиндукции 100 В. Определить индуктивность катушки.
1) 20 Гн 2) 40 Гн 3) 10 Гн 4) 80 Гн

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

5. Конденсатор, входящий в состав колебательного контура, зарядили и отсоединили от источника напряжения. После этого последовательно к катушке индуктивности в колебательном контуре присоединили еще одну катушку индуктивности. Как это повлияло на результирующую индуктивность колебательного контура, частоту электромагнитных колебаний в нем и на максимальную суммарную энергию магнитного поля в катушках индуктивности?
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась
2) уменьшилась
3) не изменилась

				5
--	--	--	--	---

Результирующая индуктивность колебательного контура	Частота электромагнитных колебаний	Максимальная суммарная энергия магнитного поля в катушках индуктивности

ОТВЕТЫ:

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. Дано:
 $I = 0,8 \text{ А}$
 $\Phi = 0,4 \text{ мВб}$
 $L = ?$

Решение:

$$L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta I};$$

$$L = \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{0,8} = 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ (мГн)}.$$

Ответ: 2.

2. Ответ: 3.

3. Дано:
 $L = 2 \text{ Гн}$
 $\varepsilon = 40 \text{ В}$
 $I = 60 \text{ А}$
 $\Delta t = ?$

Решение:

$$\varepsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}; \quad \Delta t = \frac{L \Delta I}{\varepsilon}.$$

$$[\Delta t] = \frac{\text{Гн} \cdot \text{А}}{\text{В}} = \frac{\text{Вб} \cdot \text{А}}{\text{А} \cdot \text{В}} = \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{В}} = \text{с};$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 60}{40} = 3 \text{ (с)}.$$

Ответ: 1.

4. Дано:
 $\Delta t = 2 \text{ с}$
 $\Delta I = 5 \text{ А}$
 $\varepsilon_c = 100 \text{ В}$
 $L = ?$

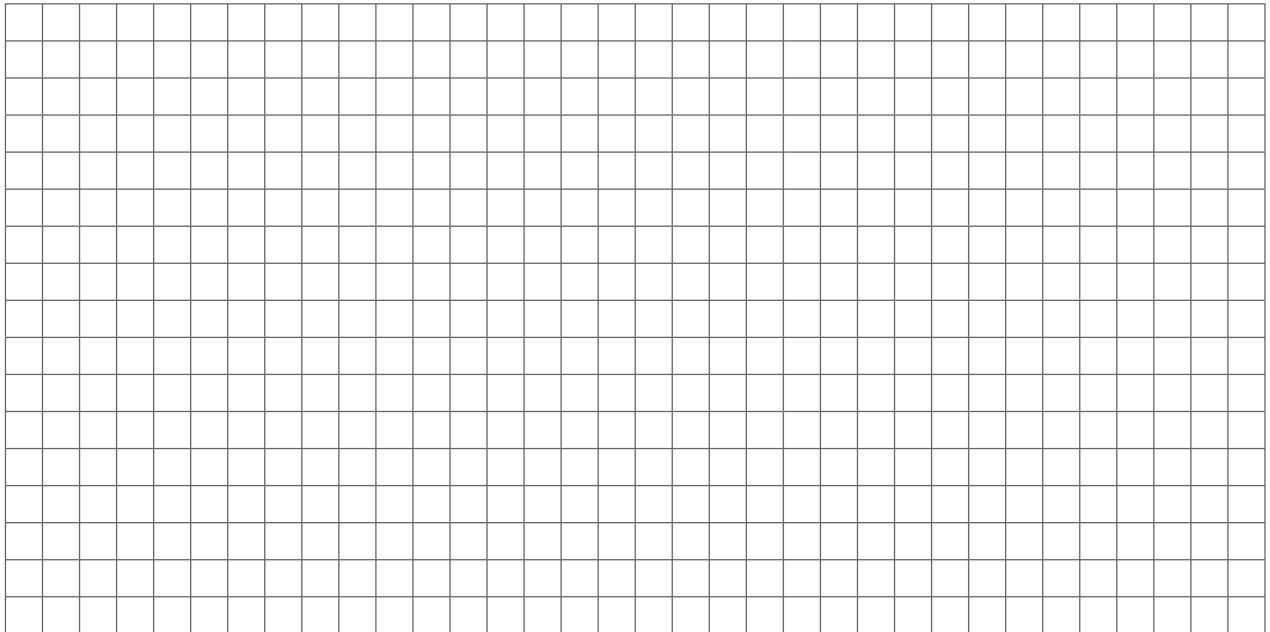
Решение:

$$\varepsilon_c = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad L = \frac{\varepsilon_c \Delta t}{\Delta I} \quad [L] = \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{А}} = \text{Гн}$$

$$L = \frac{100 \cdot 2}{5} = 10 \text{ (Гн)}.$$

Ответ: 2.

5. Ответ: 123.



74 день

3.4.7. Энергия магнитного поля

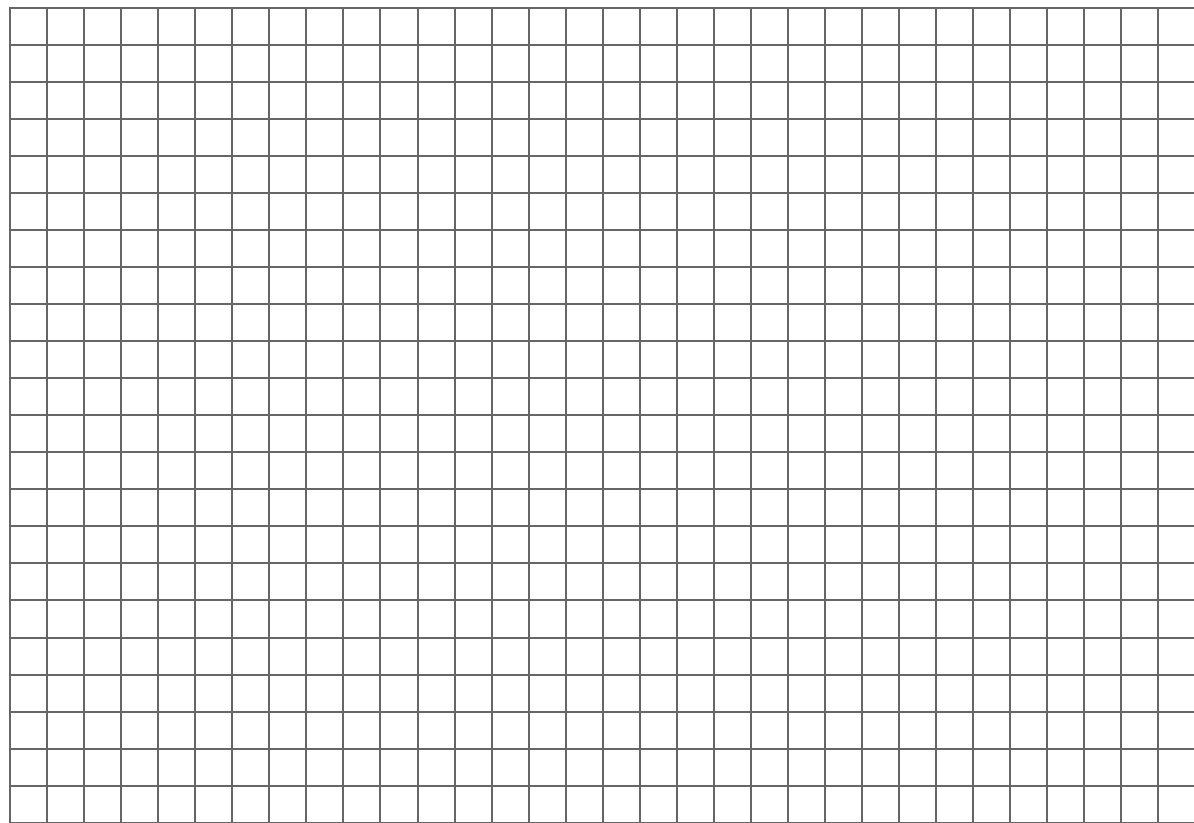
1. Найти энергию магнитного поля катушки, если ее индуктивность 2 Гн , а сила тока в ней 10 А .
1) 10 Дж 2) 20 Дж 3) 50 Дж 4) 100 Дж
2. Сила тока в катушке равна 5 А . При какой индуктивности катушки энергия ее магнитного поля будет равна 50 Дж ?
1) 2 Гн 2) 4 Гн 3) 1 Гн 4) 5 Гн
3. Сила тока в катушке уменьшилась с 10 А до 4 А . При этом энергия магнитного поля катушки уменьшилась на 2 Дж . Какова индуктивность катушки?
1) 10 Гн 2) 2 Гн 3) $0,05 \text{ Гн}$ 4) $0,15 \text{ Гн}$
4. Конденсатор, электрическая емкость которого 1000 мкФ , заряжают до напряжения 70 В , к его выводам подключают цепочку из трех резисторов 100 Ом , 200 Ом и 400 Ом , соединенных параллельно. Какое количество теплоты выделится в резисторе 100 Ом ?

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

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

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

				4
--	--	--	--	---



ОТВЕТЫ:

Энергия магнитного поля тока
Энергия магнитного поля катушки с током равна:

$$W_m = \frac{LI^2}{2},$$

$$[W_m] = \text{Дж},$$

где L — индуктивность, I — сила тока.

1. Дано:

$$L = 2 \text{ Гн}$$

$$I = 10 \text{ А}$$

$$W_m = ?$$

Ответ: 4.

Решение:

Магнитное поле с током обладает энергией: $W_m = \frac{LI^2}{2}$. $W_m = \frac{2 \cdot 10^2}{2} = 100$ (Дж).

2. Дано:

$$I = 5 \text{ А}$$

$$W_m = 50 \text{ Дж}$$

$$L = ?$$

Ответ: 2.

Решение:

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

Отсюда: $L = \frac{2W_m}{I^2}$. $L = \frac{2 \cdot 50}{5^2} = 4$ (Гн).

3. Дано:

$$I_1 = 10 \text{ А}$$

$$I_2 = 4 \text{ А}$$

$$\Delta W_m = 2 \text{ Дж}$$

$$L = ?$$

Ответ: 3.

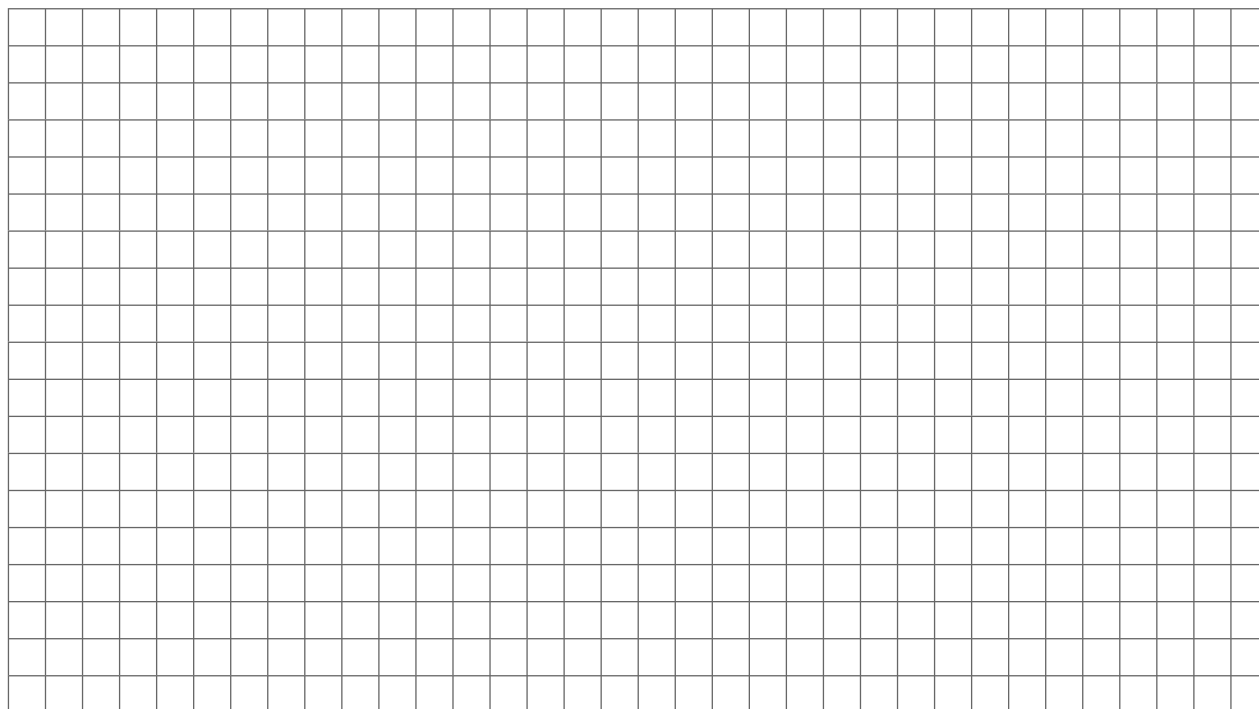
Решение:

$$\Delta W_m = W_{m_1} - W_{m_2}. W_{m_1} = \frac{LI_1^2}{2}; W_{m_2} = \frac{LI_2^2}{2};$$

$$\Delta W_m = \frac{L}{2}(I_1^2 - I_2^2); L = \frac{2W_m}{I_1^2 - I_2^2}.$$

$$L = \frac{2 \cdot 2}{10^2 - 4^2} \approx 0,05 \text{ (Гн)}.$$

4. Ответ: 1,4 Дж.



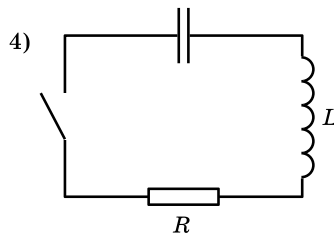
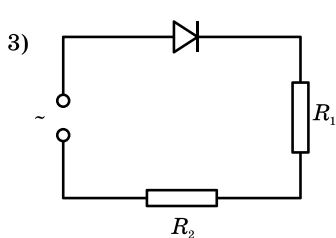
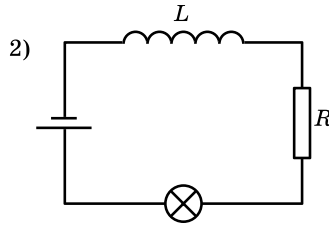
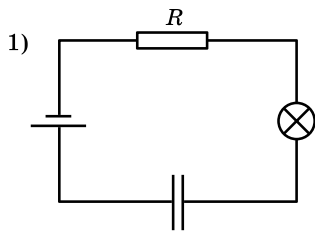
75 день

3.5. Электромагнитные колебания и волны

3.5.1. Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур

1. На каком из приведенных ниже рисунков изображен колебательный контур?

1 2 3 4 1



2. В электрическом колебательном контуре одной из колеблющихся величин является:

1 2 3 4 2

- 1) заряд конденсатора 3) индуктивность катушки
2) сопротивление проводов 4) емкость конденсатора

3. Свободными колебаниями называют:

1 2 3 4 3

- 1) периодически изменяющиеся характеристики системы
2) колебания, совершаемые в электрическом колебательном контуре
3) приливы и отливы рек и морей
4) колебания системы, совершающиеся только за счет первоначально сообщенной энергии при отсутствии внешних воздействий

4. В колебательном контуре емкость конденсатора 20 мкФ и индуктивность катушки 4 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

1 2 3 4 4

- 1) 34 мкс 2) 56 мкс 3) 42 мкс 4) 64 мкс

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 4.

2. Ответ: 1.

3. Ответ: 4.

4. Дано:

$$C = 20 \text{ мкФ} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 4 \text{ мкГн} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$T = ?$$

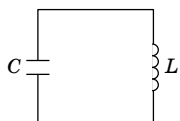
Решение:

Период свободных колебаний в контуре равен: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ — формула Томсона.

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{4 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 56 \cdot 10^{-6} \text{ (с)} = 56 \text{ (мкс)}$$

Ответ: 2.

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 (количество колебаний за одну секунду) собственных колебаний контура равна:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Процессы в колебательном контуре

	<p>В начальный момент времени конденсатор заряжен.</p>
	<p>При замыкании цепи заряженного конденсатора в катушке возникает ток. За счет самоиндукции сила тока возрастает <i>медленно</i>, вначале практически линейно.</p>
	<p>К моменту полной разрядки конденсатора сила тока достигает максимальной величины.</p>
	<p>Сила тока начинает постепенно убывать, но ток течет в ту же сторону, перезаряжая конденсатор.</p>
	<p>Состояние системы через половину периода. Конденсатор заряжен противоположными зарядами. Ток равен нулю.</p>

76 день

3.5.2. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс

- 1.** Три колебательных контура отличаются только величинами своих активных сопротивлений. Как будут отличаться резонансные частоты колебаний этих контуров и амплитуды тока и напряжения на частоте резонанса?
- 1) резонансные частоты колебаний растут с увеличением сопротивления цепи, а амплитуды тока и напряжения уменьшаются
 - 2) резонансные частоты колебаний уменьшаются с увеличением сопротивления цепи, а амплитуды тока и напряжения увеличиваются
 - 3) резонансные частоты колебаний не зависят от активного сопротивления цепи, а амплитуды тока и напряжения уменьшаются с увеличением сопротивления
 - 4) резонансные частоты колебаний, как и амплитуды тока и напряжения, не зависят от активного сопротивления цепи
- 2.** В цепь включены конденсатор емкостью 2 мкФ и катушка с индуктивностью 2 Гн. При какой частоте тока в этой цепи будет резонанс?
- 1) 0,2 кГц 2) 0,4 кГц 3) 0,5 кГц 4) 0,3 кГц
- 3.** Какой емкости конденсатор надо включить в цепь, чтобы осуществился резонанс? Частота переменного тока равна 2 Гц, а индуктивность катушки 1 Гн.
- 1) 0,25 Ф 2) 0,55 Ф 3) 0,35 Ф 4) 0,45 Ф
- 4.** В цепь включены последовательно катушка с индуктивностью 50 мГн и конденсатор емкостью 20 мкФ. При какой частоте тока в этой цепи будет резонанс?
- 1) 2 Гц 2) 1 Гц 3) 3 Гц 4) 4 Гц
- 5.** В цепь включены последовательно катушка индуктивностью 2 Гн и конденсатор. Найти емкость конденсатора, если осуществился резонанс. Частота переменного тока 1 Гц.
- 1) 0,25 Ф 2) 0,5 Ф 3) 0,75 Ф 4) 0,9 Ф

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:

В колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания с периодом, определяемым согласно формуле Томсона.

Формула Томсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где T — период свободных колебаний, L — индуктивность катушки, C — емкость конденсатора.

Частота (количество колебаний за одну секунду) собственных колебаний контура равна:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Резонанс в цепи переменного тока — резкое возрастание амплитуды колебаний силы тока при совпадении частоты внешнего напряжения и частоты собственных колебаний контура.

1. Ответ: 3.

2. Дано:

$$\begin{aligned} C &= 2 \text{ мкФ} = \\ &= 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ L &= 2 \text{ Гн} \\ \omega &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 3.

Решение:

$$\begin{aligned} \text{Резонанс: } \omega &= \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \\ \omega &= \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 0,5 \cdot 10^3 \text{ (Гц)}. \end{aligned}$$

3. Дано:

$$\begin{aligned} \omega &= 2 \text{ Гц} \\ L &= 1 \text{ Гн} \\ C &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 1.

Решение:

$$\begin{aligned} \text{Резонанс: } \omega &= \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \\ \text{Отсюда: } C &= \frac{1}{\omega^2 L}. \quad C = \frac{1}{2^2 \cdot 1} = 0,25 \text{ (Ф)}. \end{aligned}$$

4. Дано:

$$\begin{aligned} L &= 50 \text{ мГн} = \\ &= 50 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \\ C &= 20 \text{ мкФ} = \\ &= 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ \omega &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 2.

Решение:

$$\begin{aligned} \text{Резонанс: } \omega &= \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ \omega &= \frac{1}{\sqrt{50 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-6}}} = 1000 \text{ (Гц)} = 1 \text{ кГц}. \end{aligned}$$

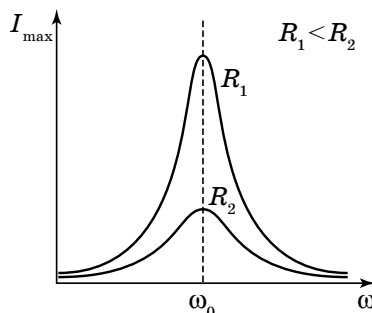
5. Дано:

$$\begin{aligned} L &= 2 \text{ Гн} \\ \omega &= 1 \text{ Гц} \\ C &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 2.

Решение:

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ C &= \frac{1}{\omega^2 \cdot L}; \quad C = \frac{1}{1^2 \cdot 2} = 0,5 \text{ (Ф)}. \end{aligned}$$



Условие резонанса:

$$f_{\text{внеш}} \approx f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

77 день

3.5.3. Гармонические электромагнитные колебания

1. Как изменится период свободных колебаний в электрическом контуре, если пластины конденсатора раздвинуть?
- 1) уменьшится
 - 2) увеличится
 - 3) не изменится
 - 4) невозможно определить

1 2 3 4 1

2. Циклическая частота колебаний электрического контура при введении железного сердечника в катушку индуктивности
- 1) увеличится
 - 2) не изменится
 - 3) уменьшится
 - 4) уменьшится, затем увеличится

1 2 3 4 2

3. Индуктивность электрического колебательного контура соответствует в механической колебательной системе
- 1) координате
 - 2) скорости
 - 3) массе
 - 4) жесткости

1 2 3 4 3

4. Зная уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора $U = 50 \cos \pi t$ В и емкость конденсатора $C = 9 \cdot 10^{-7}$ Ф, определите длину волны, соответствующую этому контуру.
- 1) $6 \cdot 10^4$ м 2) $5 \cdot 10^4$ м 3) $7 \cdot 10^4$ м 4) $8 \cdot 10^4$ м

1 2 3 4 4

5. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 0,9$ нФ и катушки с индуктивностью $L = 0,002$ Гн. На какую длину волны настроен контур (сопротивлением контура можно пренебречь)?
- 1) 1500 м 2) 3500 м 3) 4500 м 4) 2500 м

1 2 3 4 5

6. Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 30 м в течение одного периода звуковых колебаний с частотой 200 Гц?
- 1) $3 \cdot 10^4$ 2) $4 \cdot 10^4$ 3) $5 \cdot 10^4$ 4) $2 \cdot 10^4$

1 2 3 4 6

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 1.

2. Ответ: 3.

3. Ответ: 3.

4. Дано:

$$U = 50 \cos 10^4 \pi t$$

$$C = 9 \cdot 10^{-7} \text{ Ф}$$

$$\lambda = ?$$

Решение:

$$u = U_m \cos \omega t, \text{ значит: } \omega = 10^4 \pi.$$

$$\omega = 2\pi\nu \approx \nu = \frac{\omega}{2\pi}. \quad \lambda = \frac{c}{\nu};$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad \lambda = \frac{2\pi c}{\omega}; \quad [\lambda] = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{м};$$

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^8}{10^4 \cdot \pi} = 6 \cdot 10^4 \text{ (м)}.$$

Ответ: 1.

5. Дано:

$$C = 0,9 \text{ мФ} =$$

$$= 0,9 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$L = 0,002 \text{ Гн}$$

$$\lambda = ?$$

Решение:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}; \quad c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad \nu = \frac{\omega}{2\pi}; \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

$$\text{Отсюда: } \lambda = 2\pi c \sqrt{LC}.$$

$$[\lambda] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{\text{Ф} \cdot \text{Гн}} = \text{м};$$

$$\lambda = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{0,9 \cdot 10^{-9} \cdot 0,002} = 2500 \text{ (м)}.$$

Ответ: 4.

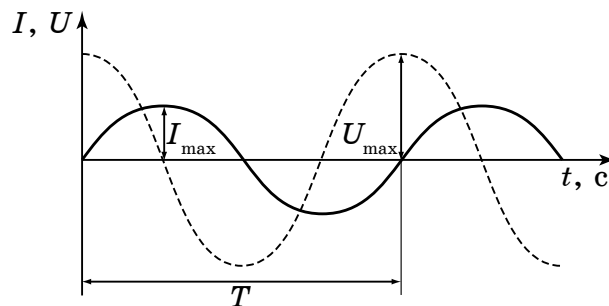
6. Ответ: 3.

Электромагнитные колебания в колебательном контуре описывают с помощью формул, характеризующих периодические изменения электрического заряда, силы тока и напряжения:

$$q = q_{\max} \cos \omega t, \quad i = -\omega q_{\max} \sin \omega t = -I_{\max} \sin \omega t, \quad U = \frac{q_{\max}}{C} \cos \omega t = U_{\max} \cos \omega t.$$

Здесь $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — круговая (циклическая) частота колебаний, а q_{\max} , I_{\max} и U_{\max} — максимальные значения (амплитуды) заряда, тока и напряжения.

Колебания тока и напряжений в контуре



78 день

3.5.4. Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии

3.5.5. Электромагнитное поле

1. Переменный ток представляет собой:
- 1) электрические гармонические колебания
 - 2) вынужденные электромагнитные колебания
 - 3) вынужденные колебания силы тока и напряжения, совершаемые по гармоническому закону
 - 4) свободные колебания в колебательном контуре
2. Как изменится емкостное сопротивление цепи переменного тока, если емкость конденсатора уменьшить в 2 раза, а частоту генерируемого тока уменьшить в 4 раза?
- 1) увеличится в 8 раз
 - 2) уменьшится в 2 раза
 - 3) увеличится в 4 раза
 - 4) уменьшится в 2 раза
3. Емкость конденсатора колебательного контура равна 0,2 мкФ, индуктивность катушки 2 мГн. Максимальный заряд конденсатора равен 6 мКл. Найти амплитудное значение силы тока в контуре.
- 1) 10 А 2) 20 А 3) 30 А 4) 40 В
4. Напряжение в сети изменяется по закону $U = 310 \sin \omega t$. Какое количество теплоты отдает в 1 мин электрическая плитка с активным сопротивлением 60 Ом, включенная в эту сеть?
- 1) 32 Дж 2) 48 Дж 3) 36 Дж 4) 44 Дж
5. Каково индуктивное сопротивление катушки, если ее индуктивность 2 Гн, а частота переменного тока 20 Гц?
- 1) 342,1 Ом 3) 251,2 Ом
2) 453,2 Ом 4) 156,4 Ом

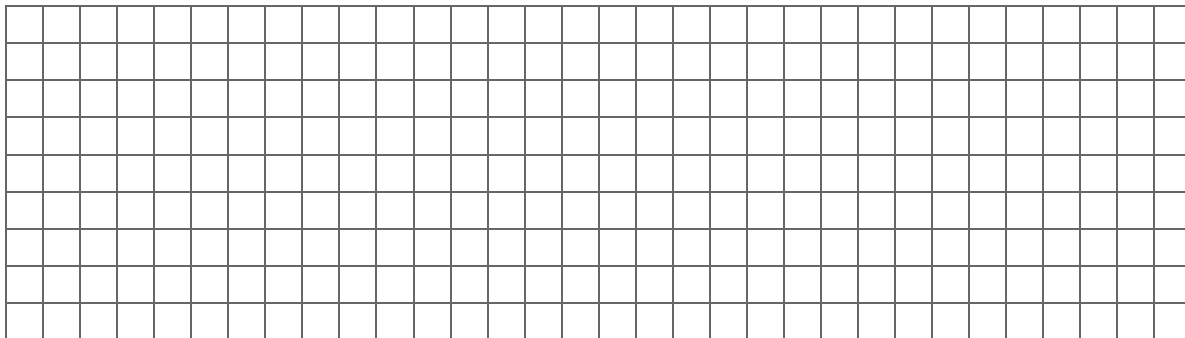
1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

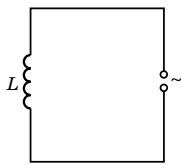
1 2 3 4 4

1 2 3 4 5



ОТВЕТЫ:

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:

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{X_L}.$$

1. Ответ: 3.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\begin{aligned} C &= 0,2 \text{ мкФ} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \\ L &= 2 \text{ мГн} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \\ q_m &= 6 \text{ мКл} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ Кл} \\ I_m &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 3.

Решение:

$$\begin{aligned} I_m &= q_m \cdot \omega; \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad I_m = \frac{q_m}{\sqrt{LC}}; \\ [I_m] &= \frac{\text{Кл}}{\sqrt{\text{Гн} \cdot \text{Ф}}} = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{А}; \\ I_m &= \frac{6 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}}} = 30 \text{ (А)}. \end{aligned}$$

4. Ответ: 2.

5. Дано:

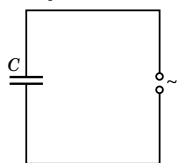
$$\begin{aligned} L &= 2 \text{ Гн} \\ v &= 20 \text{ Гц} \\ X_L &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 3.

Решение:

$$\begin{aligned} X_L &= L\omega; \quad \omega = 2\pi v; \quad X_L = L \cdot 2\pi v; \\ X_L &= 2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 2 = 251,2 \text{ (Ом)}. \end{aligned}$$

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

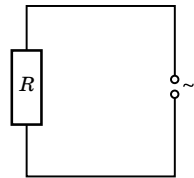
$$U = U_{\max} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = U_{\max} \sin \omega t.$$

Связь между амплитудами:

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{X_C}.$$

Колебания напряжения и силы тока совпадают по фазе. Если $u = U_{\max} \cos \omega t$, то $i = I_{\max} \cos \omega t$. Мощность переменного тока (средняя за период), выделяющаяся на активном сопротивлении, равна:

$$P = \frac{1}{2} I_{\max} U_{\max} = IU = I^2 R.$$

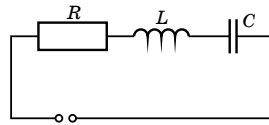


Полное сопротивление цепи переменного тока

Полное сопротивление цепи переменного тока содержит как активные, так и реактивные сопротивления и зависит от частоты:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2},$$

где R — активное сопротивление, $X_L = \omega L$, $X_C = \frac{1}{\omega C}$ — реактивное сопротивление.



79 день

3.5.6. Свойства электромагнитных волн

3.5.7. Различные виды электромагнитных излучений и их применение

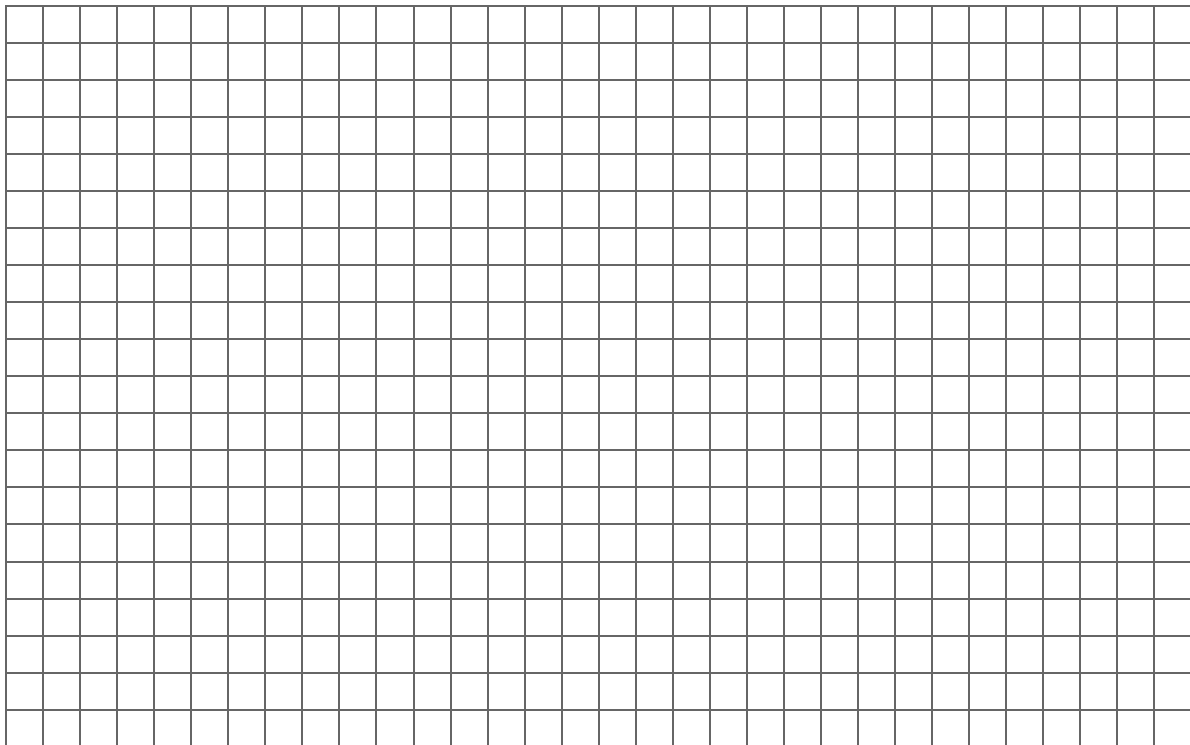
1. Определить период колебаний в колебательном контуре, излучающем электромагнитные волны длиной 600 м.
1) 6 мкс 2) 2 мкс 3) 18 мкс 4) 1 мкс
2. Максимальная сила тока в выходном контуре радиоприемника $I_{\max} = 2$ мА, а максимальное напряжение на конденсаторе $U_{\max} = 0,2$ В. Индуктивность входного контура $L = 1$ мкГн. Найти длину принятых радиоволн.
3. Длина принятых радиоприемником радиоволн равна 300 м. Найти индуктивность входного колебательного контура, если емкость контура равна 100 пФ?
1) 1,5 мкГн 2) 2,4 мкГн 3) 4 мкГн 4) 3 мкГн
4. Радиоприемник настроен на прием радиоволн длиной 15 м. Найти емкость конденсатора входного колебательного контура, если индуктивность равна 0,42 мкГн.
1) 125 пФ 2) 225 пФ 3) 250 пФ 4) 150 пФ

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

				2
--	--	--	--	---

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

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



ОТВЕТЫ:

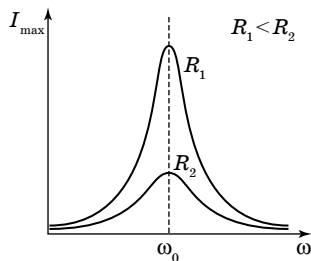
Свойства

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.

Резонанс в цепи переменного тока

Резонанс в цепи переменного тока — резкое возрастание амплитуды колебаний силы тока при совпадении частоты внешнего напряжения и частоты собственных колебаний контура.



Условие резонанса:

$$f_{\text{внеш}} \approx f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

1. Дано:

$$\lambda = 600 \text{ м}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$T \text{ — ?}$$

Ответ: 2.

Решение:

$$\lambda = cT; T = \frac{\lambda}{c};$$

$$T = \frac{600}{3 \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (с)} = 2 \text{ (мкс)}.$$

2. Дано:

$$I_{\max} = 2 \text{ мА} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$U_{\max} = 0,2 \text{ В}$$

$$L = 1 \text{ мкГн} = 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\lambda \text{ — ?}$$

$$\lambda = \frac{2\pi c I_{\max}}{U_{\max}}. [\lambda] = \frac{\text{м} \cdot \text{Гн} \cdot \text{А}}{\text{с} \cdot \text{В}} = \frac{\text{м} \cdot \text{Вб} \cdot \text{А}}{\text{с} \cdot \text{В} \cdot \text{А}} = \text{м};$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 1884 \text{ (м)}.$$

Ответ: 1884.

Решение:

Закон сохранения энергии:

$$\frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2}. \text{ Отсюда: } C = \frac{LI_{\max}^2}{U_{\max}^2}. (1)$$

$$\text{Длина волны: } \lambda = \frac{c}{\nu}; \nu = \frac{\omega}{2\pi}; \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}};$$

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}. (2)$$

Подставляем в формулу (2) формулу (1) и получаем:

3. Дано:

$$\lambda = 300 \text{ м}$$

$$C = 100 \text{ пФ} = 10^{-10} \text{ Ф}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$L \text{ — ?}$$

$$L = \frac{300^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 3^2 \cdot 10^{16} \cdot 10^{-10}} = 2,5 \cdot 10^{-6} = 2,5 \text{ (мкГн)}.$$

Ответ: 2.

Решение:

Длина волны:

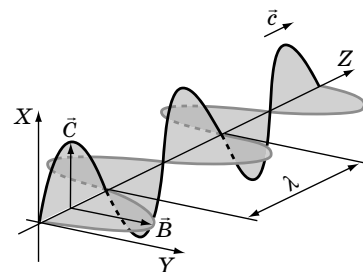
$$\lambda = \frac{c}{\nu}; \nu = \frac{\omega}{2\pi}; \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

$$\text{Отсюда: } \lambda = 2\pi c \sqrt{LC};$$

$$L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 C}; [L] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{Ф}} = \text{Гн};$$

4. Ответ: 4.

Электромагнитная волна — процесс распространения переменных магнитного и электрического полей.



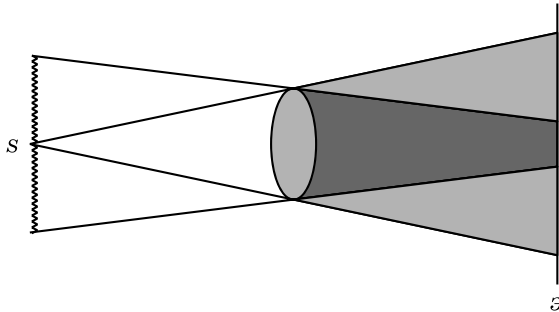
80 день

3.6. Оптика

3.6.1. Прямолинейное распространение света

3.6.2. Закон отражения света

1. Образование полутени, изображенной на рисунке, является следствием



1 2 3 4 1

- 1) прямолинейности распространения света
- 2) дифракции света
- 3) протяженности источника света
- 4) преломления света

2. Закон прямолинейного распространения света справедлив

- 1) всегда, во всех средах
- 2) в оптически однородной среде (т. е. в среде, в которой показатель преломления одинаков во всех точках)
- 3) в среде с заданным изменением показателя преломления
- 4) в оптически неоднородной среде

1 2 3 4 2

3. Длина тени дерева, освещенного солнцем, в некоторый момент времени оказалась равной 30 см; длина тени от человека высотой 180 см в тот же момент времени была 4,5 см. Какова высота дерева?

- 1) 14 м 2) 15 м 3) 12 м 4) 9 м

1 2 3 4 3

4. Зимой в полдень угловая высота Солнца над горизонтом равна $16,5^\circ$. Какой будет в этот момент длина тени от вертикального столба высотой 2 м?

- 1) 2 м 2) 5 м 3) 6 м 4) 7 м

1 2 3 4 4

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 3.

2. Ответ: 2.

3. Дано:

$$\begin{aligned} L &= 180 \text{ см} = 1,8 \text{ м} \\ l &= 4,5 \text{ см} = 0,045 \text{ м} \\ h &= 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м} \\ H &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 3.

Решение:

$$\begin{aligned} \frac{L}{H} &= \frac{l}{h}; \quad H = \frac{L \cdot h}{l}; \\ H &= \frac{1,8 \cdot 0,3}{0,045} = 12 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

4. Дано:

$$\begin{aligned} \alpha &= 16,5^\circ \\ H &= 2 \text{ м} \\ h &= ? \end{aligned}$$

Ответ: 4.

Решение:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{H}{h}; \quad h = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}; \\ h &= \frac{2}{0,29} \approx 7 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Основные понятия геометрической оптики

Геометрическая оптика — раздел физики, изучающий законы распространения света на основе представления о световых лучах:

1. Прямолинейность распространения света в однородной среде.
2. Независимость распространения световых лучей.

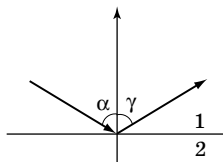
Световой луч — линия, вдоль которой распространяется энергия световых электромагнитных волн.

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.

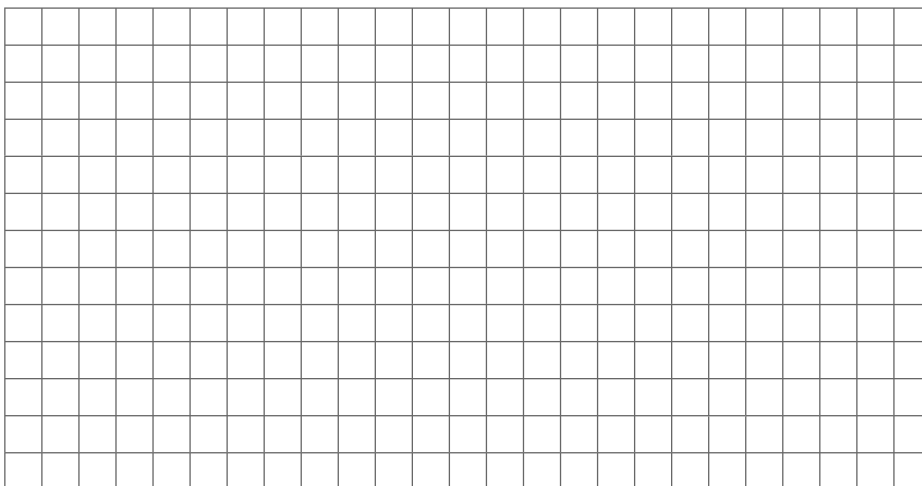


Законы геометрической оптики

Закон прямолинейного распространения света: в вакууме или однородной среде свет распространяется прямолинейно.

Отражение света — явление, возникающее на границе двух сред. Состоит в том, что часть света, падающего на границу двух сред, не проходит во вторую среду, а возвращается в первую.

Преломление света — явление, возникающее на границе двух сред. Состоит в том, что часть света, падающего на границу двух сред, проходит во вторую среду, при этом изменяется направление движения луча.



81 день

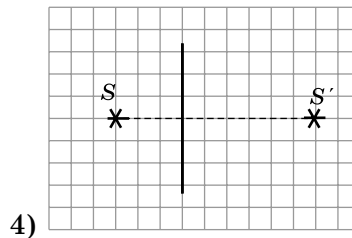
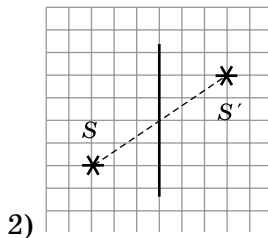
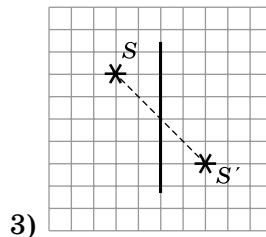
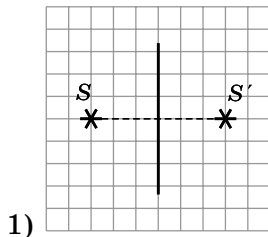
3.6.3. Построение изображений в плоском зеркале

1. Изображение, которое мы видим, разглядывая себя в обычном (плоском) зеркале, является:
- 1) прямым, действительным, увеличенным
 - 2) обратным (перевернутым), мнимым, уменьшенным
 - 3) прямым, увеличенным, мнимым
 - 4) прямым, мнимым, с увеличением, равным единице

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

2. На каком из рисунков изображение точки в плоском зеркале построено правильно?

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



3. Плоское зеркало поворачивается на угол $\alpha = 25^\circ$. На какой угол β повернется отраженный от зеркала луч?

				3
--	--	--	--	---

4. Предмет находится на расстоянии 30 см от плоского зеркала. На каком расстоянии от предмета окажется его изображение, если предмет передвинуть от зеркала еще на 10 см?

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

- 1) 20 см 2) 40 см 3) 60 см 4) 80 см

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 4.

2. Ответ: 1.

3. Дано: Решение:

$$\begin{array}{l} \alpha = 25^\circ \\ \beta = ? \end{array}$$

Пусть угол падения до поворота равен φ . Тогда угол отражения также равен φ . Угол между лучом падающим и лучом отраженным равен 2φ .

После поворота зеркала угол падения стал $\varphi + \alpha$. Угол отражения также $\varphi + \alpha$. Тогда угол между падающим и отраженным лучом стал $2(\varphi + \alpha)$.

Так как падающий луч остался неподвижным, отраженный луч повернулся на угол $\beta = 2(\varphi + \alpha) - 2\varphi = 2\alpha$.
 $\beta = 2 \cdot 25^\circ = 50^\circ$.

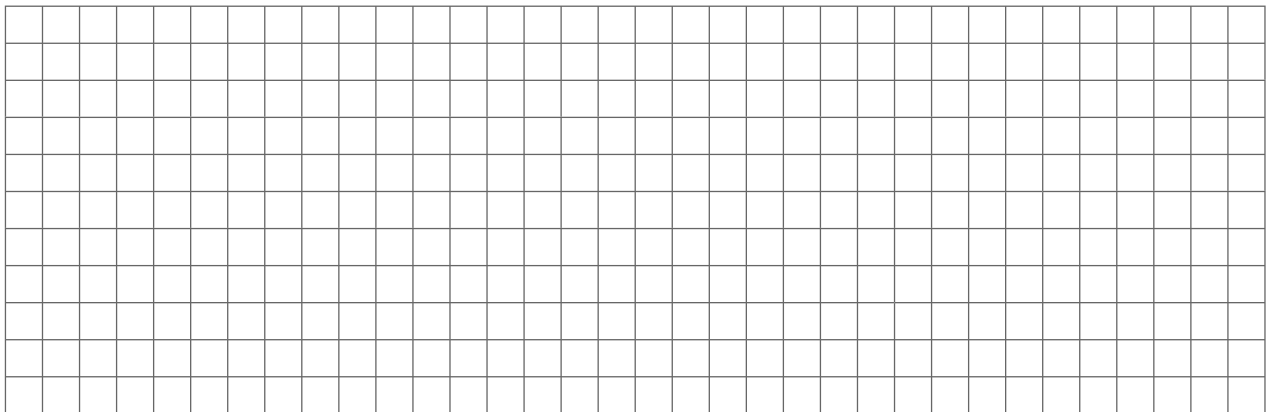
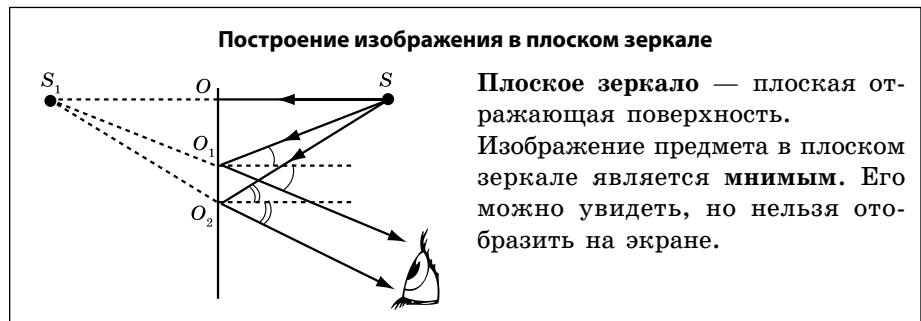
Ответ: 50.

4. Дано: Решение:

$$\begin{array}{l} a_1 = 30 \text{ см} \\ a_2 = 10 \text{ см} \\ b = ? \end{array}$$

Изображение предмета в плоском зеркале: мнимое, прямое, равное по размерам предмету, находится оно на таком же расстоянии за зеркалом, на каком предмет расположен перед зеркалом. Тогда: $b = 2(a_1 + a_2)$.
 $b = 2(30 + 10) = 80$ (см).

Ответ: 4.



82 день

3.6.4. Закон преломления света

3.6.5. Полное внутреннее отражение

1. Узкий пучок света переходит из воздуха в некоторую жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если угол падения 60° , а угол преломления 30° .

- 1) 1,3 2) 1,5 3) 1,7 4) 1,2

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

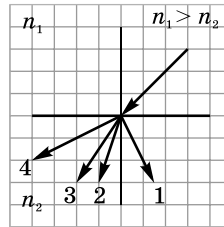
2. Луч от подводного источника света падает на поверхность воды под углом 25° . Под каким углом он выйдет в воздух?

- 1) 13° 2) 33° 3) 21° 4) 56°

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

3. Укажите правильный номер, определяющий путь луча, преломленного на границе двух сред (см. рисунок).

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



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

4. Какова скорость распространения света в стекле с показателем преломления $n = 1,7$?

- 1) $1,76 \cdot 10^8$ м/с 3) $3 \cdot 10^8$ м/с
2) $2,63 \cdot 10^8$ м/с 4) $4,1 \cdot 10^8$ м/с

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

5. Плоскопараллельную стеклянную пластинку ($n_{\text{стекла}} = 1,6$), находившуюся в воздухе ($n_{\text{воздуха}} = 1,0$) и освещаемую лучом света, поместили в воду ($n_{\text{воды}} = 1,3$). Как изменились при этом время прохождения света через пластинку, смещение вышедшего луча по отношению к падающему лучу, частота вышедшего луча света в сравнении с частотой падающего луча?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

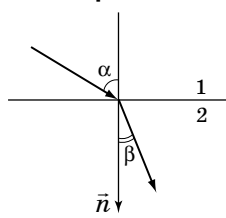
- 1) увеличилась
2) уменьшилась
3) не изменилась

	5
--	---

Время прохождения света через пластинку	Смещение вышедшего луча по отношению к падающему лучу	Частота вышедшего луча света

ОТВЕТЫ:

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.

Относительный показатель преломления равен отношению скоростей света в данных средах:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Абсолютный показатель преломления — показатель преломления относительно вакуума, определяющий, во сколько раз скорость света в данной среде меньше скорости света в вакууме:

$$n = \frac{c}{v}.$$

1. Дано: $\alpha = 60^\circ$
 $\beta = 30^\circ$
 $n_1 = 1$
 $n_2 = ?$

Решение:
 $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1}$ — закон преломления света;
 $n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}; \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$. Отсюда: $n_2 = \frac{n_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$;
 $\sin 30^\circ = 0,5; \sin 60^\circ = 0,866; n_2 = \frac{1 \cdot 0,866}{0,5} \approx 1,7$.

Ответ: 3.

2. Дано: $\alpha = 25^\circ$
 $n_2 = 1$
 $\varphi = ?$

Решение:
 $\frac{\sin \alpha}{\sin \varphi} = \frac{n_2}{n_1}; \sin \varphi = \frac{n_1 \sin \alpha}{n_2}; \sin 25^\circ = 0,4226$;
 $\sin \varphi = \frac{1,3 \cdot 0,4226}{1} \approx 0,5494; \varphi \approx 33^\circ$.

Ответ: 2.

3. Ответ: 4.

4. Дано: $c_1 = 3 \cdot 10^8$ м/с
 $n = 1,7$
 $c_2 = ?$

Решение:
 $n = \frac{c_1}{c_2}; c_2 = \frac{c_1}{n}$
 $c_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{1,7} \approx 1,76 \cdot 10^8$ (м/с).

Ответ: 1.

5. Ответ: 333.

Оптическая плотность среды

<p>Луч из оптически более плотной среды переходит в оптически менее плотную среду, т. е.</p> $n_1 > n_2, \quad \alpha < \beta.$	
<p>Луч из оптически менее плотной среды переходит в оптически более плотную среду, т. е.</p> $n_1 < n_2, \quad \alpha > \beta.$	

83 день

3.6.6. Линзы. Оптическая сила линзы

1. Фокусное расстояние линзы равно 130 мм. Найти оптическую силу линзы.
 1) 0,0076 дптр 3) 130 дптр
 2) 7,69 дптр 4) 0,13 дптр

2. Оптическая сила линзы равна 5 дптр. Найти фокусное расстояние линзы.
 1) 5 м 2) 0,5 м 3) 2 м 4) 0,2 м

3. На сколько оптическая сила линзы с фокусным расстоянием $F_1 = 0,5$ м больше оптической силы линзы с фокусным расстоянием $F_2 = 100$ см?
 1) 2 2) 200 3) 5 4) 0,5

4. Фокусное расстояние 20 см. Найти оптическую силу линзы.
 1) 0,5 дптр 2) 20 дптр 3) 5 дптр 4) 0,2 дптр

5. Найти фокусное расстояние, если оптическая сила линзы равна 3,5 дптр.
 1) ≈ 29 м 2) $\approx 0,35$ м 3) $\approx 3,5$ м 4) $\approx 0,29$ м

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:

Фокусное расстояние линзы f и ее оптическая сила D связаны соотношением

$$D = \frac{1}{f},$$

где f выражено в метрах.

Основные элементы линзы

Главная оптическая ось — прямая, проходящая через центры сферических поверхностей линзы.

Оптический центр — пересечение главной оптической оси с линзой.

Побочная оптическая ось — любая прямая, проходящая через оптический центр.

Фокус — точка, в которой после преломления собираются все лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси.

Фокусное расстояние — расстояние от линзы до ее фокуса.

Оптическая сила линзы — величина, обратная фокусному расстоянию: $D = \frac{1}{F}$.

Фокальная плоскость — плоскость, проведенная через фокус перпендикулярно к главной оси.

1. Дано:

$$\frac{F = 130 \text{ мм} = 0,13 \text{ м}}{D - ?}$$

Решение:

$$D = \frac{1}{F}; [D] = \frac{1}{\text{м}} = \text{дптр.}$$

$$D = \frac{1}{0,13} \approx 7,69 \text{ (дптр).}$$

Ответ: 2.

2. Дано:

$$\frac{D = 5 \text{ дптр}}{F - ?}$$

Решение:

$$D = \frac{1}{F}; F = \frac{1}{D}; [F] = \frac{1}{\text{дптр}} = \text{м};$$

$$F = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ (м).}$$

Ответ: 4.

3. Дано:

$$\frac{F_1 = 0,5 \text{ м}}{F_2 = 100 \text{ см}}$$

Решение:

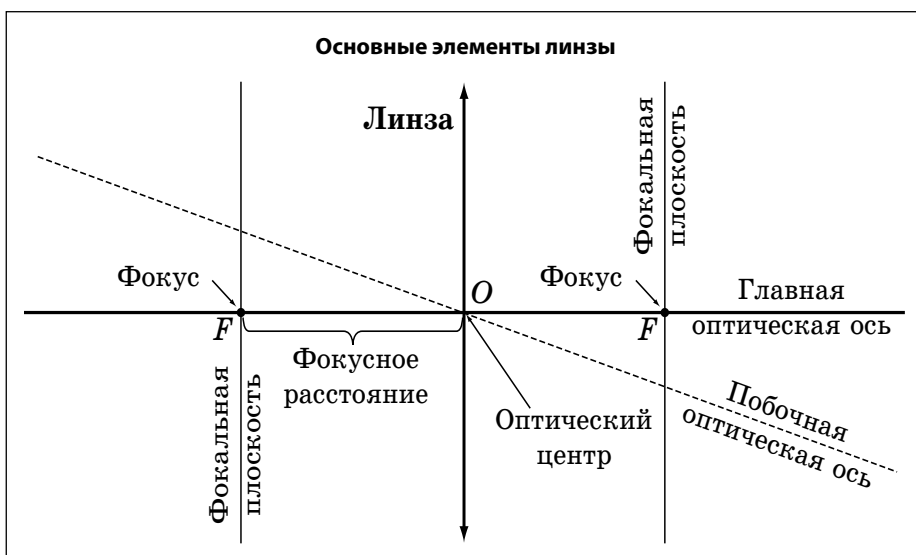
$$D_1 = \frac{1}{F_1}; D_2 = \frac{1}{F_2}; \frac{D_1}{D_2} = \frac{F_2}{F_1};$$

$$F_2 = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}; \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{0,5} = 2.$$

Ответ: 1.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 4.



84 день

3.6.7. Формула тонкой линзы

1. На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см будет находиться изображение предмета, если сам предмет находится на расстоянии 20 см?
1) 0,1 м 2) 0,15 м 3) 0,2 м 4) 0,25 м

1 2 3 4 1

2. Предмет находится на расстоянии 15 см от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 30 см. На каком расстоянии от линзы будет изображение данного предмета?
1) 0,1 м 2) 0,2 м 3) 0,15 м 4) 0,25 м

1 2 3 4 2

3. Оптическая сила линзы 4 дптр. На каком расстоянии от линзы необходимо разместить предмет, чтобы получить действительное изображение предмета в натуральную величину?
1) 1 м 2) 0,5 м 3) 0,6 м 4) 0,8 м

1 2 3 4 3

4. На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 см будет изображение предмета, если сам предмет находится от линзы на расстоянии 15 см?
1) -0,6 м 2) -0,4 м 3) 0,4 м 4) 0,1 м

1 2 3 4 4

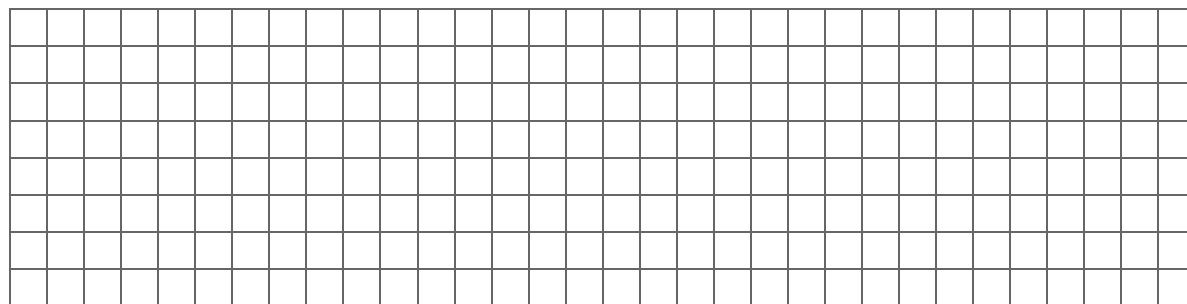
5. Собирающую стеклянную тонкую линзу ($n_{\text{стекла}} = 1,6$), находившуюся в воздухе ($n_{\text{воздуха}} = 1,0$), поместили в воду ($n_{\text{воды}} = 1,3$). Как изменились фокусное расстояние, оптическая сила и линейное увеличение линзы?

5

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличились
- 2) уменьшились
- 3) не изменились

Фокусное расстояние	Оптическая сила	Линейное увеличение линзы



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

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{f}$$

или

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d_1} = D,$$

где f — фокусное расстояние линзы, D — оптическая сила линзы.

1. Дано:

$$\begin{array}{l} F = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м} \\ d = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м} \\ f = ? \end{array}$$

Решение:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}. \text{ Отсюда:}$$

$$f = \frac{Fd}{d - F}; \quad f = \frac{0,1 \cdot 0,2}{0,2 - 0,1} = 0,2 \text{ (м)}.$$

Ответ: 3.

2. Дано:

$$\begin{array}{l} d = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м} \\ F = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м} \\ f = ? \end{array}$$

Решение:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}. \text{ Отсюда:}$$

$$f = \frac{dF}{d + F}. \quad f = \frac{0,15 \cdot 0,3}{0,15 + 0,3} = 0,1 \text{ (м)}.$$

Ответ: 1.

3. Дано:

$$\begin{array}{l} D = 4 \text{ дптр} \\ d = 2F \\ d = ? \end{array}$$

Решение:

$$D = \frac{1}{F}$$

$$F = \frac{d}{2}; \quad D = \frac{2}{d}; \quad d = \frac{2}{D}$$

$$d = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ (м)}.$$

Ответ: 2.

4. Дано:

$$\begin{array}{l} F = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м} \\ d = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м} \\ f = ? \end{array}$$

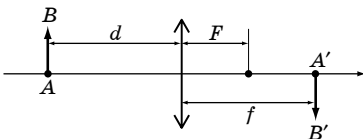
Решение:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}; \quad f = \frac{Fd}{d - F}$$

$$f = \frac{0,2 \cdot 0,15}{0,15 - 0,2} = -0,6 \text{ (м)}.$$

Ответ: 1.

5. Ответ: 121.



$F > 0$ для собирающей линзы;
 $F < 0$ — для рассеивающей;
 $f > 0$ для действительного изображения;
 $f < 0$ — для мнимого;
 $d > 0$, если на линзу падает сходящийся пучок лучей;
 $d < 0$, если пучок сходящийся.

85 день

3.6.8. Построение изображений в линзах

3.6.9. Оптические приборы. Глаз как оптическая система

1. Предмет находится на расстоянии 12 см от двояковогнутой линзы с фокусным расстоянием 10 см. Определить, на каком расстоянии от линзы находится изображение предмета.

- 1) 3 см 2) 4,5 см 3) 4 см 4) 5,5 см

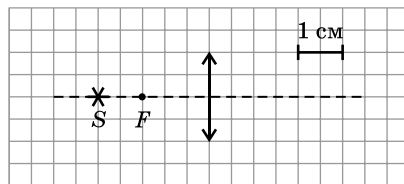
1	2	3	4	1
---	---	---	---	---

2. При фотографировании с расстояния 400 м высота дерева на негативе оказалась равной 10 мм. Какова действительная высота дерева? Фокусное расстояние объектива 50 мм.

	2
--	---

3. Постройте изображение точки, лежащей на главной оптической оси собирающей линзы, определите расстояние от оси линзы до изображения. Расстояние выразите в см.

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

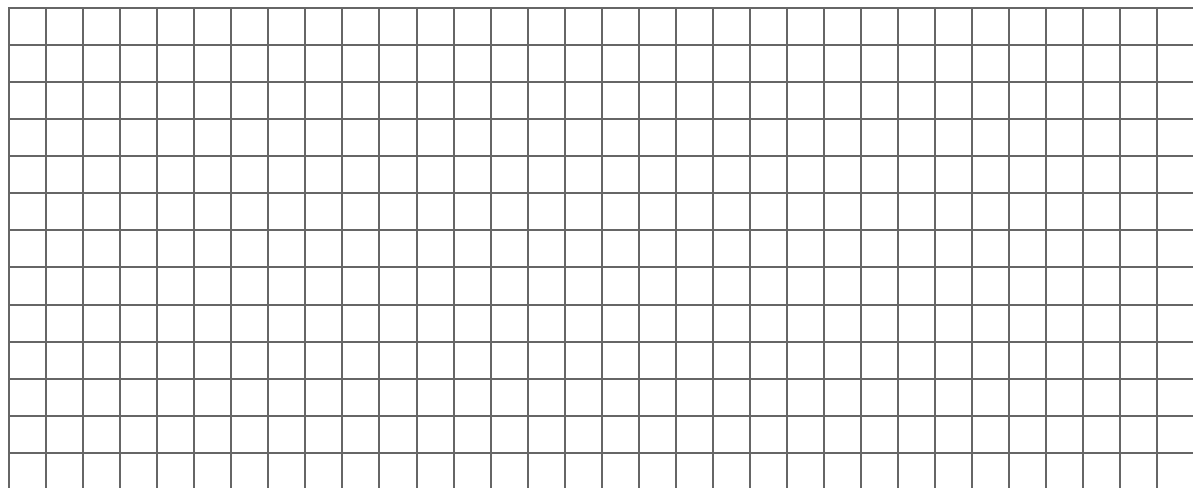


- 1) 2,34 см 2) 4,52 см 3) 3,75 см 4) 6,27 см

4. Оптическая сила линз в очках -3 дптр. Какие недостатки зрения исправляют эти очки?

- 1) близорукость 3) глаукому
2) дальнозоркость 4) катаракту

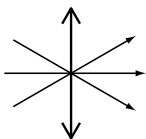
1	2	3	4	4
---	---	---	---	---



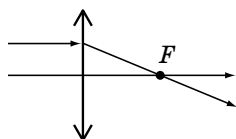
Построение изображений в линзе

Собирающая линза

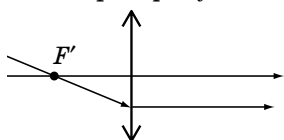
Луч, проходящий через оптический центр



Луч, параллельный главной оптической оси

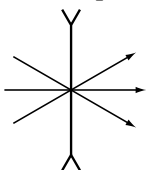


Луч, проходящий через фокус

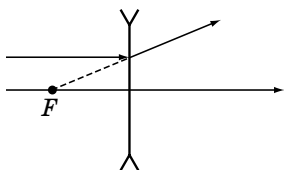


Рассеивающая линза

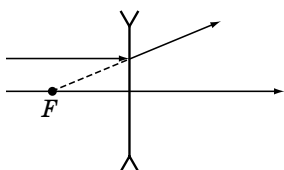
Луч, проходящий через оптический центр



Луч, параллельный главной оптической оси



Луч, проходящий через фокус



1. Дано:

$$d = 12 \text{ см}$$

$$F = 10 \text{ см}$$

$$f = ?$$

Решение:

Так как линза двояковогнутая, то:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}. \text{ Отсюда:}$$

$$f = \frac{dF}{d+F}. f = \frac{12 \cdot 10}{12+10} \approx 5,5 \text{ (см)}.$$

Ответ: 4.

2. Дано:

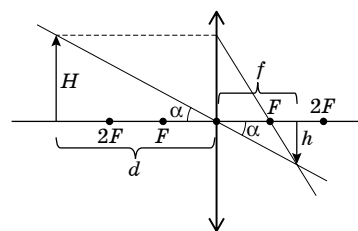
$$d = 400 \text{ м}$$

$$h = 10 \text{ мм} = 10^{-2} \text{ м}$$

$$F = 50 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$H = ?$$

Решение:



$$\text{tg } \alpha = \frac{H}{d}; \text{ tg } \alpha = \frac{h}{f}; \frac{H}{d} = \frac{h}{f}. \text{ Отсюда: } H = \frac{dh}{f}.$$

$$\text{Формула тонкой линзы: } \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}. \text{ Отсюда: } f = \frac{F \cdot d}{d - F}.$$

$$\text{Тогда: } H = \frac{dh(d - F)}{F \cdot d} = \frac{h(d - F)}{F}. [H] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{м}.$$

$$H = \frac{10^{-2} \cdot (400 - 0,05)}{0,05} \approx 80 \text{ (м)}.$$

Ответ: 80.

3. Дано:

$$F = 1,5 \text{ см}$$

$$d = 2,5 \text{ см}$$

$$f = ?$$

Решение:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \text{ — формула тонкой линзы}$$

$$f = \frac{Fd}{d - F}; f = \frac{1,5 \cdot 2,5}{2,5 - 1,5} = 3,75 \text{ (см)}.$$

Ответ: 3.

4. Ответ: 1.

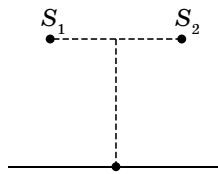
86 день

3.6.10. Интерференция света

1. Часто наблюдаемые в лужах воды цветные пятна тонких пленок (как правило, разлитого машинного масла, керосина, бензина) являются результатом:
- 1) дифракции света на тонких пленках
 - 2) интерференции света на тонких пленках
 - 3) преломления света на тонких пленках
 - 4) рассеяния света на тонких пленках

1 2 3 4 1

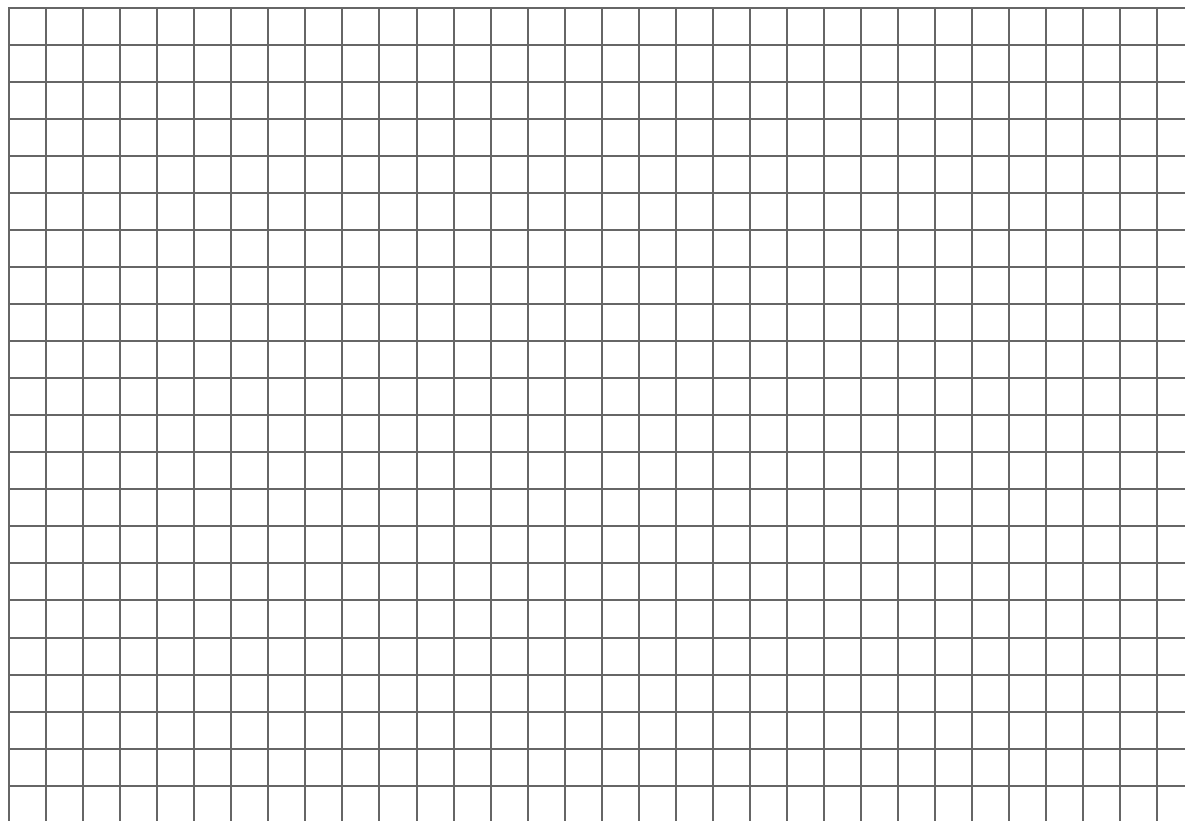
2. Два когерентных источника света S_1 и S_2 с длиной волны 500 нм находятся на расстоянии 2 мм. Экран расположен на расстоянии $L = 2$ м от S_1 . Найти, чему равно расстояние x между ближайшими максимумами освещенности на экране.



2

3. Два когерентных источника света проходят в центр экрана с разностью хода 0,9 мкм. Найти длину волн, если в центре экрана наблюдается интерференционный максимум.

3

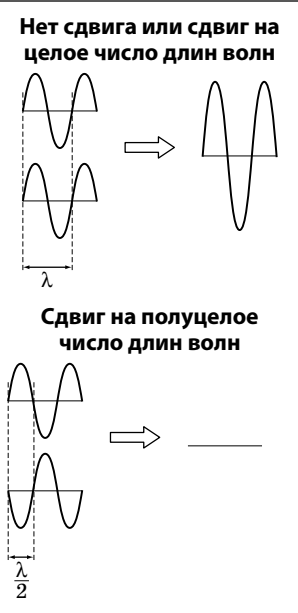


Интерференция света
 Пространственное перераспределение светового потока при наложении двух (или нескольких) когерентных световых волн, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других — минимумы интенсивности (интерференционная картина).

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. Ответ: 2.

2. Дано:

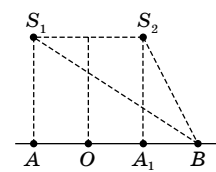
$$S_1 S_2 = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\lambda = 500 \text{ нм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$L = 2 \text{ м}$$

$$x = ?$$

Решение:



Для образования устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы источники волн имели одинаковую частоту и разность фаз их колебаний была постоянной. В точках O и B — максимумы освещенности.

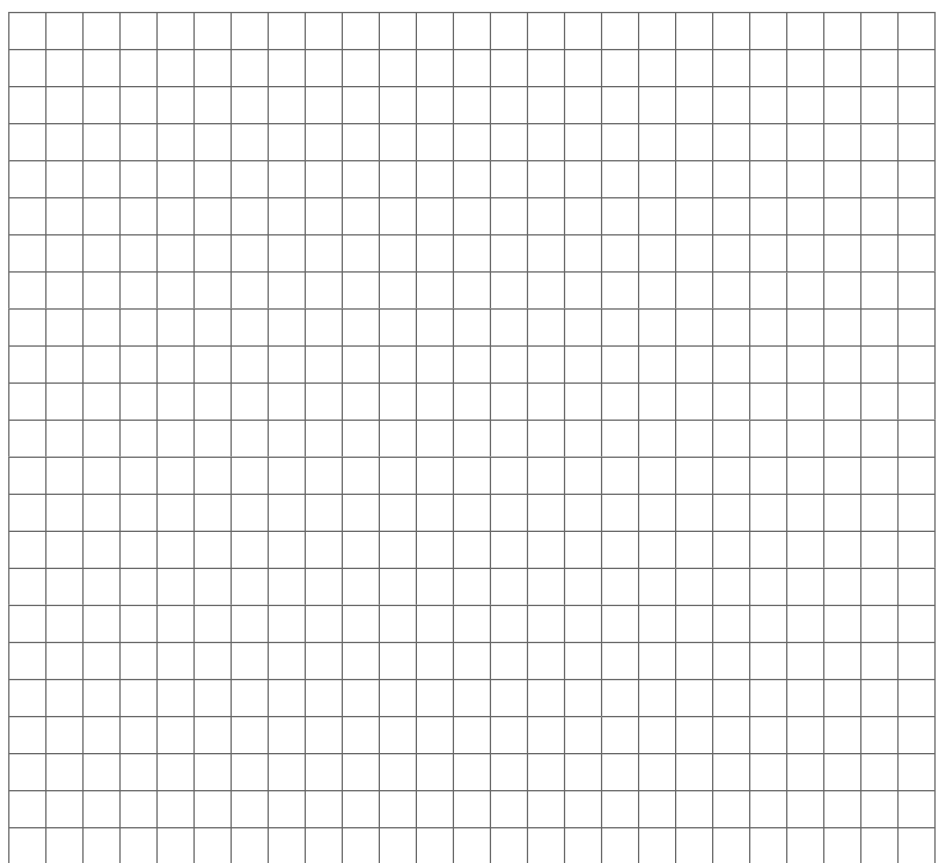
$AB = x + s$ и $A_1B = x - s$, где $s = \frac{S_1 S_2}{2}$ и $x = OB$.

Тогда: $\sqrt{L^2 + (x + s)^2} - \sqrt{L^2 + (x - s)^2} = \lambda$.

Отсюда: $x = \frac{\lambda L}{2s} = \frac{\lambda L}{S_1 S_2}$. $x = \frac{5 \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ (м)}$.

Ответ: $5 \cdot 10^{-4}$.

3. Ответ: 450 нм.



87 день

3.6.11. Дифракция света

3.6.12. Дифракционная решетка

1. На дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Количество максимумов, которое можно наблюдать с помощью такой решетки, составляет
- 1) 5 2) 1 3) 9 4) 4

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

2. Основной постулат волновой теории — принцип Гюйгенса-Френеля — объясняет механизм распространения волн, в частности механизм прямолинейного распространения света, основываясь на:
- 1) идее об интерференции волн от вторичных источников, расположенных на волновой поверхности источника света
- 2) идее о дифракции вторичных волн
- 3) предположении о преломлении света на границе, представляющей собой волновой фронт
- 4) идее о рассеянии света на волновом фронте

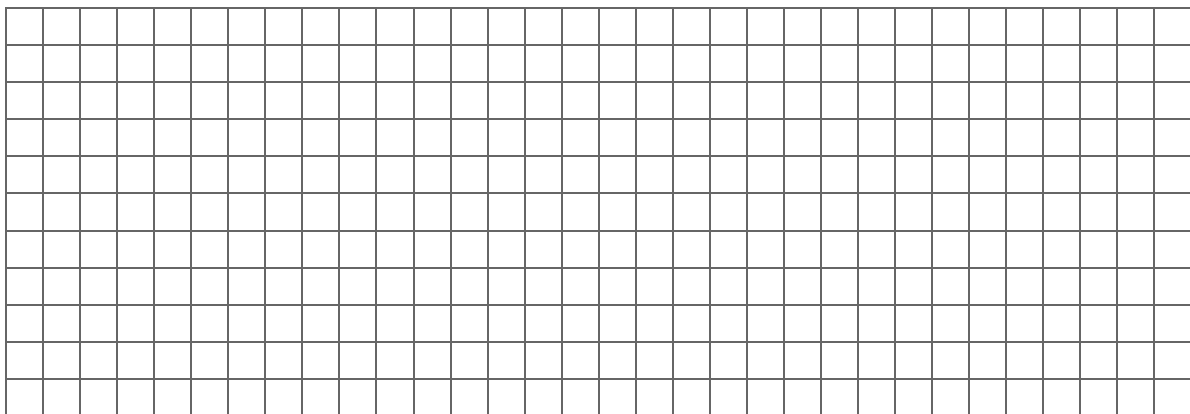
1	2	3	4	2
---	---	---	---	---

3. Глядя на Солнце через ресницы полузакрытых век, можно наблюдать радужную картинку. Она является результатом
- 1) дифракции света
- 2) интерференции света
- 3) преломления света
- 4) рассеяния света

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

4. Найти период решетки, если дифракционный максимум первого порядка получен на расстоянии 5 см от нулевого, а расстояние от решетки до экрана 1 м. Решетка была освещена светом с длиной волны 500 нм.

<input type="text"/>	4
----------------------	---



ОТВЕТЫ:

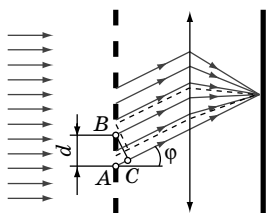
Постоянная (период) решетки

$$d = a + b,$$

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. Дано:

$$\lambda = 500 \text{ нм}$$

$$d = 20 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$k - ?$$

Решение:

$d \sin \varphi = k\lambda$. Максимальному k соответствует $\sin \varphi = 1$. $k = \frac{d}{\lambda}$; $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

$$[k] = \frac{\text{м}}{\text{м}} = 1; \quad k = \frac{20 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 10^{-7}} = 4.$$

Ответ: 4.

2. Ответ: 1.

3. Ответ: 1.

4. Дано:

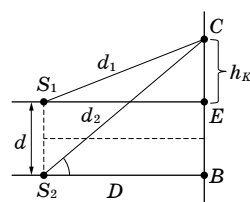
$$\Delta h = 5 \text{ см}$$

$$D = 1 \text{ м}$$

$$\lambda = 500 \text{ нм}$$

$$d - ?$$

Решение:



В точке C будет наблюдаться максимум освещенности при выполнении условия $d_2 - d_1 = k\lambda$.

По теореме Пифагора:

$$d_2^2 = D^2 + \left(h_k + \frac{d}{2}\right)^2; \quad d_1^2 = D^2 + \left(h_k - \frac{d}{2}\right)^2.$$

Вычитая из первого второе, получаем:

$$d_2^2 - d_1^2 = 2h_k d; \quad (d_1 + d_2)(d_1 - d_2) = 2h_k d.$$

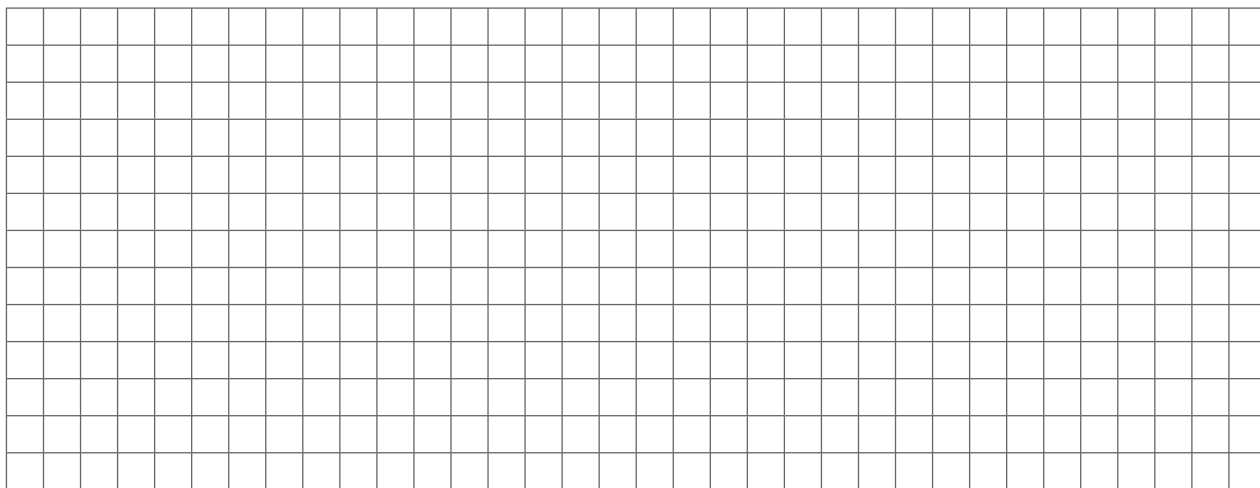
Так как $d \ll D \Rightarrow d_1 + d_2 = 2D$. Поэтому:

$$d_2 - d_1 \approx \frac{h_k d}{D}; \quad d_2 - d_1 = k\lambda; \quad k\lambda \approx \frac{h_k d}{D}; \quad h_k \lambda \approx \frac{k\lambda D}{d}.$$

$$\text{Тогда } \Delta h = h_{k+1} - h_k \approx \frac{\lambda D}{d}.$$

$$\text{Отсюда: } d = \frac{\lambda D}{\Delta h}. \quad d = \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot 1}{5 \cdot 10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ (м)} = 0,01 \text{ (мм)}.$$

Ответ: 0,01.



88 день

3.6.13. Дисперсия света

1. Длина волны красного света в воздухе равна 700 нм. Найти длину волны в воде.
1) 546 нм 2) 456 нм 3) 526 нм 4) 631 нм

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

2. Длина волны красного света в вакууме равна 656,3 нм, а в стекле — 410 нм. Найти показатель преломления стекла для этого света.
1) 1,2 2) 1,6 3) 2,1 4) 1,3

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

3. Скорость распространения луча желтого света в воде 225 000 км/с, а в стекле — 198 200 км/с. Определить показатель преломления стекла относительно воды.
1) 1 2) 0,09 3) 1,34 4) 1,14

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

4. Свет длиной волны 600 нм распространяется в воздухе. Найти длину волны в воде.
1) $4,5 \cdot 10^{-7}$ м 3) $4,8 \cdot 10^{-8}$ м
2) $6,5 \cdot 10^{-6}$ м 4) $5,6 \cdot 10^{-5}$ м

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

5. Электромагнитная волна переходит из среды с показателем преломления $n_1 = 1,3$ в среду с показателем преломления . Как при этом изменяются частота, скорость распространения и длина волны?
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
1) увеличилась
2) уменьшилась
3) не изменилась

	5
--	---

Частота	Скорость распространения	Длина волны

Ответы:

Дисперсия света — зависимость показателя преломления от длины волны.

Белый свет — совокупность электромагнитных монохроматических волн.

В вакууме скорость света равна: $c = 299\,792\,458$ м/с и не зависит от длины волны, а в веществе — **зависит от длины волны.**

1. Дано:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 700 \text{ нм} \\ n_1 &= 1 \\ n_2 &= 1,33 \\ \lambda_2 &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{\nu}; \quad \lambda_2 = \frac{v_2}{\nu}; \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}; \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Отсюда: $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{\lambda_1 n_1}{n_2}. \quad [n_2] = \text{м};$

$$\lambda_2 = \frac{700 \cdot 10^{-9} \cdot 1}{1,33} = 526 \cdot 10^{-9} \text{ (м)} \approx 526 \text{ (нм)}.$$

Ответ: 3.

2. Дано:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 656,3 \text{ нм} \\ \lambda_2 &= 410 \text{ нм} \\ n_1 &= 1 \\ n_2 &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{\nu}; \quad \lambda_2 = \frac{v_2}{\nu}; \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}. \quad n_2 = \frac{\lambda_1 n_1}{\lambda_2};$$

$$[n_2] = \frac{\text{м}}{\text{м}} = 1. \quad n_2 = \frac{656,3 \cdot 10^{-9}}{410 \cdot 10^{-9}} = 1,6.$$

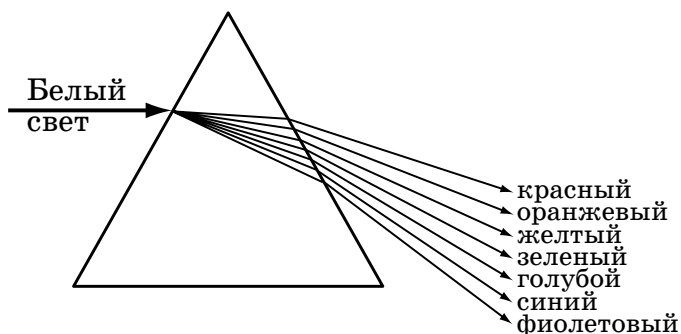
Ответ: 2.

3. Ответ: 4.

4. Ответ: 1.

5. Ответ: 322.

Вследствие дисперсии пучок белого света при прохождении его через призму разлагается в спектр.



Одно из самых красивых явлений, обусловленных дисперсией, — радуга!

4. ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

4.1. Инвариантность скорости света.

Принцип относительности Эйнштейна

1. Специальная теория относительности рассматривает физические процессы, происходящие

 - 1) в любых системах отсчета
 - 2) в гравитационном поле
 - 3) только в неинерциальных системах отсчета
 - 4) только в инерциальных системах отсчета и в отсутствии гравитационных полей
2. Одним из выводов СТО является относительность расстояний, измеренных в двух системах отсчета, движущихся друг относительно друга с некоторой постоянной скоростью, причем

 - 1) наибольшей длиной обладает тело в той системе отсчета, относительно которой оно покоится
 - 2) наибольшей длиной обладает тело в той системе отсчета, относительно которой оно движется
 - 3) длина тела не зависит от системы отсчета
 - 4) длина тела не зависит от скорости движения
3. Два тела движутся навстречу друг другу со скоростями $v_1 = v_2 = 2 \cdot 10^5$ км/с относительно неподвижного наблюдателя. Во сколько раз отличаются скорости их движения относительно друг друга, вычисленные по «классической» и «релятивистской» формулам сложения скоростей?

 - 1) «классическая» скорость больше «релятивистской» в 1,5 раза
 - 2) «классическая» скорость меньше «релятивистской» в 2 раза
 - 3) скорости одинаковы
 - 4) «релятивистская скорость» составляет 0,93 классической
4. Самолет движется со скоростью v навстречу свету, излучаемому неподвижным источником. С какой скоростью v' сближается самолет с фотоном этого света?

 - 1) со скоростью $v' = v + c$
 - 2) со скоростью $v' = c - v$
 - 3) со скоростью $v' = \frac{v + c}{c - v}$
 - 4) со скоростью $v' = c$

1 2 3 4 1

1 2 3 4 2

1 2 3 4 3

1 2 3 4 4

ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 4.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$v_1 = v_2 = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$\frac{u_{\text{н}}}{u_{\text{р}}} = ?$$

Решение:

$\vec{u} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ — закон сложения скоростей Галилея;

$$u = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$$
 — релятивистский закон сложения скоростей.

кон сложения скоростей.

Так как $v = c$, то $\frac{v_1 \cdot v_2}{c^2} \rightarrow 0$ и $\vec{u} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \Rightarrow \frac{u_{\text{н}}}{u_{\text{р}}} = 1$.

Ответ: 3.

4. Дано: Решение:

$$\frac{c}{v'} = ?$$

Если одна из скоростей равна скорости света, то

$$u = \frac{u' + c}{1 + \frac{cu'}{c^2}} = \frac{u' + c}{1 + \frac{u'}{c}} \approx c, \text{ тогда } v' = c.$$

Ответ: 4.

Релятивистская механика рассматривает движения со скоростями, близкими к скорости света $v \leq c$.

Классическая (ньютоновская) механика рассматривает движения со скоростями, значительно меньшими скорости света: $v \ll c$.

Принцип относительности Эйнштейна

Любые физические процессы протекают одинаково в различных инерциальных системах отсчета (ИСО) при одинаковых начальных условиях.

Принцип одинаковости скорости света: скорость света в вакууме одинакова во всех ИСО.

Следствия постулатов СТО

Относительность расстояний. Длина l движущегося предмета сокращается в направлении движения:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow l < l_0,$$

где l_0 — длина покоящегося предмета, v — скорость его движения в данной ИСО. Размеры предметов в направлении, перпендикулярном к направлению движения, не изменяются.

Относительность промежутков времени. Ход движущихся часов замедляется:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \tau > \tau_0$$

где τ_0 — интервал времени, измеренный часами, покоящимися относительно системы отсчета, где оба события произошли в одной и той же точке пространства, τ — интервал времени между двумя событиями, измеренный движущимися часами.

Релятивистский закон сложения скоростей, направленных вдоль одной прямой:

$$v_2 = \frac{v + v_1}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}},$$

где v_1 — скорость тела в первой системе отсчета, v_2 — скорость того же тела во второй системе отсчета, v — скорость движения первой системы отсчета относительно второй.

90 день

4.2. Полная энергия

4.3. Связь массы и энергии. Энергия покоя

1. Специальная теория относительности рассматривает физические процессы, происходящие
- 1) в любых системах отсчета
 - 2) в гравитационном поле
 - 3) только в неинерциальных системах отсчета
 - 4) только в инерциальных системах отсчета и в отсутствие гравитационных полей

1 2 3 4 1

2. Солнце излучает ежеминутно энергию, равную $6,5 \cdot 10^{21}$ кВт · ч. Считая излучение Солнца постоянным, найдите, за какое время масса Солнца уменьшится в 2 раза. Ответ дайте в годах.
- 1) $6 \cdot 10^9$
 - 2) $7 \cdot 10^{12}$
 - 3) $5 \cdot 10^{12}$
 - 4) $7 \cdot 10^9$

1 2 3 4 2

3. При какой скорости релятивистская масса движущегося электрона вдвое больше его массы покоя?

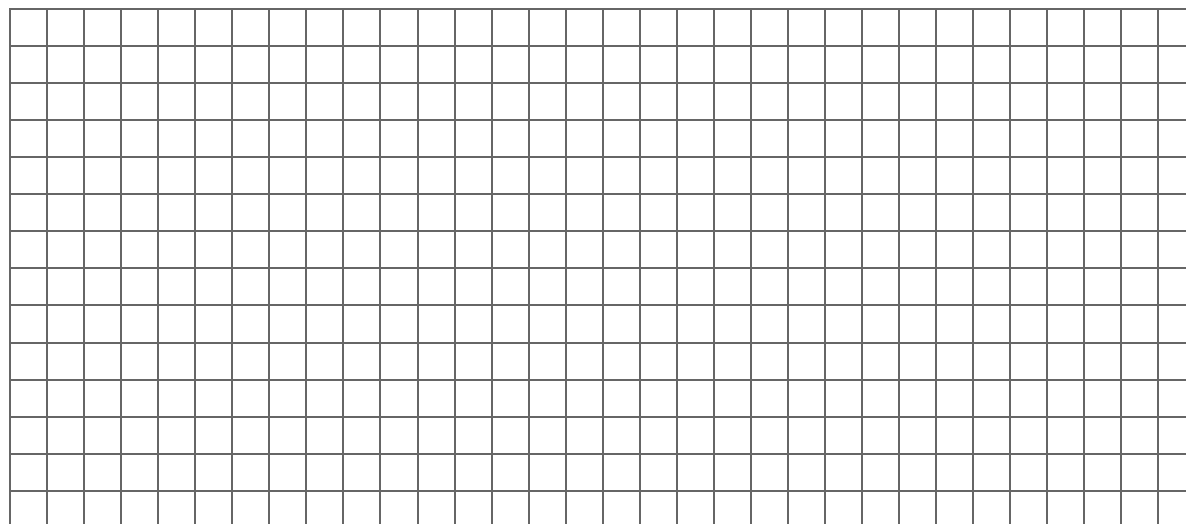
3

4. Во сколько раз увеличивается продолжительность существования нестабильной частицы (по часам неподвижного наблюдателя), если она начинает двигаться со скоростью, составляющей 99% скорости света?
- 1) 6,5
 - 2) 5,4
 - 3) 4,3
 - 4) 7,1

1 2 3 4 4

5. Какую часть скорости света должна составлять скорость частицы, чтобы ее кинетическая энергия была равна энергии покоя?
- 1) 0,756
 - 2) 0,866
 - 3) 0,956
 - 4) 0,654

1 2 3 4 5



ОТВЕТЫ:

Зависимость массы от скорости:

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

где m_0 — масса покоящегося тела, m — масса того же тела, движущегося со скоростью v .

Импульс движущегося тела:

$$\vec{P} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Закон взаимосвязи массы и энергии:

$$\Delta E = \Delta m c^2,$$

где ΔE — изменение энергии, Δm — изменение массы.

Гипотеза Эйнштейна:

любое тело, имеющее массу покоя, обладает собственной энергией покоя $E_0 = m_0 c^2$.

Дефект массы. Если масса ядра меньше суммы масс образующих его нуклонов на величину дефекта массы $\Delta m = \sum m_{\text{нук}} - m_{\text{ядр}}$, то при распаде такого ядра выделяется огромное количество энергии $E = \Delta m c^2$. Такие процессы происходят при ядерных реакциях в атомных электростанциях и, например, на Солнце, где они являются основным источником энергии.

1. Ответ: 3.

2. Дано:

$$E = 6,5 \cdot 10^{21} \frac{\text{кВт}}{\text{ч}}$$

$$m = \frac{M}{2}$$

$$M = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

$$n_m = ?$$

Решение:

$$E = m c^2 = \frac{M c^2}{2}; \quad n_m E_m = \frac{M c^2}{2}.$$

$$\text{Отсюда: } n_m = \frac{M c^2}{2 E_m};$$

$$E_m = 13 \cdot 10^{21} \cdot 10^3 \cdot 3600 = 468 \cdot 10^{26} \frac{\text{Вт}}{\text{с}}.$$

$$n_m = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 3^2 \cdot 10^{16}}{2 \cdot 468 \cdot 10^{26}} = \frac{1}{26} \cdot 10^{20} \text{ (мин)};$$

$$n_m = \frac{10^{20}}{26 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365} \approx 7 \cdot 10^{12}.$$

Ответ: 2.

3. Дано:

$$\frac{m}{v} = 2 m_0$$

$$v = ?$$

Решение:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad 2 m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad 2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

$$\text{возведем в квадрат: } 4 \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) = 1.$$

$$\text{Отсюда } \frac{v^2}{c^2} = 0,75; \text{ значит, } v = \sqrt{0,75 \cdot c^2}.$$

$$v = \sqrt{0,75 \cdot 3^2 \cdot 10^{16}} = 2,6 \cdot 10^8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: $2,6 \cdot 10^8$.

4. Ответ: 4.

5. Дано:

$$E_{\text{к}} = E_0$$

$$\frac{c}{v} = ?$$

Решение:

$$E_{\text{к}} = \frac{m v^2}{2} = \frac{m_0 v^2}{2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{2}.$$

$$\text{Отсюда: } v = \frac{\sqrt{3}}{2} c = 0,866 c \Rightarrow \frac{c}{v} = 0,866.$$

Ответ: 2.

91 день

5. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

5.1. Корпускулярно-волновой дуализм

5.1.1. Гипотеза М. Планка о квантах

5.1.2. Фотоэффект

5.1.3. Опыты А. Г. Столетова

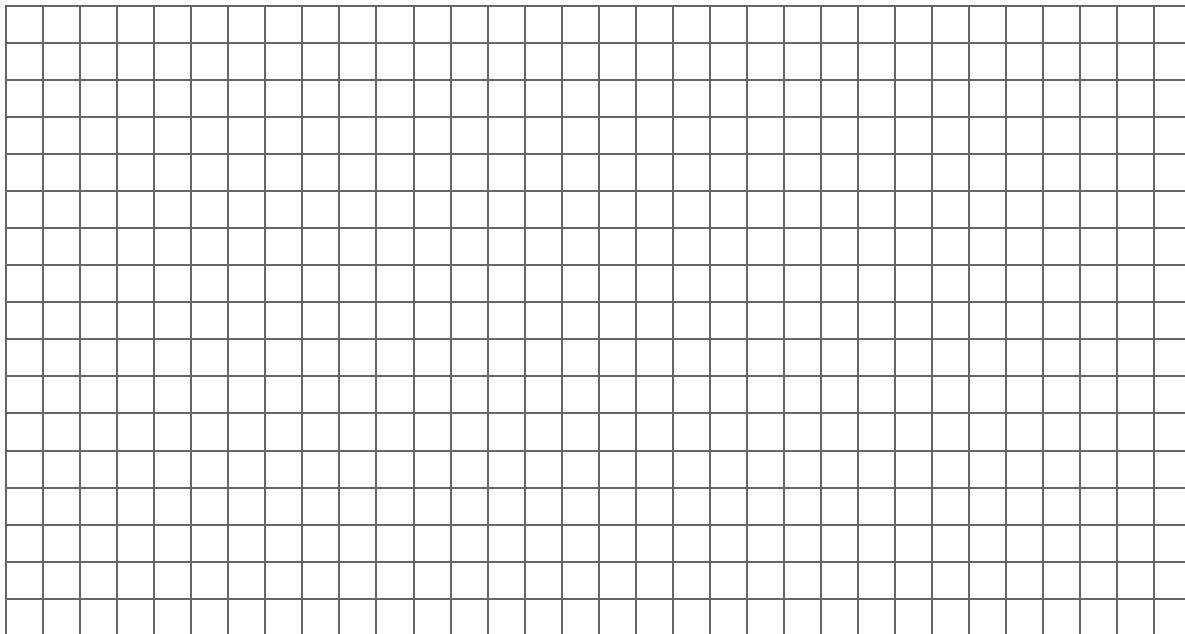
1. Постоянная Планка определяется в физике как
- 1) порция света
 - 2) единица измерения энергии
 - 3) квант действия
 - 4) элементарная частица
2. Укажите, какая из длин волн спектра излучения ртутной лампы может вызвать фотоэффект в металле с красной границей фотоэффекта $\lambda_k = 500$ нм
- 1) 436 нм 2) 546 нм 3) 577 нм 4) 579 нм
3. Тело массой 2 г падает с высоты 4 см. Энергия, которую приобрело тело во время падения, излучается в виде желтого света ($\lambda = 600$ нм). Сколько при этом было выпущено фотонов?
4. Энергия излучения с длиной волны 1 мкм составляет 10^{-7} Дж. Число фотонов в излучении равно:
- 1) $5 \cdot 10^{11}$ 2) $1 \cdot 10^{10}$ 3) $3 \cdot 10^9$ 4) $8 \cdot 10^{11}$

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

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

				3
--	--	--	--	---

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



Гипотеза Планка

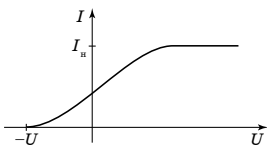
Свет излучается и поглощается отдельными «порциями» — квантами (фотонами). Энергия каждого кванта определяется формулой

$$E = h\nu,$$

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. *Ответ:* 3.

2. Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта, то есть минимальная частота света ν_0 (или максимальная длина волны λ_0), при которой еще возможен фотоэффект, и если $\nu > \nu_0$, то фотоэффект уже не происходит.

Ответ: 1.

3. *Дано:*

$$\begin{aligned} m &= 2 \text{ г} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \\ s &= 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ \lambda &= 600 \text{ нм} = 600 \cdot 10^{-9} \text{ м} \\ n &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$E = mgs$ — энергия, которую приобрело тело во время падения.

$$E = nh\nu. \quad \nu = \frac{c}{\lambda}; \quad mgs = \frac{nhc}{\lambda}.$$

Отсюда: $n = \frac{mgs\lambda}{hc}$. $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — постоянная Планка;

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad n = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 600 \cdot 10^{-9}}{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 24 \cdot 10^{14}.$$

Ответ: $24 \cdot 10^{14}$.

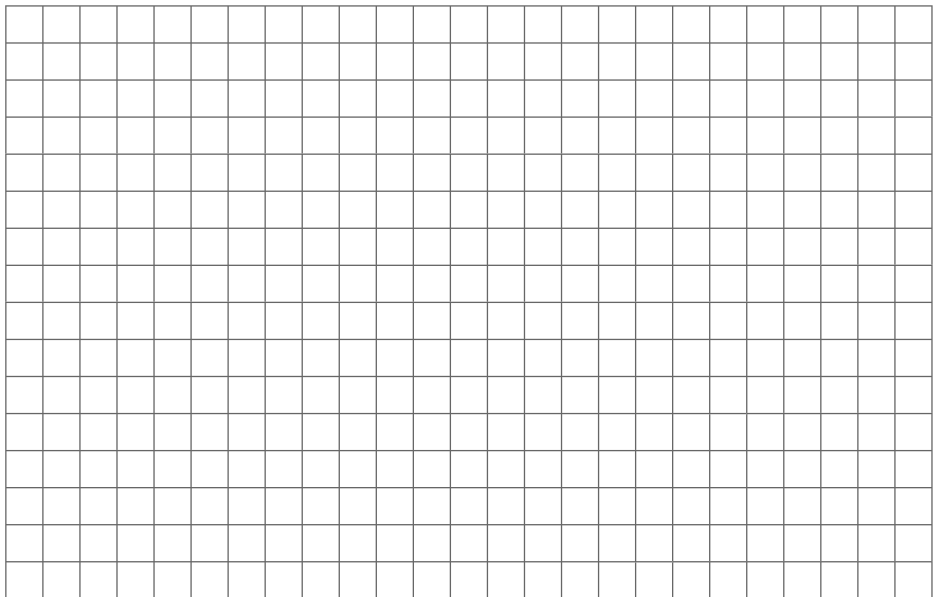
4. *Дано:*

$$\begin{aligned} \lambda &= 1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м} \\ E &= 10^{-7} \text{ Дж} \\ n &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} E &= nh\nu; \quad n = \frac{E}{h\nu}; \quad \nu = \frac{c}{\lambda}; \quad n = \frac{E\lambda}{hc}; \\ n &= \frac{10^{-7} \cdot 10^{-6}}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{11}. \end{aligned}$$

Ответ: 1.



5.1.4. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

- Какова красная граница фотоэффекта для платины, если работа выхода электронов $A = 1 \cdot 10^{-18}$ Дж?

1) $2 \cdot 10^{-7}$ м 3) $3 \cdot 10^{-7}$ м
 2) $4 \cdot 10^{-7}$ м 4) $5 \cdot 10^{-7}$ м
- Найти работу выхода электронов из металла, если фотоэффект начинается при частоте падающего света $6 \cdot 10^{14}$ с⁻¹.

1) $4 \cdot 10^{-19}$ Дж 3) $5 \cdot 10^{-19}$ Дж
 2) $2 \cdot 10^{-19}$ Дж 4) $6 \cdot 10^{-19}$ Дж
- Найти красную границу фотоэффекта λ_{\max} для катода, если при уменьшении длины волны излучения от $\lambda_1 = 500$ нм до $\lambda_2 = 400$ нм максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась в 2 раз.

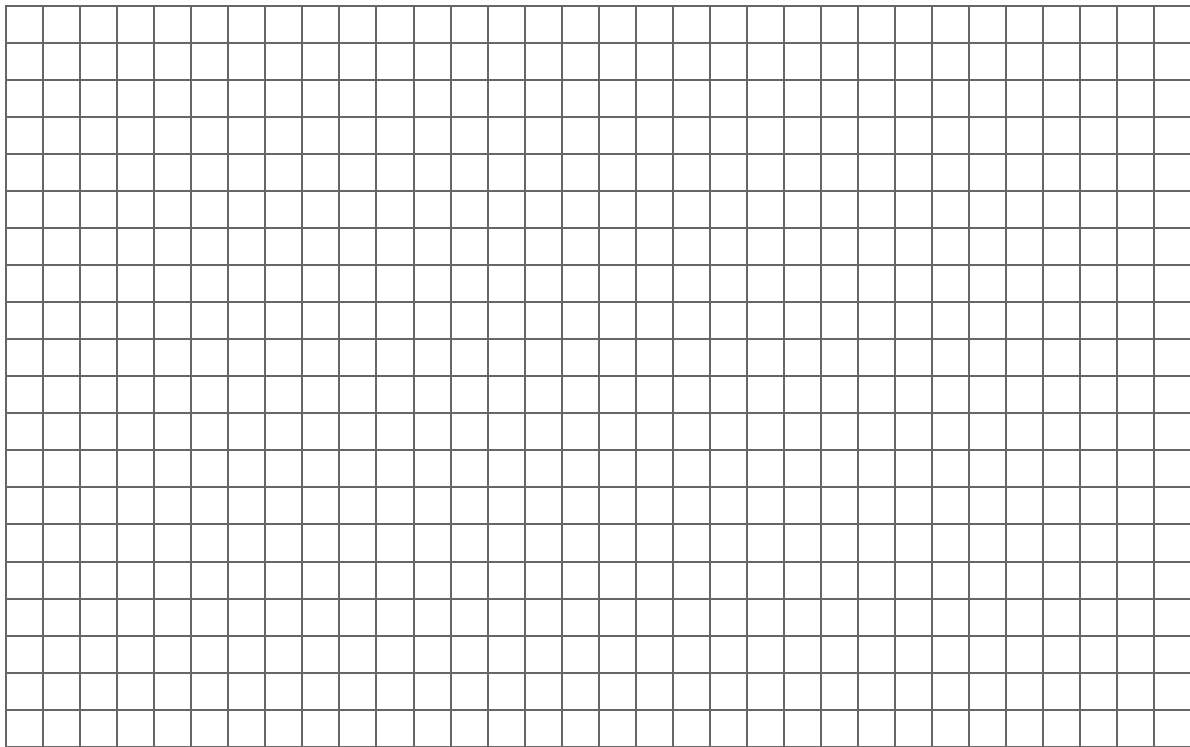
1) 565 нм 2) 575 нм 3) 545 нм 4) 610 нм
- Какова длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующей красной границе фотоэффекта, если при облучении металлической пластинки светом с длиной волны $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$ м максимальная скорость выбитых электронов составляет 851 км/с? Ответ округлите до сотен нанометров.

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

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

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

				4
--	--	--	--	---

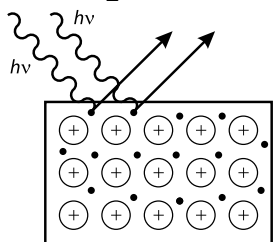


ОТВЕТЫ:

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. Дано:
 $A = 1 \cdot 10^{-18}$ Дж
 $\lambda_{\text{max}} = ?$

Решение:
 $\lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{A}$, h — постоянная Планка,
 $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с; $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
 $\lambda_{\text{max}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^{-18}} \approx 2 \cdot 10^{-7}$ (м).

Ответ: 1.

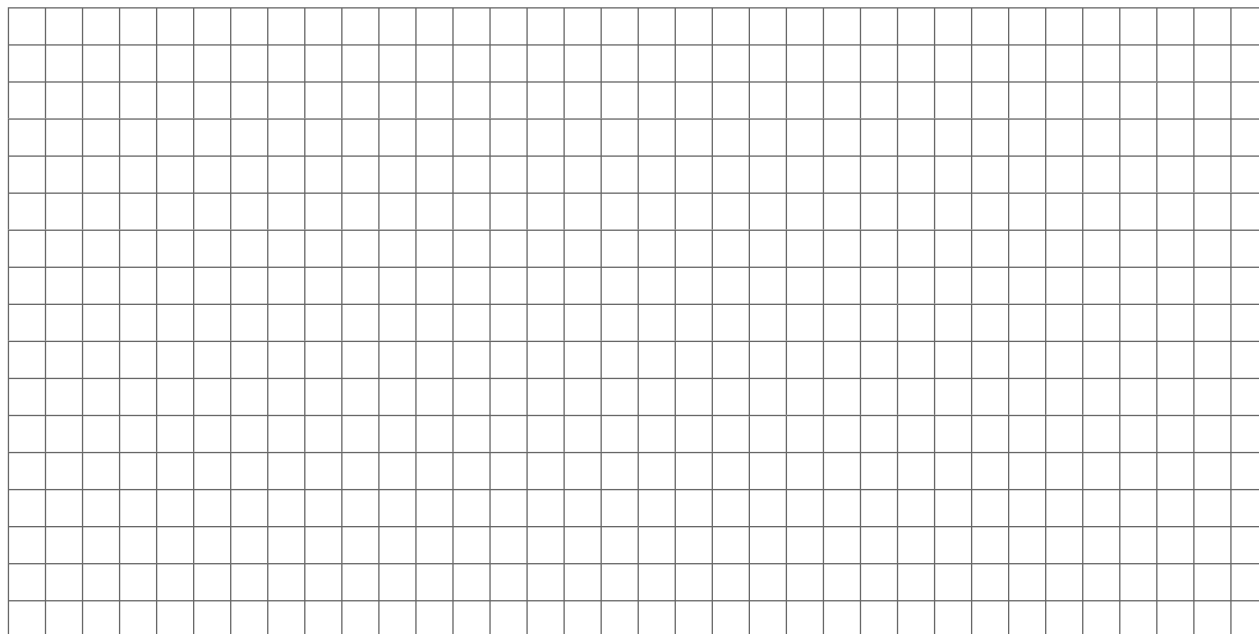
2. Дано:
 $\nu = 6 \cdot 10^{14}$ с⁻¹
 $A = ?$

Решение:
 $\nu_{\text{min}} = \frac{A}{h}$; $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с;
 $A = \nu_{\text{min}} \cdot h$;
 $A = 6 \cdot 10^{14} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \approx 4 \cdot 10^{-19}$ (Дж).

Ответ: 1.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: $\lambda_{\text{кр}} = 600$ нм.



93 день

5.1.5. Фотоны

5.1.6. Энергия фотона

5.1.7. Импульс фотона

1. Слово «фотон» в физике означает:

- 1) прибор для фотографирования
- 2) луч света
- 3) единицу измерения интенсивности света
- 4) элементарную частицу, являющуюся квантом электромагнитного излучения

1 2 3 4 1

2. Чему равен импульс фотона красного света ($\lambda = 630$ нм)? Как он отличается от фотона фиолетового света ($\lambda = 400$ нм)? Выберите правильный ответ.

- 1) $p_k = 1 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с $\frac{p_k}{p_\phi} = 0,63$
- 2) $p_k = 1 \cdot 10^{-26}$ кг·м/с $\frac{p_k}{p_\phi} = 0,5$
- 3) $p_k = 5 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с $\frac{p_k}{p_\phi} = 2$
- 4) $p_k = 3 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с $\frac{p_k}{p_\phi} = 1,5$

1 2 3 4 2

3. Определите энергию пучка синего света с длиной волны $\lambda = 450$ нм, состоящего из 10 фотонов.

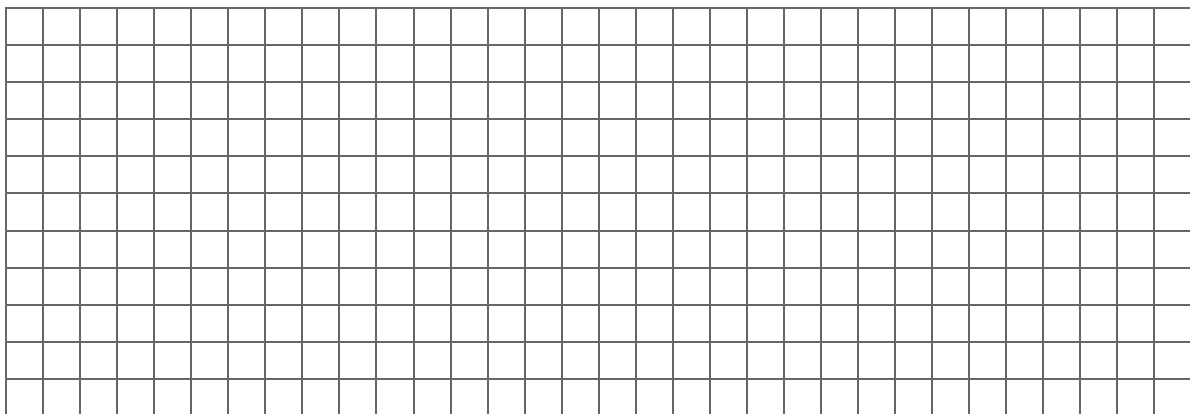
- 1) $4,1 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 2) $4,4 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 3) $5,4 \cdot 10^{-18}$ Дж
- 4) $5,2 \cdot 10^{-18}$ Дж

1 2 3 4 3

4. Найти массу фотона, длина волны которого равна 500 нм.

- 1) $4 \cdot 10^{-36}$ кг
- 2) $2 \cdot 10^{-36}$ кг
- 3) $5 \cdot 10^{-36}$ кг
- 4) $3 \cdot 10^{-36}$ кг

1 2 3 4 4



ОТВЕТЫ:

1. Ответ: 4.

2. Ответ: 1.

3. Дано:

$$\begin{aligned}\lambda &= 450 \text{ нм} = \\ &= 450 \cdot 10^{-9} \text{ м} \\ n &= 10 \\ E &= ?\end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned}E &= nh\nu; \nu = \frac{c}{\lambda}; E = \frac{nhc}{\lambda}; \\ h &= 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}; \\ [E] &= \frac{\text{Дж} \cdot \text{см}}{\text{см}} = \text{Дж};\end{aligned}$$

$$E = \frac{10 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} = 4,4 \cdot 10^{-18} \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 2.

4. Дано:

$$\begin{aligned}\lambda &= 500 \text{ нм} = \\ &= 500 \cdot 10^{-9} \text{ м} \\ m &= ?\end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned}E &= mc^2; m = \frac{E}{c^2}. \text{ Энергия фотона:} \\ E &= h\nu. m = \frac{h\nu}{c^2}, \text{ т. к. } \nu = \frac{c}{\lambda}, \text{ то } m = \frac{h}{\lambda c}. \\ m &= \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{500 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^8} = 4 \cdot 10^{-36} \text{ (кг)}.\end{aligned}$$

Ответ: 1.

Давление света

Свет — поток частиц (фотонов), которые обладают импульсом $p = \frac{E}{c}$ (c — скорость света) и передают его телу при отражении или поглощении. При отражении фотона переданный импульс в два раза больше, чем при поглощении.

Энергия кванта определяется формулой $E = h\nu$, где ν — частота света.

Постоянная Планка

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$



94 день

5.1.8. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Корпускулярно-волновой дуализм

5.1.9. Дифракция электронов

1. Формула де Бройля, являющаяся математическим выражением идеи о волновых свойствах любых микрочастиц, имеет вид:

1) $\lambda = v \cdot \nu$ 2) $E = mc^2$ 3) $E = \frac{hc}{\lambda}$ 4) $\lambda = \frac{h}{p}$

1 2 3 4 1

2. Длина волны де Бройля медленных электронов с энергией около 100 эВ, использованных в опытах К. Дэвиссона и Л. Джермера по обнаружению дифракции электронов, составляла:

1) 5,2 А 2) 1,23 А 3) 3,1 А 4) 0,51 А

1 2 3 4 2

3. Длина волны де Бройля шарика массой 1 г, движущегося со скоростью 1 см/с, составляет:

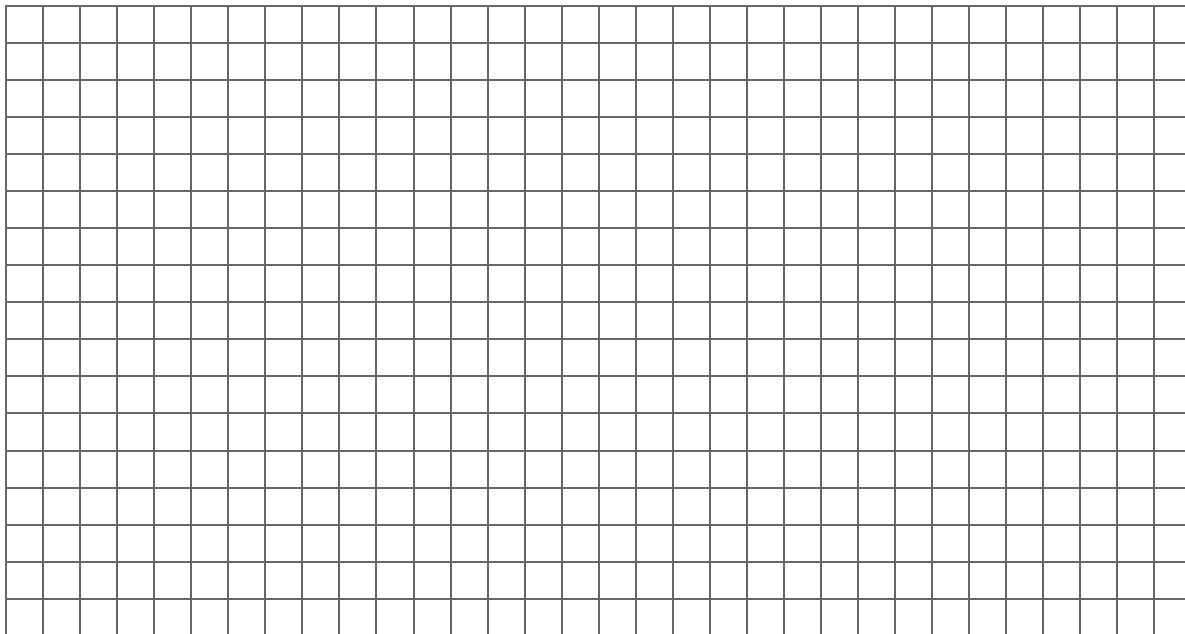
1) $8,1 \cdot 10^{-26}$ см 3) $5 \cdot 10^{-20}$ см
2) $16,6 \cdot 10^{-25}$ см 4) $6,6 \cdot 10^{-27}$ см

1 2 3 4 3

4. Какова длина волны де Бройля α -частицы, движущейся со скоростью 30 000 км/с? Импульс частицы можно вычислять по классической формуле.

1) $12,2 \cdot 10^{-15}$ м 3) $3,3 \cdot 10^{-15}$ м
2) $3,2 \cdot 10^{-15}$ м 4) $4,3 \cdot 10^{-15}$ м

1 2 3 4 4



ОТВЕТЫ:

Корпускулярно-волновой дуализм — проявление светом как волновых, так и корпускулярных свойств.

- Фотоэффект
- Фотолюминесценция
- Фотохимические превращения
- Эффект Комптона
- Интерференция
- Дифракция
- Поляризация и дисперсия
- Дисперсия

1. Ответ: 4.

2. Ответ: 2.

3. Дано:

$$m = 1 \text{ г} = 0,001 \text{ кг}$$

$$v = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,01 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\lambda = ?$$

Решение:

Формула де Бройля:

$$\lambda = \frac{h}{p}; p = mv; \lambda = \frac{h}{mv};$$

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-2}} = 6,6 \cdot 10^{-29} \text{ (м)} = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ (см)}.$$

Ответ: 4.

4. Дано:

$$m = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$v = 30\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 3 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

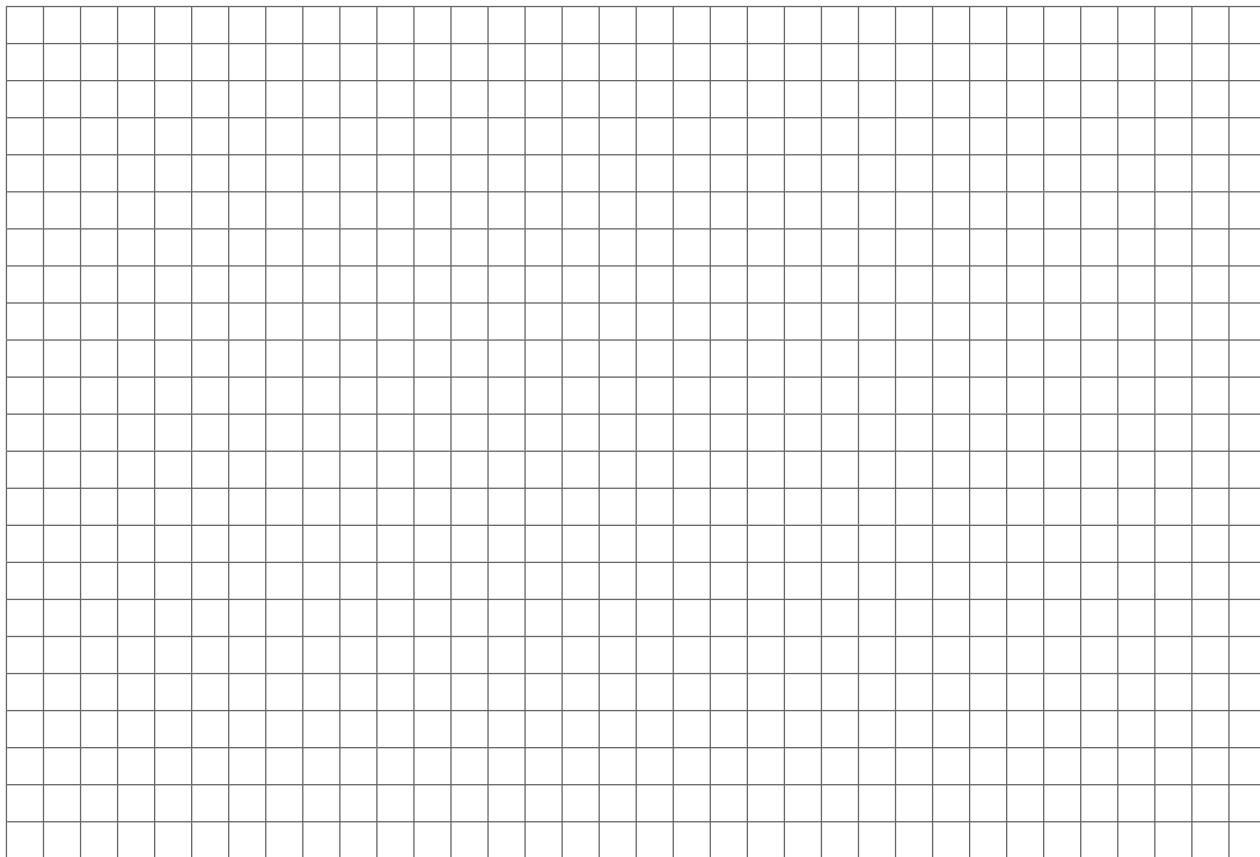
$$\lambda = ?$$

Решение:

$$\lambda = \frac{h}{p}; \lambda = \frac{h}{mv};$$

$$\lambda = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{6,64 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^7} = 3,3 \cdot 10^{-15} \text{ (м)}.$$

Ответ: 3.



95 день

5.2. Физика атома

5.2.1. Планетарная модель атома

5.2.2. Постулаты Бора

5.2.3. Линейные спектры

5.2.4. Лазер

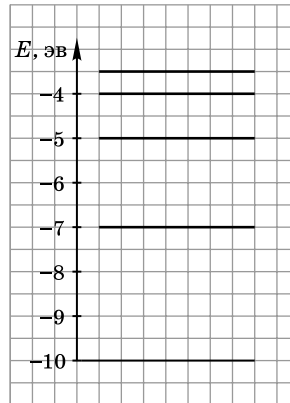
1. Планетарная модель атома Резерфорда входила в противоречие с представлениями классической физики по причине:

- 1) невозможности экспериментальной проверки модели
- 2) сложности состава атома
- 3) противоречия с представлениями древних атомистов
- 4) невозможности объяснения устойчивости атома

1 2 3 4 1

2. На рисунке изображены энергии квантовых состояний (уровни энергии) атомной системы. Ниже перечислены некоторые значения энергий (в эВ) стационарных состояний E и энергий фотонов $h\nu_{kn}$ излучения этой системы. Какие из них не противоречат постулатам Бора?

- 1) $E_n = -9 -7,5$ $h\nu_{kn} = 6 1,2$
- 2) $E_n = -8 -6$ $h\nu_{kn} = 0,5 1,8$
- 3) $E_n = -7 -5$ $h\nu_{kn} = 3 1$
- 4) $E_n = -11 -5,5$ $h\nu_{kn} = -12 2,5$



1 2 3 4 2

3. С помощью каких приборов изучают спектральный состав электромагнитного излучения оптического диапазона?

- 1) спектрограф, спектрометр
- 2) микроскоп
- 3) фотоаппарат
- 4) зрительные трубы

1 2 3 4 3

4. Главной отличительной особенностью излучения лазера по сравнению с естественными источниками света является

- 1) большая интенсивность излучения
- 2) спектральный состав
- 3) время излучения
- 4) когерентность излучения

1 2 3 4 4

5. Определить длину волны излучения, соответствующего переходу атома водорода из одного энергетического состояния в другое, разница в энергиях которых составляет $3,027 \cdot 10^{-19}$ Дж. Ответ дайте в нм.

- 1) 561 нм
- 2) 654 нм
- 3) 454 нм
- 4) 351 нм

1 2 3 4 5

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.

Правило квантования Бора

(третий постулат Бора):

$$mvR = n \frac{h}{2\pi},$$

где m — масса электрона, v — скорость электрона, R — радиус круговой орбиты, n — номер энергетического состояния (целое число).

Энергия фотона

Равна разности энергии 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. Ответ: 4.

2. Ответ: 2.

3. Ответ: 1.

4. Ответ: 4.

5. Дано:

$$\frac{\Delta E = 3,027 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{\lambda - ?}$$

Решение:

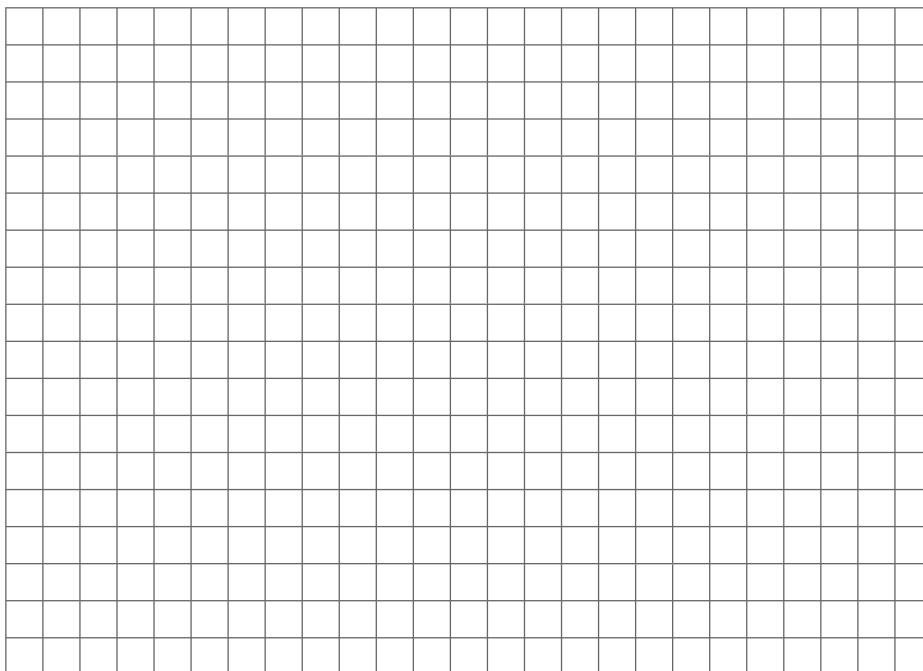
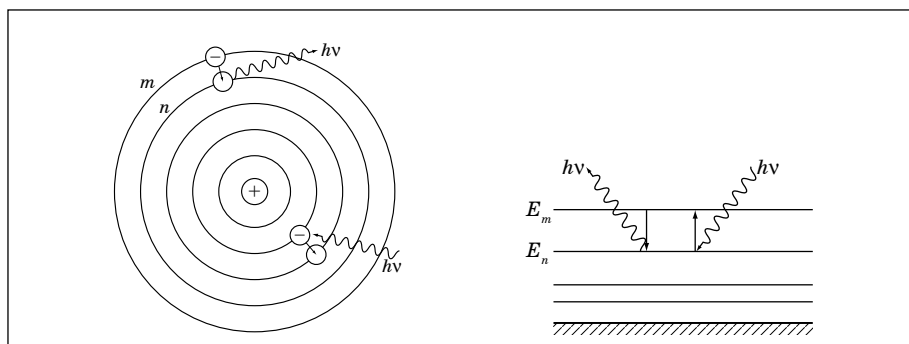
Из постулата Бора:

$$\nu_{2-1} = \frac{E_2 - E_1}{h}; \quad \nu = \frac{c}{\lambda}.$$

$$\text{Отсюда: } \lambda = \frac{ch}{\Delta E}. \quad \lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}}{3,027 \cdot 10^{-19}} =$$

$$654 \cdot 10^{-9} \text{ (м)} = 654 \text{ (нм)}.$$

Ответ: 2.



96 день

5.3. Физика атомного ядра

5.3.1. Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение

1. В реакции ${}_{25}^{55}\text{Mn} + ? \rightarrow {}_{26}^{55}\text{Fe} + {}_0^1n$ вместо вопросительного знака следует вписать

- 1) ${}^4_2\text{He}$ 2) ${}^1_1\text{H}$ 3) β 4) ${}^1_2\text{H}$

1 2 3 4 1

2. Радиоактивный изотоп технеция ${}_{43}^{95}\text{Tc}$, не обнаруженный в природе, был получен искусственно в результате реакции: ${}_{42}^{94}\text{Mo} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}_{43}^{95}\text{Tc} + ?$, в которой вместо «?» следует вставить

- 1) 1_1p 2) 1_0n 3) ${}^2_4\text{He}$ 4) ${}^1_1\text{H}$

1 2 3 4 2

3. α -лучи представляют собой

- 1) поток нейтронов
2) поток частиц с зарядом $+e$
3) поток ядер атома гелия ${}^4_2\text{He}$
4) поток лучей неизвестной природы

1 2 3 4 3

4. β -частицы — это

- 1) осколки ядер урана, образованных в результате радиоактивного распада
2) электромагнитное излучение рентгеновского диапазона
3) космические лучи
4) электроны

1 2 3 4 4

5. γ -лучи представляют собой

- 1) электромагнитные волны — кванты электромагнитного излучения с длиной волны 10^{-3} – 10^{-11} см
2) поток нейтральных частиц с массой электрона
3) поток кварков
4) электромагнитное излучение радиодиапазона

1 2 3 4 5

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. ${}^{55}_{25}Mn + ? \rightarrow {}^{55}_{26}Fe + {}^1_0n$
 $A = 55 + 1 - 55 = 1, Z = 26 + 0 - 25 = 1.$

Ответ: 2.

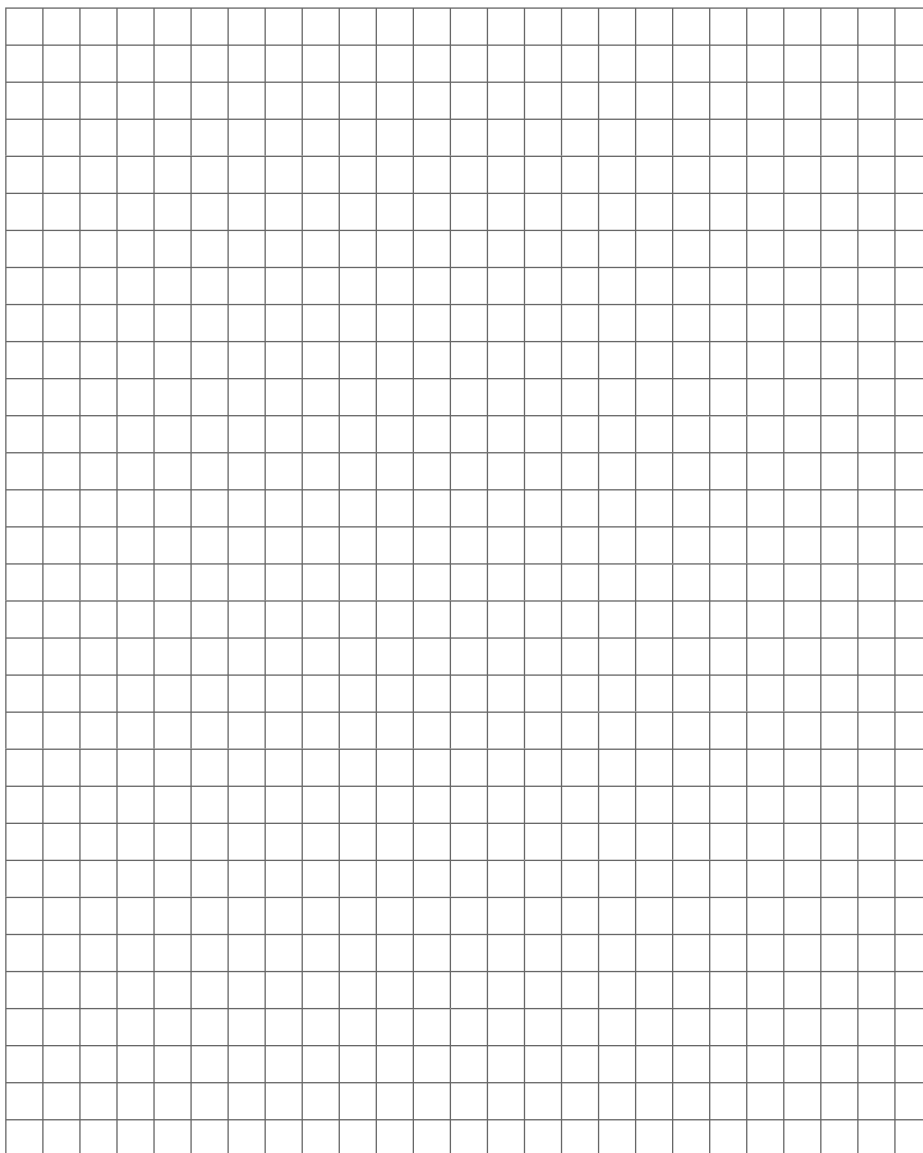
2. ${}^{94}_{42}Mo + {}^2_1H \rightarrow {}^{95}_{43}Tc + ?$
 $A = 94 + 2 - 95 = 1, Z = 42 + 1 - 43 = 0.$

Ответ: 2.

3. Ответ: 3.

4. Ответ: 4.

5. Ответ: 1.



97 день

5.3.2. Закон радиоактивного распада

1. Количество радиоактивного радона уменьшилось в 8 раз за 11,4 дня. Каков период полураспада радона?

- 1) 2 дня 2) 4 дня 3) 3,5 дня 4) 3,8 дня

1 2 3 4 1

2. Период полураспада радиоактивного вещества определяет:

- 1) время жизни данного атома
2) время, по истечении которого распадается 1 кг радиоактивного вещества
3) время, в течение которого распадается половина наличного количества атомов
4) время полного распада всех наличных атомов

1 2 3 4 2

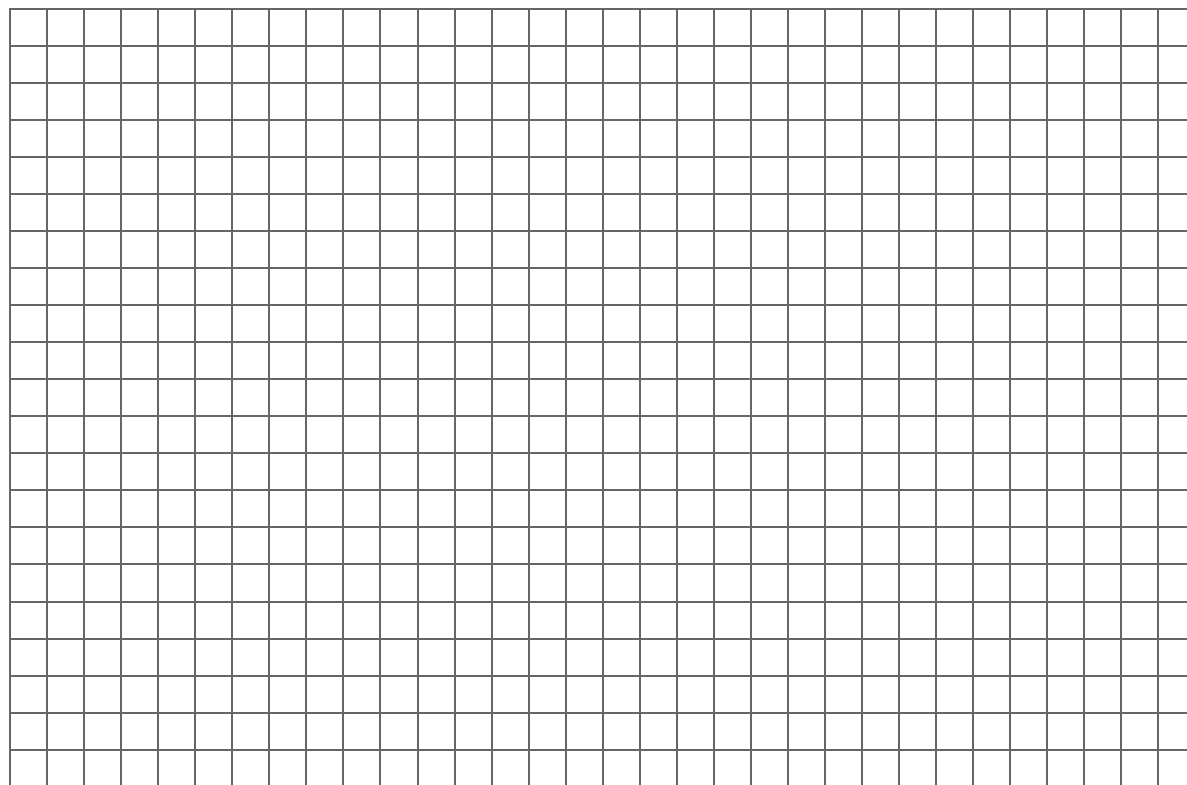
3. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Найти период полураспада. Ответ дать в днях.

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

1 2 3 4 3

4. Масса радиоактивного серебра уменьшилась в 8 раз за 810 дней. Найти период полураспада радиоактивного серебра.

4



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. Дано:

$$\frac{N}{N_0} = 8$$

$$t = 11,4 \text{ дн.}$$

$$T = ?$$

Решение:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}; \quad \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}; \quad 8 = 2^{-\frac{t}{T}}; \quad 2^3 = 2^{-\frac{t}{T}}.$$

$$\text{Отсюда } \frac{t}{T} = 3; \quad T = \frac{t}{3}.$$

$$T = \frac{11,4}{3} = 3,8 \text{ (дня)}.$$

Ответ: 4.**2. Ответ:** 3.**3. Ответ:** 1.**4. Дано:**

$$\frac{m}{m_0} = 8$$

$$t = 810 \text{ дн.}$$

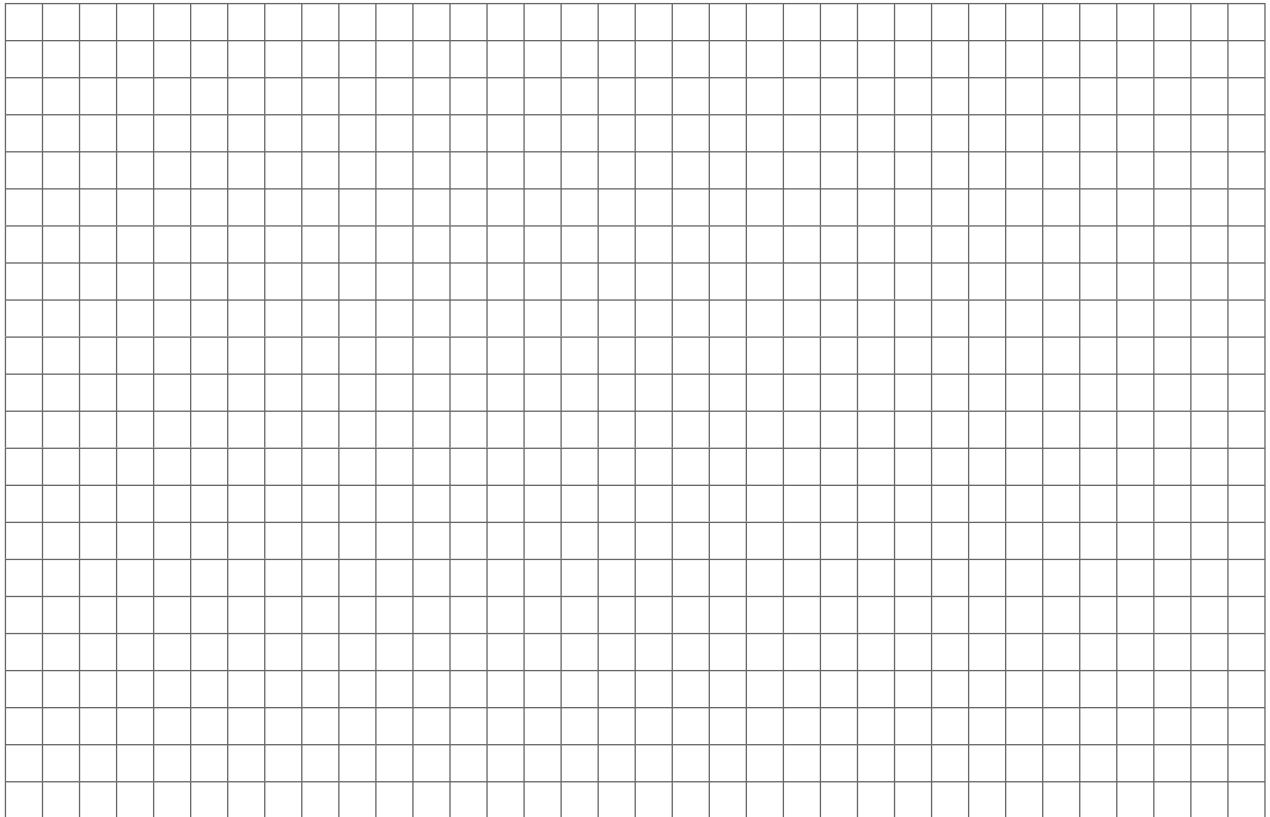
$$T = ?$$

Решение:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}; \quad m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

$$\text{Отсюда: } \frac{m}{m_0} = 2^{-\frac{t}{T}} \text{ или } 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{1}{8}, \text{ тогда}$$

$$2^{-\frac{t}{T}} = 2^{-3}; \quad T = \frac{810}{3} = 270 \text{ (дней)}.$$

Ответ: 270.

Ответы:

Строение ядра

Ядро атома состоит из **протонов** и **нейтронов**.

Протон

$$p = +e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл,}$$

$$\text{масса } m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Нейтрон

$$n \text{ — заряд равен нулю,}$$

$$\text{масса } m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Общее название протонов и нейтронов — **нуклоны**.

Между нуклонами действуют короткодействующие силы притяжения — **ядерные силы**.

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:

${}^A_Z X$, где X — обозначение химического элемента.

Например: ${}^{235}_{92}U$ — ядро **урана**, в котором содержится **92** протона и $235 - 92 = 143$ нейтрона.

1. ${}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^4_2\text{He} \rightarrow ? + {}^1_0n$
 $A = 239 + 4 - 1 = 242, Z = 94 + 2 = 96.$

$${}^{242}_{96}\text{Cm.}$$

Ответ: 2.

2. ${}^2_1\text{H} + \gamma = {}^1_1\text{H} + ?$
 $A = 2 - 1 = 1, Z = 1 - 1 = 0.$

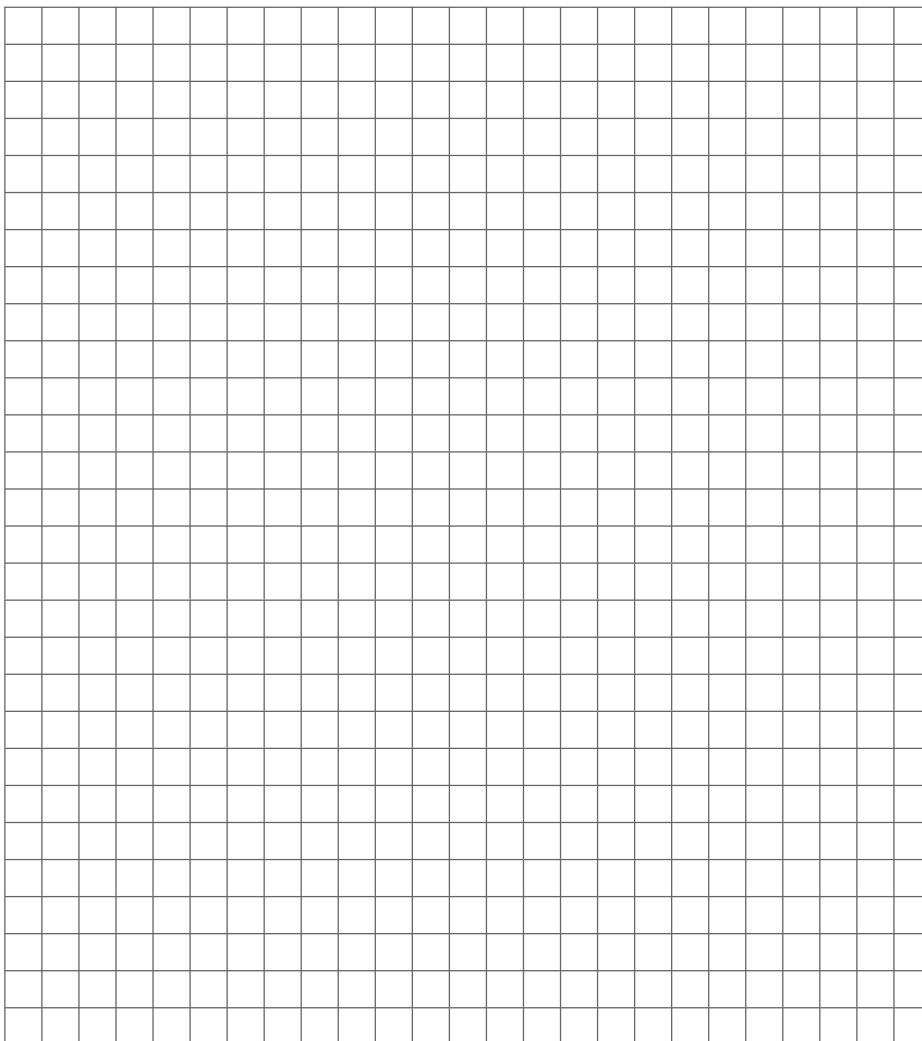
Ответ: 1.

3. $Z = 22, N = 26, A = Z + N = 22 + 26 = 48. {}^{48}_{22}\text{Ti}$

Ответ: 3.

4. Ответ: 3.

5. Ответ: 3.



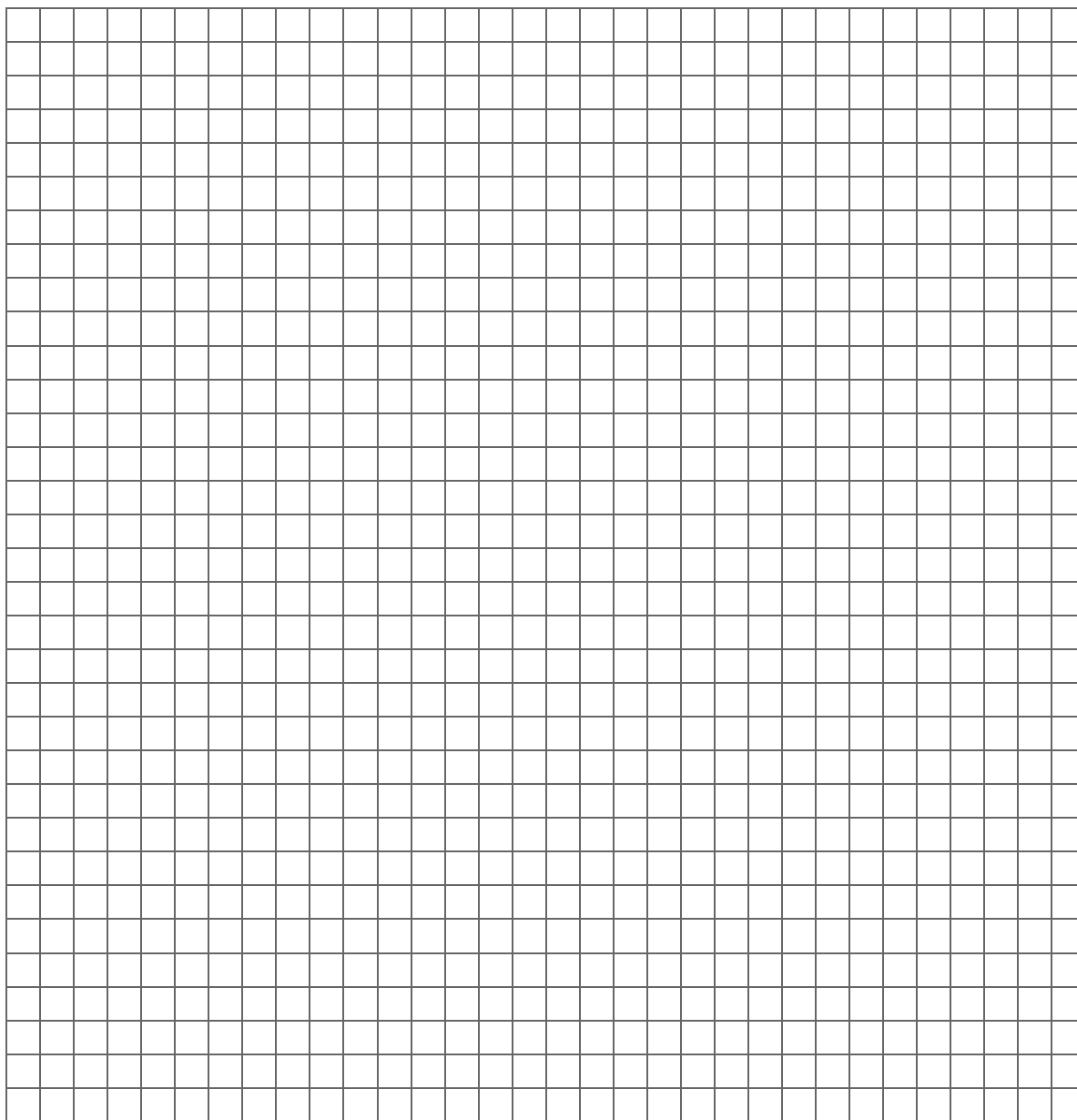
99 день

5.3.4. Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы

1. Найти дефект масс ядра ${}^{15}_7\text{N}$.

 1

2. Найти энергию связи ядра ${}^{35}_{14}\text{Si}$.

 2

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

$$\Delta E = \Delta m c^2,$$

где

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{ядра}} - \text{дефект массы ядра.}$$

Энергетический выход ядерной реакции

$$\Delta E = \Delta m c^2,$$

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.

Законы сохранения электрических зарядов и массовых чисел: сумма зарядов (массовых чисел) ядер и частиц, вступающих в ядерную реакцию, равна сумме зарядов (массовых чисел) конечных продуктов реакции.

1. Дано:

Решение:

$$\begin{array}{l|l} \frac{^{15}_7\text{N}}{\Delta m - ?} & \begin{array}{l} \Delta m = 2m_p + Nm_n - M_a; M_a = M_a - Zm_e; \\ \Delta m = Zm_p + Nm_n - M_a + Zm_e = \\ = Z(m_p + m_e) + Nm_n - M_a; m_p + m_e = m_{^1_1\text{H}}. \end{array} \end{array}$$

Отсюда: $\Delta m = (Zm_{^1_1\text{H}} + Nm_n) - M_a; m_{^1_1\text{H}} = 1,00783 \text{ а. е. м.}$

$m_n = 1,00866 \text{ а. е. м. } M_a = 15,00011 \text{ а. е. м.}$

$Z = 7; N = A - Z; N = 15 - 7 = 8.$

$\Delta m = (7 \cdot 1,00783 + 8 \cdot 1,00866) - 15,00011 \approx 0,124 \text{ (а. е. м.)}$

Ответ: 0,124.

2. Дано:

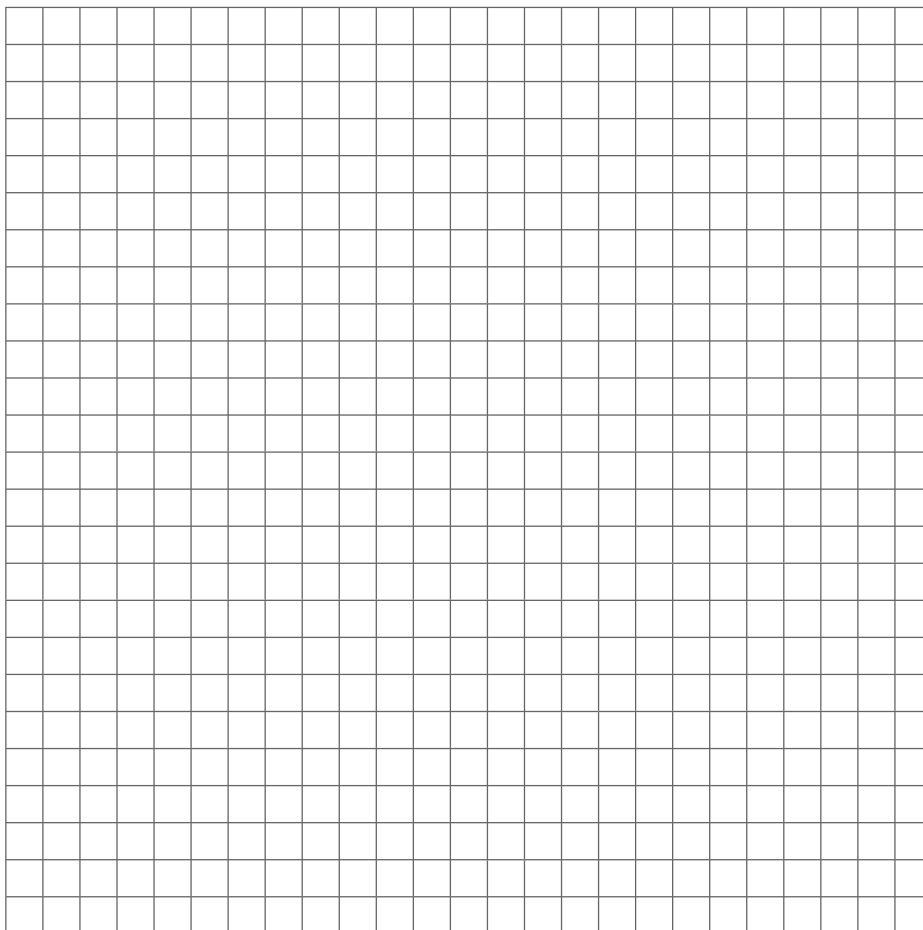
Решение:

$$\begin{array}{l|l} \frac{^{30}_{14}\text{Si}}{E - ?} & \begin{array}{l} E_c = \Delta m c^2; \Delta m = (Zm_{^1_1\text{H}} + Nm_n) - M_a; \\ M_a = 29,9737 \text{ а. е. м.} \end{array} \end{array}$$

$$E_c = \frac{((14 \cdot 1,00783 + 16 \cdot 1,00866) - 29,97376)}{1,6 \cdot 10^{-19}} \times$$

$\times 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 243 \text{ (МэВ)}$

Ответ: 243.



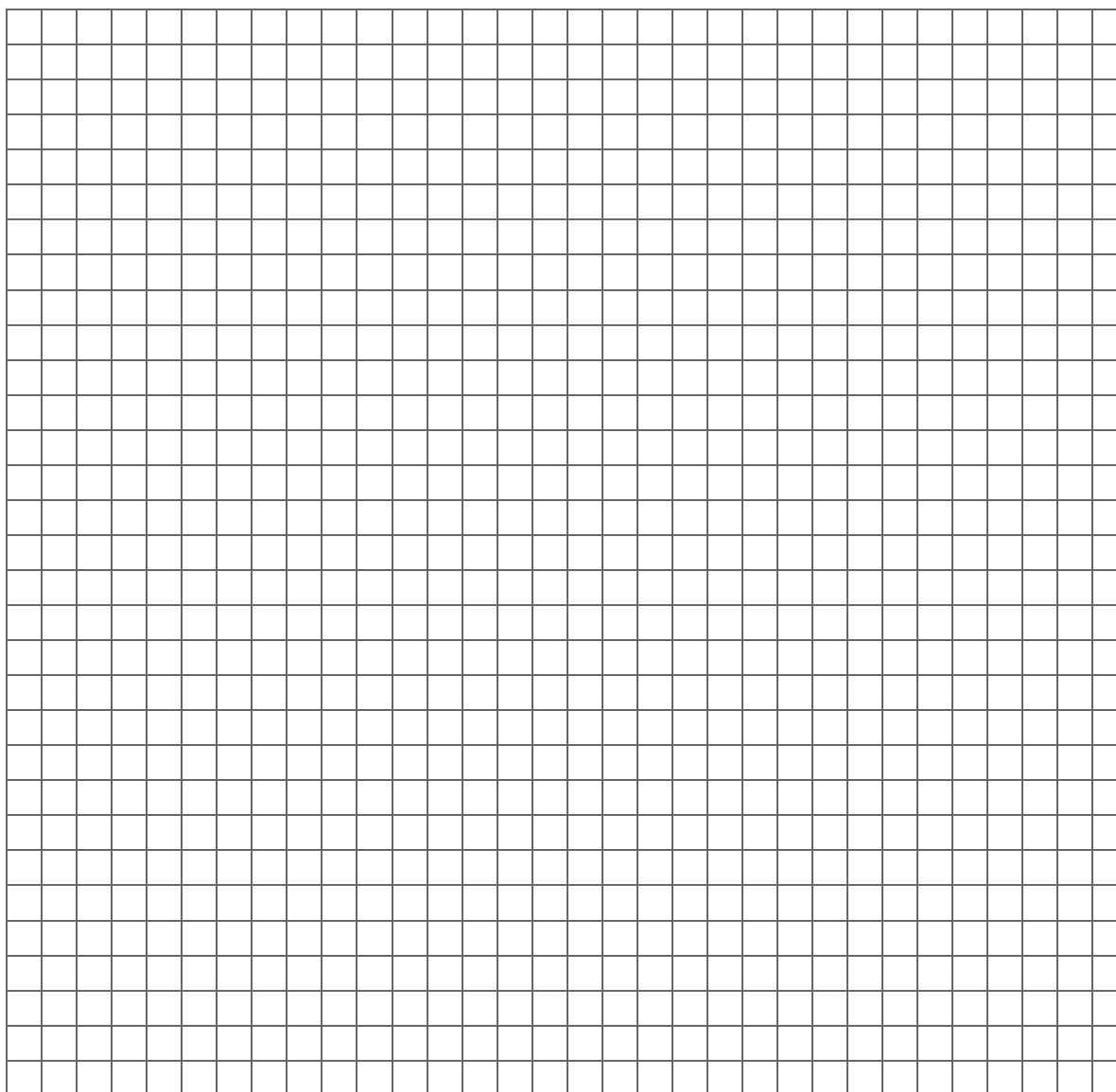
100 день

5.3.5. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер

1. Определить энергетический выход ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$. Ответ дать в МэВ.

 1

2. Неподвижный нейтральный π -мезон, распадаясь, превращается в два одинаковых фотона. Определить энергию каждого фотона, если масса покоя π -мезона $M = 264,2m_e$. Ответ дать в МэВ.

 2

Удельная энергия связи — энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

Наибольшую удельную энергию связи (8,6 МэВ/нуклон) имеют элементы с номерами от 50 до 60, поэтому ядра этих элементов наиболее устойчивы.

Внесистемная единица измерения энергии — электрон-вольт (эВ) = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Ядерные реакции — это превращения атомных ядер при взаимодействии с элементарными частицами, в том числе с γ -квантами или друг с другом.

Реакция деления ядра — реакция, при которой тяжелое ($Z > 82$) ядро под действием нейтронов (или других частиц) делится на несколько более легких ядер, близких по массе.

Цепная реакция — ядерная реакция, в которой частицы, вызывающие реакцию, образуются как продукты этой реакции.

Необходимое условие цепной реакции:

$K \geq 1$,
где K — коэффициент размножения нейтронов, т.е. отношение числа нейтронов в данном поколении к числу нейтронов в предыдущем поколении.

1. ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$

$Q = 931,5(\Sigma M_i - \Sigma M_k)$ МэВ,

где M_i — сумма масс частиц, которые вступают в ядерную реакцию;

M_k — сумма масс частиц, которые образуются.

$Q = 931,5(7,01601 + 1,00783 - 2 \cdot 4,0026) = 17,3$ МэВ.

Ответ: 17,3.

2. Дано:

$E_0 = \frac{E}{2}$

$M = 264,2m_e$

$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

E_0 — ?

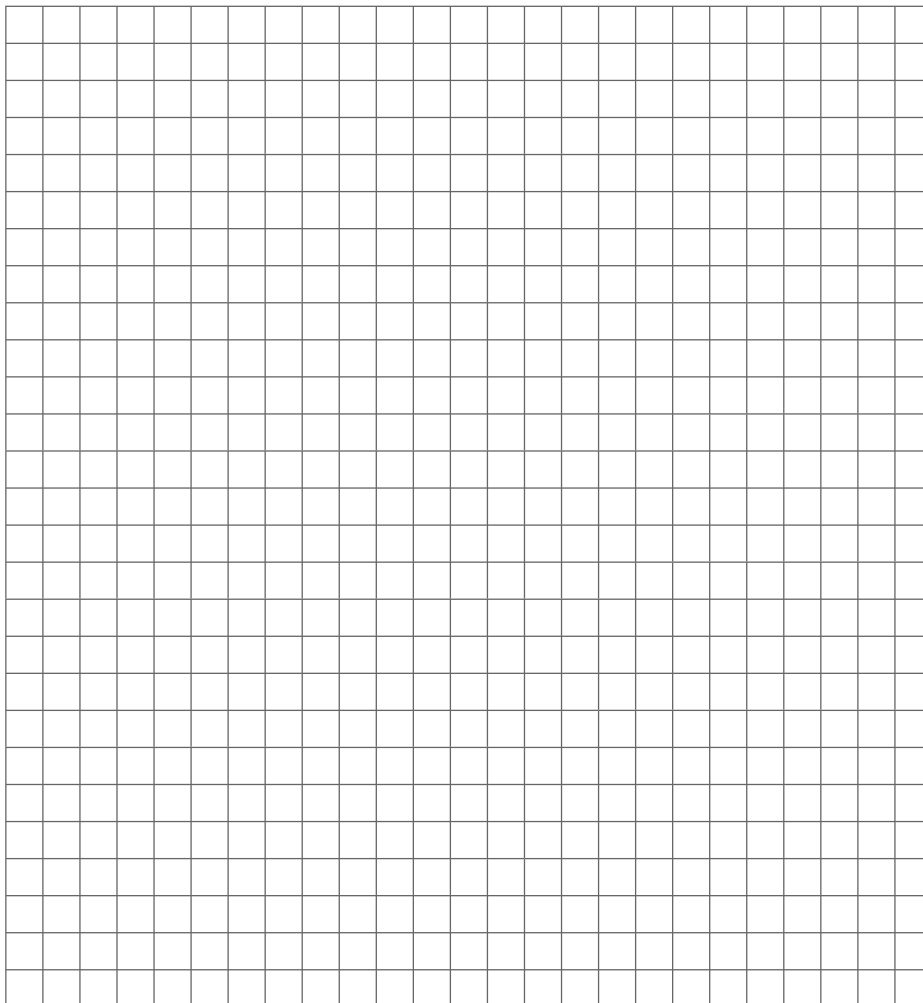
Решение:

$E = mc^2$.

$E_0 = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 264,2 \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} =$

$= 67,5$ (МэВ).

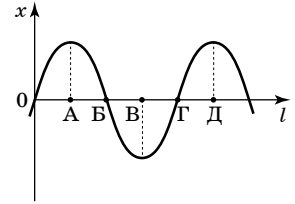
Ответ: 67,5.



1 2 3 4 A7

A7. На рисунке изображена поперечная волна, распространяющаяся по шнуру, в некоторый момент времени. Расстояние между какими точками равно длине волны?

- 1) ОБ 3) АД
2) ОД 4) АГ



1 2 3 4 A8

A8. На какую максимальную высоту может поднимать воду насос, если создаваемый им перепад давления равен 300 кПа?

- 1) 0,03 м 2) 30 м 3) 300 м 4) $3 \cdot 10^5$ м

1 2 3 4 A9

A9. Сколько примерно молекул содержится в 1 г углекислого газа CO_2 ?

- 1) $3 \cdot 10^{21}$ 3) $5,2 \cdot 10^{22}$
2) $9 \cdot 10^{21}$ 4) $1,4 \cdot 10^{22}$

1 2 3 4 A10

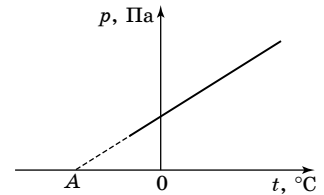
A10. При неизменной концентрации частиц абсолютная температура идеального газа была увеличена в 4 раза. Давление газа при этом

- 1) увеличилось в 4 раза 3) уменьшилось в 4 раза
2) увеличилось в 2 раза 4) не изменилось

1 2 3 4 A11

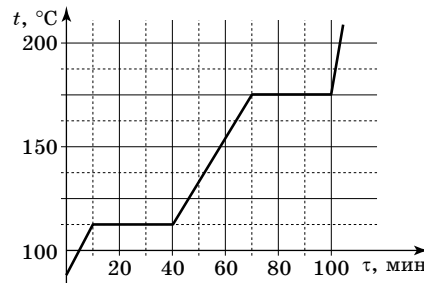
A11. На рисунке изображен график зависимости давления идеального газа от температуры при постоянном объеме. Какой температуре соответствует точка А?

- 1) -273 К 3) 0°C
2) 0 К 4) 273°C



1 2 3 4 A12

A12. На рисунке изображен график зависимости температуры некоторого вещества от времени при его нагревании. Укажите интервал времени, когда вещество плавилось. В начальный момент времени вещество находилось в твердом состоянии.



- 1) первые 10 минут
2) с 10-й по 40-ю минуты
3) с 40-й по 70-ю минуты
4) с 70-й по 100-ю минуты

A13. При одной и той же температуре насыщенный пар в закрытом сосуде отличается от ненасыщенного пара в таком же сосуде

- 1) давлением
- 2) скоростью движения молекул
- 3) отсутствием примеси посторонних газов
- 4) средней энергией хаотичного движения молекул

1 2 3 4 A13

A14. На нагревание парафиновой пластинки массой 0,1 кг от 20°C до 70°C потребовалось затратить 16 кДж энергии. Определите удельную теплоёмкость парафина.

- 1) 0,8 кДж/(кг·К)
- 2) 1,6 кДж/(кг·К)
- 3) 3,2 кДж/(кг·К)
- 4) 4,8 кДж/(кг·К)

1 2 3 4 A14

A15. Коэффициент полезного действия тепловой машины составляет 30%. Определите температуру нагревателя, если температура холодильника равна 7°C.

- 1) 400°C
- 2) 400 К
- 3) 500°C
- 4) 500 К

1 2 3 4 A15

A16. Как изменится сила электростатического взаимодействия двух электрически заряженных шариков при перенесении их из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью 81, если расстояние между ними останется прежним?

- 1) уменьшится в 81 раз
- 2) увеличится в 81 раз
- 3) уменьшится в 9 раз
- 4) увеличится в 9 раз

1 2 3 4 A16

A17. Потенциал в точке *A* электрического поля равен 200 В, потенциал в точке *B* равен 100 В. Какую работу совершают силы электрического поля при перемещении точечного тела с положительным зарядом 15 мКл из точки *A* в точку *B*?

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

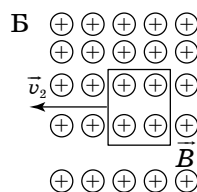
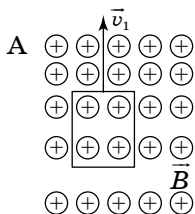
1 2 3 4 A17

A18. Определите внутреннее сопротивление источника тока с электродвижущей силой, равной 15 В, если при подключении к нему резистора с сопротивлением 4 Ом в электрической цепи течет ток 3 А.

- 1) 9 Ом
- 2) 5 Ом
- 3) 4 Ом
- 4) 1 Ом

1 2 3 4 A18

A19. Проволочная рамка движется в неоднородном магнитном поле с силовыми линиями, входящими в плоскость листа, в случае *A* со скоростью \vec{v}_1 , в случае *B* со скоростью \vec{v}_2 (см. рисунок).



1 2 3 4 A19

Плоскость рамки остается перпендикулярной линиям вектора магнитной индукции. Ток в рамке возникает

- 1) только в случае *A*
- 2) только в случае *B*
- 3) в обоих случаях
- 4) ни в одном из случаев

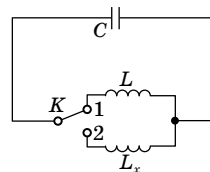
1 2 3 4 A20

A20. Явление переноса вещества происходит при прохождении электрического тока через

- 1) металлы и полупроводники
- 2) полупроводники и электролиты
- 3) газы и полупроводники
- 4) электролиты и газы

1 2 3 4 A21

A21. Какой должна быть индуктивность L_x катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа *K* из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в 5 раз?



- 1) $\frac{1}{25}L$
- 2) $\frac{1}{5}L$
- 3) $5L$
- 4) $25L$

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (B1–B4) является набор символов, которые следует записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными образцами.

B1

B1. Яблоко падает с яблони на землю. Как изменяются в процессе падения скорость яблока, его ускорение и его потенциальная энергия относительно земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Скорость яблока	Ускорение яблока	Потенциальная энергия

B2

B2. Поздней осенью идущий дождь сменился мокрым снегом. Как при этом изменились температура, абсолютная и относительная влажность воздуха?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) немного возросла
- 2) немного снизилась
- 3) не изменилась

Температура	Абсолютная влажность	Относительная влажность

- В3.** Конденсатор, входящий в состав колебательного контура, зарядили и отсоединили от источника напряжения. После этого расстояние между пластинами конденсатора уменьшили. Как это повлияло на емкость конденсатора, частоту электромагнитных колебаний в контуре и максимальную энергию, накопленную в конденсаторе?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Емкость конденсатора	Частота колебаний	Максимальная энергия

- В4.** Плоскопараллельную стеклянную пластинку ($n_{\text{стекла}} = 1,6$), находившуюся в воздухе ($n_{\text{воздуха}} = 1,0$) и освещаемую лучом света, поместили в воду ($n_{\text{воды}} = 1,3$). Как изменились при этом время прохождения света через пластинку, смещение вышедшего луча по отношению к падающему лучу, частота вышедшего луча света в сравнении с частотой падающего луча?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Время прохождения света через пластинку	Смещение вышедшего луча по отношению к падающему лучу	Частота вышедшего луча света

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

В3

В4

Часть 3

При выполнении заданий (A22–A25) этой части в бланках ответов № 1 под номером выполняемого вами задания поставьте знак «х». Для записи ответов к заданиям (С1–С6) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем полное решение. Ответы записывайте четко и разборчиво.

1 2 3 4 A22

A22. При попадании солнечного света на капли дождя образуется радуга. Это объясняется тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, которые каплями воды по-разному

- 1) поглощаются
- 2) отражаются
- 3) поляризуются
- 4) преломляются

1 2 3 4 A23

A23. Лучи от двух лазеров, свет которых соответствует длинам волн λ и $1,5\lambda$, поочередно направляются перпендикулярно плоскости дифракционной решетки. Расстояние между первыми дифракционными максимумами на удаленном экране

- 1) в обоих случаях одинаково
- 2) во втором случае в 1,5 раза больше
- 3) во втором случае в 1,5 раза меньше
- 4) во втором случае в 3 раза больше

1 2 3 4 A24

A24. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 3 раза больше модуля импульса фотона во втором пучке. Определите отношение длины волны в первом пучке света к длине волны во втором пучке.

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

1 2 3 4 A25

A25. Радиоактивный изотоп урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ после одного α -распада и трех β -распадов превращается в изотоп

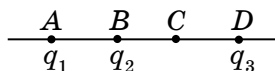
- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) нептуния ${}_{93}^{234}\text{Np}$ | 3) урана ${}_{92}^{234}\text{U}$ |
| 2) тория ${}_{90}^{236}\text{Th}$ | 4) франция ${}_{87}^{231}\text{Fr}$ |

С1. С высоты $H = 40$ м свободно падает стальной шарик. Через время $t = 2$ с после начала падения он сталкивается с неподвижной плитой, плоскость которой наклонена под углом 30° к горизонту. На какую высоту h над поверхностью Земли поднимется шарик после удара? Удар шарика о плиту считать абсолютно упругим.

С2. Шарик массой $m = 0,15$ кг на нити длиной $L = 0,4$ м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение короткого промежутка времени $t = 0,01$ с действует сила $F = 0,2$ Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на 60° ?

С3. В системе координат p, T изображен цикл, соответствующий работе тепловой машины, у которой рабочим телом является идеальный газ (см. рисунок). Определите модуль отношения работ газа $\frac{\Delta A_{34}}{\Delta A_{12}}$ на участках 3–4 и 1–2.

С4. Точки A, B, C и D расположены на прямой ($AB = BC = CD$ — см. рисунок). В точке A помещено точечное тело с зарядом $q_1 = 4 \cdot 10^{-12}$ Кл, в точке B — точечное тело с зарядом $q_2 = -5 \cdot 10^{-12}$ Кл. Какой заряд q_3 надо сообщить точечному телу, находящемуся в точке D , чтобы напряженность поля в точке C была равна нулю?



С5. Горизонтально расположенный проводник длиной $1,5$ м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна $0,25$ Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения. Начальная скорость проводника равна нулю, а его ускорение 8 м/с². Определите электродвижущую силу индукции на концах проводника в тот момент, когда он переместился на 1 м.

С6. Фотокатод освещается светом с частотой $\nu = 1,0 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией $B = 3,9 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Работа выхода для материала фотокатода равна $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите максимальный радиус окружности R , по которой движутся электроны.

Бланк ответов №1



Заполнять гелевой или капиллярной ручкой ЧЕРНЫМИ чернилами ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ по следующим образцам:

А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
 А В С D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z , - Æ Å Ä Ö Ò È É Ê Ë Ì Í Î Ï Ò Ù Û Ü

Регион	Код предмета	Название предмета	С правилами экзамена ознакомлен и согласен Совпадение вариантов в задании и бланке ответов подтверждаю Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка.	Резерв 5
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

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

Номера заданий типа **A** с выбором ответа из предложенных вариантов

Образец написания метки **ЗАПРЕЩЕНЫ** исправления в области ответов
 Будьте аккуратны. Случайный штрих внутри квадрата может быть воспринят как метка

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30		
Номера вариантов ответа	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	
	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	
	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4

	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57	A58	A59	A60		
Номера вариантов ответа	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	
	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	
	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4

Замена ошибочных ответов на задания типа A	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	Резерв - 6 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	A <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	
	A <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	
	A <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	A <input type="checkbox"/>	

Результаты выполнения заданий типа **B** с ответом в краткой форме

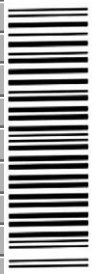
B1	<input type="text"/>	B11	<input type="text"/>
B2	<input type="text"/>	B12	<input type="text"/>
B3	<input type="text"/>	B13	<input type="text"/>
B4	<input type="text"/>	B14	<input type="text"/>
B5	<input type="text"/>	B15	<input type="text"/>
B6	<input type="text"/>	B16	<input type="text"/>
B7	<input type="text"/>	B17	<input type="text"/>
B8	<input type="text"/>	B18	<input type="text"/>
B9	<input type="text"/>	B19	<input type="text"/>
B10	<input type="text"/>	B20	<input type="text"/>

Замена ошибочных ответов на задания типа **B**

B	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	B	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>
B	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	B	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>
B	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	B	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>



Бланк ответов №2



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

Резерв - 8

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

Лист №	<input type="text"/>
--------	----------------------

<input type="text"/>

Перепишите значение 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

Часть 1

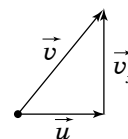
№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	3	A14	3
A2	4	A15	2
A3	1	A16	1
A4	3	A17	4
A5	2	A18	4
A6	3	A19	1
A7	3	A20	4
A8	2	A21	4
A9	4	A22	4
A10	1	A23	2
A11	2	A24	4
A12	2	A25	1
A13	1		

Часть 2

№ задания	Ответ
B1	1, 3, 2
B2	1, 3, 2
B3	1, 2, 3
B4	3, 3, 3

Часть 1. Ответы с объяснениями

- A1.** Скорость лодки относительно берега — $\vec{v}_л$.
 Правило сложения скоростей: $\vec{v}_л = \vec{u} + \vec{v}$.
 Применяя правило сложения векторов, получаем: $v_л = \sqrt{v^2 - u^2}$.
 Ответ: 3.



- A2.** $v_x = 5 + 2t$; $v_x = v_{Ox} + a_x t$; отсюда $v_{Ox} = 5 \frac{M}{c}$, $a_x = 2 \frac{M}{c^2}$,
 $s_x = v_{Ox} t + \frac{a_x t^2}{2}$, подставляем в формулу значения v_{Ox} и a_x ,
 получаем: $s_x = 5t + t^2$.
 Ответ: 4.

A3. Дано:

$$\begin{aligned} R_1 \\ R_2 = 3R_1 \\ v_1 = v_2 = v \\ \hline \frac{T_1}{T_2} - ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \text{Период обращения } T &= \frac{2\pi R}{v}. \quad T_1 = \frac{2\pi R_1}{v}; \\ T_2 &= \frac{2\pi 3R_1}{v}. \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{2\pi 3R_1 v}{v 2\pi 3R_1} = \frac{1}{3}. \\ \text{Отсюда } T_1 &= \frac{1}{3} T_2. \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{3}. \end{aligned}$$

Ответ: 1.

A4. Дано:

$$\begin{aligned} l = 90 \text{ см} = 0,9 \text{ м} \\ h = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м} \\ p = 10^5 \text{ Па} \\ \hline F - ? \end{aligned}$$

Решение:

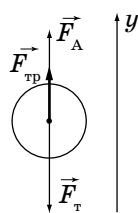
$$\begin{aligned} p &= \frac{F}{S}; \quad F = p \cdot S; \quad S = l \cdot h; \quad F = p \cdot l \cdot h; \\ D &= 10^5 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 54 \cdot 10^3 \text{ (Н)}. \end{aligned}$$

Ответ: 3.

A5. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 4,5 \text{ т} = \\ &= 4,5 \cdot 10^3 \text{ кг} \\ V &= 4 \text{ м}^3 \\ \hline F_{\text{тр}} - ? \end{aligned}$$

Решение:



$$\begin{aligned} \text{По закон Ньютона: } \vec{F} &= m\vec{a}; \\ \vec{a} &= 0; \quad \vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_{\text{тр}} - \vec{F}_T; \\ \text{Оу: } 0 &= F_A + F_{\text{тр}} - F_T; \\ F_{\text{тр}} &= F_T - F_A; \\ F_A &= \rho g V; \quad F_T = mg. \\ \text{Отсюда: } F_{\text{тр}} &= g(m - \rho V). \\ F_{\text{тр}} &= 9,8 \cdot (4,5 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^3) = 5 \text{ (кН)}. \end{aligned}$$

Ответ: 2.

A6. Дано:

$$\begin{aligned} P_1 &= 80 \text{ Н} \\ L &= 4l \\ \hline P_2 - ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \text{Второе условие равновесия:} \\ M_1 + M_2 &= 0. \\ M_1 &= -P_1 \cdot L; \quad M_2 = P_2 \cdot l. \quad P_2 l = P_1 L; \\ P_2 &= 4P_1; \quad P_2 = 4 \cdot 80 = 320 \text{ (Н)}. \end{aligned}$$

Ответ: 3.

A7. Так как длина волны — расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах.

Ответ: 3.

A8. Дано:

$$\begin{aligned} p &= 300 \text{ кПа} = 300 \cdot 10^3 \text{ Па} \\ \rho &= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ \hline h - ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} p &= \rho g h; \quad h = \frac{p}{\rho g}; \\ h &= \frac{300 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,8} = 30 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Ответ: 2.

A9. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг} \\ \text{CO}_2 \\ N_A &= 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \\ N &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} N &= \frac{m}{M} N_A \\ M &= (12 + 16 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = \\ &= 44 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right); \\ N &= \frac{10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{44 \cdot 10^{-3}} \approx 1,4 \cdot 10^{22}. \end{aligned}$$

Ответ: 4.

A10. Основное уравнение МКТ идеального газа: $p = nkT$. Так как $p \sim T$, поэтому при увеличении абсолютной температуры в 4 раза, давление газа так же увеличилось в 4 раза, при неизменной концентрации частиц.

Ответ: 1.

A11. Основное уравнение МКТ идеального газа: $p = nkT$. В точке А $p = 0$, поэтому $T = 0$ К.

Ответ: 2.

A12. Первые 10 минут тело нагревали до температуры плавления. С 10-й по 40-ю минуты тело плавилось.

Ответ: 2.

A13. Насыщенный пар — пар, находящийся в термодинамическом равновесии с жидкостью.

Ненасыщенный пар — пар, не достигший термодинамического равновесия со своей жидкостью. При данной температуре давление ненасыщенного пара всегда меньше давления насыщенного пара.

Ответ: 1.

A14. Дано:

$$\begin{aligned} m &= 0,1 \text{ кг} \\ t_1 &= 20 \text{ }^\circ\text{C} \\ t_2 &= 70 \text{ }^\circ\text{C} \\ Q &= 16 \text{ кДж} = 16 \cdot 10^3 \text{ Дж} \\ c &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} Q &= cm\Delta T; \quad c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}; \\ c &= \frac{16 \cdot 10^3}{0,1 \cdot (70 - 20)} = 3,2 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right). \end{aligned}$$

Ответ: 3.

A15. Дано:

$$\begin{aligned} \eta &= 30 \% \\ T_2 &= 7 \text{ }^\circ\text{C} = 280 \text{ К} \\ T_1 &= ? \end{aligned}$$

Решение:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100 \%.$$

$$\text{Отсюда: } T_1 = \frac{T_2 \cdot 100 \%}{100 \% - \eta};$$

$$T_1 = \frac{280 \cdot 100}{100 - 30} = 400 \text{ (К)}.$$

Ответ: 2.

A16. Закон Кулона для зарядов, находящихся в однородном диэлектрике: $F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$. Так как $F \sim \frac{1}{\epsilon}$, то при увеличении диэлектрической проницаемости в 81 раз, сила электростатического взаимодействия уменьшится в 81 раз.
 Ответ: 1.

A17. Дано: $\varphi_1 = 200 \text{ В}$
 $\varphi_2 = 100 \text{ В}$
 $q = 15 \text{ мКл} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$
 $A = ?$

Решение:
 $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$;
 $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$.
 $A = 15 \cdot 10^{-3}(200 - 100) = 1,5 \text{ (Дж)}$.

Ответ: 4.

A18. Дано: $\epsilon = 15 \text{ В}$
 $R = 4 \text{ Ом}$
 $I = 3 \text{ А}$
 $r = ?$

Решение:
 Закон Ома для замкнутой цепи:
 $I = \frac{\epsilon}{R + r}$.
 $I(R + r) = \epsilon$, отсюда $r = \frac{\epsilon - IR}{I}$.
 $r = \frac{15 - 3 \cdot 4}{3} = 1 \text{ (Ом)}$.

Ответ: 4.

A19. $F_A = BIl \sin \alpha$.
 В случае A: $\sin \alpha = 1$.
 В случае B: $\sin \alpha = 0$.
 Ответ: 1.

A20. Явление переноса — неравновесные процессы, в результате которых в физической системе происходит пространственный перенос электрического заряда, вещества, импульса.
 Ответ: 4.

A21. $T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}$, если $T_2 = 5T_1$, $L_2 = 25L_1$.
 Ответ: 4.

A22. Дисперсия света — это явление, обусловленное зависимостью абсолютного показателя преломления вещества от частоты света.
 Ответ: 4.

A23. Дано:

$$\begin{array}{l} \lambda_1 = \lambda \\ \lambda_2 = 1,5\lambda \\ \hline \frac{d_2}{d_1} = ? \end{array}$$

Ответ: 2.

Решение:

$$d = k\lambda; \quad \frac{d_2}{d_1} = \frac{k1,5\lambda}{k\lambda} = 1,5.$$

A24. Дано:

$$\begin{array}{l} p_1 = 3p_2 \\ \hline \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = ? \end{array}$$

Ответ: 4.

Решение:

$$p = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p}; \quad \lambda_1 = \frac{h}{p_1}; \quad \lambda_2 = \frac{h}{p_2};$$
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{hp_2}{3p_2h} = \frac{1}{3}.$$

A25. ${}_{92}^{238}\text{U} \xrightarrow{\alpha} {}_{90}^{234}\text{X} + {}_2^4\text{He}; \quad {}_{90}^{234}\text{X} \rightarrow {}_{93}^{234}\text{Np} + 3 {}_{-1}^0e.$

Ответ: 1.

Часть 2. Ответы с объяснениями

B1. Яблоко падает на землю с постоянным ускорением — ускорением свободного падения $\left(g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$. Скорость увеличивается на $\Delta \vec{v} = \vec{g}t$.
 $E_{\text{п}} = mgh$, т. к. высота уменьшается, то и потенциальная энергия так же уменьшается.
Ответ: 132.

B2. Температура воздуха немного возросла, т. к. при переходе из жидкого состояния в твердое (дождь в снег) выделилось некое количество теплоты.
Абсолютная влажность воздуха не изменилась.
Абсолютная влажность воздуха — это плотность водяного пара в воздухе.
Так как давление насыщенного пара (p_0) увеличивается от увеличения температуры, то относительная влажность воздуха немного снизится. $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$.
Ответ: 132.

B3. $C \sim \frac{1}{d} \left(C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}\right)$, при уменьшении расстояния между пластинами — емкость конденсатора увеличивается.
 $T = \frac{1}{\nu} = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \nu \sim \frac{1}{C}$, при увеличении емкости конденсатора, частота уменьшается.

Максимальная энергия, накопленная в конденсаторе не изменилась, т. к. конденсатор зарядили и отсоединили от источника напряжения.

Ответ: 123.

В4. Время прохождения света через пластинку: $t = \frac{s}{v}$, де s — путь прохождения света, v — скорость света в данной точке среды. Так как среда пластинки не изменилась, то и время также не изменилось. Смещение вышедшего луча по отношению к падающему лучу также не изменилось, т. к. величина смещения зависит от того, из какого вещества изготовлена пластинка, от толщины пластинки и от угла падения. (Эти величины у нас не изменились.)

Частота вышедшего луча света в сравнении с частотой падающего луча не изменилась, т. к. $v = \frac{v}{\lambda}$; $v = \frac{c}{n}$; $v = \frac{c}{n\lambda}$.

ν_1 — частота вышедшего луча; ν'_1 — частота падающего луча. $c = \text{const}$.

$$\nu_1 = \frac{c}{n_1\lambda_1}; \quad \nu'_1 = \frac{c}{n_1\lambda_1} \Rightarrow \nu_1 = \nu'_1 \text{ — для воздуха.}$$

Для воды: $\nu_2 = \frac{c}{n_2\lambda_2}$; $\nu'_2 = \frac{c}{n_2\lambda_2}$; $\nu_2 = \nu'_2$; ν_2 — частота вышедшего луча; ν'_2 — частота падающего луча.

Ответ: 333.

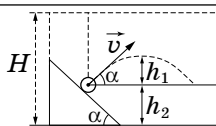
Часть 3. Ответы с объяснениями

С1. Дано:

Решение:

Возможное решение

$H = 40$ м
 $t = 2$ с
 $\alpha = 30^\circ$
 h — ?



$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

$$\text{Oy: } v_p = gt \sin 30^\circ$$

Высота подъема шарика над плитой после удара: $h_1 = \frac{v_p^2}{2g}$.

$$h = h_1 + h_2; \quad h_2 = H - \frac{gt^2}{2}. \quad \text{Тогда: } h = H - \frac{gt^2}{2} + \frac{v_p^2}{2g}.$$

$$h = H - \frac{gt^2}{2} + \frac{gt^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad \text{или}$$

$$h = H + \frac{gt^2}{2} (\sin \alpha - 1).$$

$$h = 40 + \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} \left(\frac{1}{4} - 1 \right) = 25 \text{ (м).}$$

Ответ: 25 м.

Баллы
1 балл
2 балла
3 балла
4 балла

Баллы
1 балл
2 балла
3 балла
4 балла

С2. Дано:

Решение:

Возможное решение	
$m = 0,5 \text{ кг}$ $L = 0,4 \text{ м}$ $t = 0,01 \text{ с}$ $F = 0,2 \text{ Н}$ $\alpha = 60^\circ$ $N \text{ — ?}$	Изменение импульса тела равно импульсу действующей на тело силы: $m\Delta v = F\Delta t$. Приращение скорости за один удар: $\Delta v = \frac{F\Delta t}{m}$. $v_N = 2N\Delta v$. Отсюда: $v_N = \frac{2NF\Delta t}{m}$.

Закон сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh; h = L(1 - \cos \alpha) = 2L \sin^2 \frac{\alpha}{2}; \frac{mv^2}{2} = 2mgL \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

Отсюда:

$$v^2 = 2gL \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 4N^2 \Delta v^2 = \frac{4N^2 F^2 \Delta t^2}{m^2};$$

$$N^2 = \frac{2gLm^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{4 \cdot F^2 \Delta t^2}; N = \sqrt{\frac{2gLm^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{4 \cdot F^2 \Delta t^2}};$$

$$N = \frac{m \sin \frac{\alpha}{2}}{Ft} \sqrt{gL}.$$

$$N = \frac{0,15 \cdot \frac{1}{2} \cdot \sqrt{9,8 \cdot 0,4}}{0,2 \cdot 0,01} = 75 \text{ (колебаний)}$$

Ответ: 75 колебаний.

С3. Дано:

Решение:

Баллы
1 балл
2 балла
3 балла
4 балла

Возможное решение	
$T_1 = T_4$ $T_2 = T_3$ $\left \frac{\Delta A_{34}}{\Delta A_{12}} \right \text{ — ?}$	На основании анализа графиков процессов сделаем вывод о том, что процессы 3-4 и 1-2 — изобарные.

Работа при изобарном процессе:

$$\Delta A_{34} = p_{34} \Delta V = p_{34}(V_4 - V_3) = \nu k(T_4 - T_3).$$

$$\Delta A_{12} = p_{12} \Delta V = \nu k(T_1 - T_2).$$

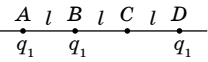
$$\left| \frac{\Delta A_{34}}{\Delta A_{12}} \right| = \left| \frac{\nu k(T_4 - T_3)}{\nu k(T_1 - T_2)} \right| = \left| \frac{T_4 - T_3}{T_1 - T_2} \right|; \text{ т.к. } T_4 = T_1,$$

$$\text{а } T_2 = T_3, \text{ то } \left| \frac{\Delta A_{34}}{\Delta A_{12}} \right| = \left| \frac{T_4 - T_3}{T_1 - T_2} \right| = 1.$$

$$\text{Ответ: } \left| \frac{\Delta A_{34}}{\Delta A_{12}} \right| = 1.$$

C4. Дано:

Решение:

Возможное решение	
$q_1 = 4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$ $q_2 = -5 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$ $E_C = 0$ $q_3 = ?$	 <p>Напряженность электрического поля точечного заряда: $E = k \frac{q}{L^2}$.</p>

$AB = BC = CD = L.$

Принцип суперпозиции электрических полей:

$-E_D^C + E_A^C + E_B^C = 0.$

$E_A^C = kq_1(2L)^{-2}; E_B^C = kq_2(2L)^{-2};$

$E_D^C = -kq_3(2L)^{-2}.$

Отсюда: $k(L)^{-2} \left(\frac{1}{4} q_1 + q_2 - q_3 \right) = 0$, тогда $\frac{q_1}{4} + q_2 = q_3.$

$q_3 = \frac{4}{4} \cdot 10^{-12} - 5 \cdot 10^{-12} = -4 \cdot 10^{-12} \text{ (Кл)}.$

Ответ: $q_3 = -4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}.$

Баллы
1 балл
2 балл
3 балл
4 балл

C5. Дано:

Решение:

Возможное решение	
$l = 1,5 \text{ м}$ $B = 0,25 \text{ Тл}$ $v_0 = 0$ $a = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $x = 1 \text{ м}$ $\varepsilon = ?$	$\varepsilon = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}.$ <p>За малое время Δt: $\Delta\Phi = Bl\Delta x.$</p> $ \varepsilon = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = Blv; x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v^2}{2a}.$ <p>Отсюда: $v = \sqrt{2ax}; \varepsilon = Bl\sqrt{2ax}.$</p> $ \varepsilon = 0,25 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 8 \cdot 1} = 1,5 \text{ (В)}.$ <p>Ответ: $\varepsilon = 1,5 \text{ В}.$</p>

Баллы
1 балл
2 балла
3 балла
4 балла

C6. Дано:

Решение:

Возможное решение	
$\nu = 1,0 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ $B = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ $A = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ $R = ?$	<p>Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$</p> <p>Согласно II закону Ньютона:</p> $F = ma; a = \frac{v^2}{2}; F = F_{\pi} = evB.$ <p>Тогда: $evB = \frac{mv^2}{R}.$</p>

Баллы
1 балл
2 балла

3 балла

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2} eVBR = h\nu - A.$$

Следовательно:

$$R = \frac{\sqrt{m(2h\nu - 2A)}}{eB} = \frac{\sqrt{2m(h\nu - A)}}{eB}.$$

4 балла

$$R = \frac{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} (6,63 - 4,42) \cdot 10^{-19}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3,9 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= 10^{-2} \text{ (м)} = 10 \text{ (мм)}.$$

Ответ: 10 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Основные единицы Международной системы (СИ)

Величина	Размерность	Единица СИ			Обозначение соответствующих величин в формулах
		Наименование	Обозначение		
			международное	русское	
Длина	L	метр	m	м	L, l
Масса	M	килограмм	kg	кг	m
Время	T	секунда	s	с	t, τ
Сила электрического тока	I	ампер	A	А	I
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	К	T
Количество вещества	N	моль	mol	моль	ν
Сила света	J	кандела	cd	кд	I, r

Таблица 2. Производные единицы СИ

Величина	Обозначение в формулах соответствующих величин	Наименование	Русское обозначение	Размерность
Площадь	S	квадратный метр	м^2	м^2
Объем	V	кубический метр	м^3	м^3
Скорость	v	метр в секунду	м/с	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
Ускорение	a	метр на секунду в квадрате	м/с ²	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
Частота вращения	n	секунда в минус первой степени	с ⁻¹	с ⁻¹
Частота периодического процесса	ν, f	герц	Гц	с ⁻¹
Угловая скорость	ω	радиан в секунду	рад/с	рад \cdot с ⁻¹
Плотность	ρ	килограмм на кубический метр	кг/м ³	кг \cdot м ⁻³

Величина	Обозначение в формулах соответствующих величин	Наименование	Русское обозначение	Размерность
Сила	F	ньютон	Н	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Работа	A	джоуль	Дж	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Энергия	W, E	джоуль	Дж	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность	P, N	ватт	Вт	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Момент силы	M	ньютон-метр	Н·м	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Давление	p	паскаль	Па	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Количество теплоты	Q	джоуль	Дж	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Удельная теплоемкость	c	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-2}$
Теплоемкость	C	джоуль на кельвин	Дж/К	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Удельная теплота сгорания	q	джоуль на килограмм	Дж/кг	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$
Электрический заряд	Q, q	кулон	Кл	$\text{А} \cdot \text{с}$
Поверхностная плотность электрического заряда	σ	кулон на квадратный метр	Кл/м ²	$\text{м}^{-2} \cdot \text{с} \cdot \text{А}$
Электрическое напряжение	U	вольт	В	
Напряженность электрического поля	E	вольт на метр	В/м	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Потенциал электрический	φ	вольт	В	$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}}{\text{А}} \cdot \text{А}^{-1}$
Электродвижущая сила	E	вольт	В	$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}}{\text{А}} \cdot \text{А}^{-1}$
Электрическая емкость	C	фарад	Ф	
Электрическое сопротивление	R, r	ом	Ом	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Удельное электрическое сопротивление	ρ	ом-метр	Ом·м	$\text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Магнитная индукция	B	тесла	Тл	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Магнитный поток	Φ	вебер	Вб	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Индуктивность	L	генри	Гн	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Поглощенная доза излучения	G	грей	Гр	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

Величина	Обозначение в формулах соответствующих величин	Наименование	Русское обозначение	Размерность
Активность нуклида в радиоактивном источнике	J	беккерель	Бк	с^{-1}
Экспозиционная доза фотонного излучения (экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения)	Q	кулон на килограмм	Кл/кг	$\text{кг}^{-1} \cdot \text{с} \cdot \text{кд}$

Таблица 3. Внесистемные единицы, допускаемые к применению в специальных областях

Величина	Наименование	Русское обозначение	Значение в единицах СИ
Длина	астрономическая единица	а.е.	$1,49598 \cdot 10^{11}$ м (среднее значение радиуса орбиты Земли)
	световой год	св. год	$9,4605 \cdot 10^{15}$ м
	парсек	пк	$3,0857 \cdot 10^{16}$ м
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Масса	тонна	т	10^3 кг
	центнер	ц	10^2 кг
Температура	градус Цельсия	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C} = \text{T}^{\circ}\text{K} + 273,15.$
Плоский угол	градус	$^{\circ}$	$\pi/180$ рад = $1,745... \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	'	$\pi/10\ 800$ рад = $2,908... \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	"	$\pi/648\ 000$ рад = $4,848... \cdot 10^{-6}$ рад
Площадь	гектар	га	$10\ 000$ м ²
Объем	литр	л	$0,001$ м ³
Скорость	километр в час	км/ч	$10/36$ м/с = $0,2777$ м/с
Работа, энергия	киловатт-час	кВт·ч	3 600 000 Дж
	электрон-вольт	эВ	$1,60219 \cdot 10^{11}$ Дж
Количество электричества	Ампер-час	А·ч	3 600 Кл
Энергия	Электрон-вольт	эВ	$1,60219 \cdot 10^{-19}$ Дж

Таблица 4. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Кратные			Дольные		
Приставка	Русское обозначение	Множитель	Приставка	Русское обозначение	Множитель
Экса	Э	10^{18}	Атто	а	10^{-18}
Пета	П	10^{15}	Фемто	ф	10^{-15}
Тера	Т	10^{12}	Пико	п	10^{-12}
Гига	Г	10^9	Нано	н	10^{-9}
Мега	М	10^6	Микро	мк	10^{-6}
Кило	к	10^3	Мили	м	10^{-3}
Гекто	г	10^2	Санتي	с	10^{-2}
Дека	да	10^1	Деци	д	10^{-1}

Таблица 5. Основные физические постоянные

Величина	Обозначение	Значение
Гравитационная постоянная	G	$6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$
Скорость света в вакууме	c	$2,9979 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
Скорость звука в воздухе в нормальных условиях	c, v_3	$331,46 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн} \cdot \text{м}^{-1} = 1,2566 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot \text{м}^{-1}$
Магнетон Бора	μ_B	$9,2741 \cdot 10^{-24} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$
Магнитный момент электрона	μ_e	$9,2848 \cdot 10^{-24} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$
Магнитный момент протона	μ_p	$1,4106 \cdot 10^{-26} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1}$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} \cdot \text{м}^{-1}$
Постоянная Планка	h $h = h/2\pi$	$6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ $1,0546 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Масса покоя электрона	m_e	$9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $5,4858 \cdot 10^{-4} \text{ а. е. м.}$
Маса покоя протона	m_p	$1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $1,0074 \text{ а. е. м.}$
Масса покоя нейтрона	m_n	$1,6750 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $1,0087 \text{ а. е. м.}$
Заряд электрона (абс. значение)	e	$1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Величина	Обозначение	Значение
Атомная единица массы	а. е. м.	$1,6606 \cdot 10^{-27}$ кг
Отношение заряда электрона к его массе	e / m_e	$1,7588 \cdot 10^{-19}$ Кл · кг ⁻¹
Отношение массы протона к массе электрона	m_p / m_e	5,2728
Постоянная Авогадро	N_A	$6,0221 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Постоянная Фарадея	F	96484,56 Кл · моль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	R	8,3144 Дж · моль ⁻¹ · К ⁻¹
Постоянная Больцмана	k	$1,3807 \cdot 10^{-23}$ Дж · К ⁻¹
Нормальный (молярный) объем идеального газа при нормальных условиях ($t = 0$ °С, $p = 101,325$ кПа)	V_0	$2,241 \cdot 10^{-2}$ м ³ /моль
Нормальное атмосферное давление	$P_{\text{атм.н.}}$	101 325 Па
Ускорение свободного падения (нормальное)	g_n	9,80665 м/с ²
Энергия покоя электрона	$m_e c^2$	0,5110034 МеВ
Энергия покоя протона	$m_p c^2$	938,2796 МеВ
Энергия покоя нейтрона	$m_n c^2$	939,5731 МеВ
Масса атома водорода	${}^1\text{H}$	1,07825036 а. о. м.
Масса атома дейтерия	${}^2\text{H}$	2,014101795 а. о. м.
Масса атома гелия-4	${}^4\text{He}$	4,002603267 а. о. м.
Радиус Бора	a_0	$5,2917706 \cdot 10^{-11}$ м
Классический радиус электрона	r_e	$2.8179380 \cdot 10^{-15}$ м

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ТЕСТ № 1	5
1. МЕХАНИКА	
1 ДЕНЬ	25
1.1. Кинематика	
1.1.1. Механическое движение и его виды	
1.1.2. Относительность механического движения	
2 ДЕНЬ	27
1.1.3. Скорость	
1.1.4. Равномерное движение	
3 ДЕНЬ	29
1.1.5. Ускорение	
1.1.6. Прямолинейное равноускоренное движение	
4 ДЕНЬ	31
1.1.7. Свободное падение (ускорение свободного падения)	
5 ДЕНЬ	33
1.1.8. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центробежное ускорение	
6 ДЕНЬ	35
1.2. Динамика	
1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона	
1.2.2. Принцип относительности Галилея	
1.2.3. Масса тела	
1.2.4. Плотность вещества	
7 ДЕНЬ	37
1.2.5. Сила	
1.2.6. Принцип суперпозиции сил	
1.2.7. Второй закон Ньютона	
8 ДЕНЬ	39
1.2.7. Второй закон Ньютона	
1.2.8. Третий закон Ньютона	
9 ДЕНЬ	41
1.2.9. Закон всемирного тяготения. Искусственные спутники Земли	
1.2.10. Сила тяжести	
10 ДЕНЬ	43
1.2.11. Вес и невесомость	

11 ДЕНЬ	45
1.2.12. Сила упругости. Закон Гука	
12 ДЕНЬ	47
1.2.13. Сила трения	
13 ДЕНЬ	49
1.2.14. Давление	
14 ДЕНЬ	51
1.2.15. Движение под действием нескольких сил	
15 ДЕНЬ	53
1.3. Статика	
1.3.1. Момент силы	
1.3.2. Условия равновесия твердого тела	
16 ДЕНЬ	55
1.3.3. Давление жидкости	
1.3.4. Закон Паскаля	
17 ДЕНЬ	57
1.3.5. Закон Архимеда	
1.3.6. Условия плавания тел	
18 ДЕНЬ	59
1.4. Законы сохранения в механике	
1.4.1. Импульс тела	
1.4.2. Импульс системы тел	
1.4.3. Закон сохранения импульса	
19 ДЕНЬ	61
1.4.4. Работа силы	
20 ДЕНЬ	63
1.4.5. Мощность	
21 ДЕНЬ	65
1.4.6. Работа как мера изменения энергии	
1.4.7. Кинетическая энергия	
22 ДЕНЬ	67
1.4.8. Потенциальная энергия	
23 ДЕНЬ	69
1.4.9. Закон сохранения механической энергии	
24 ДЕНЬ	71
1.5. Механические колебания и волны	
1.5.1. Гармонические колебания	
1.5.2. Амплитуда и фаза колебания	
1.5.3. Период колебаний	
25 ДЕНЬ	73
1.5.4. Частота колебаний	

26 ДЕНЬ	75
1.5.5. Свободные колебания (математический и пружинный маятники)	
27 ДЕНЬ	77
1.5.6. Вынужденные колебания	
28 ДЕНЬ	79
1.5.7. Резонанс	
29 ДЕНЬ	81
1.5.8. Длина волны	
30 ДЕНЬ	83
1.5.9. Звук	
 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА	
31 ДЕНЬ	85
2.1. Молекулярная физика	
2.1.1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел	
2.2.2. Тепловое движение атомов и молекул вещества	
2.2.3. Броуновское движение	
2.2.5. Диффузия	
32 ДЕНЬ	87
2.1.5. Экспериментальные доказательства атомистической теории. Взаимодействие частиц вещества	
33 ДЕНЬ	89
2.1.6. Модель идеального газа	
2.1.7. Связь между давлением и средней кинетической энергией теплового движения молекул идеального газа	
34 ДЕНЬ	91
2.1.8. Абсолютная температура	
2.1.9. Связь температуры газа со средней кинетической энергией его частиц	
35 ДЕНЬ	93
2.1.10. Уравнение $p = nkT$	
36 ДЕНЬ	95
2.1.11. Уравнение Менделеева – Клапейрона	
37 ДЕНЬ	97
2.1.12. Изопрцессы: изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный процессы	

38 ДЕНЬ	99
2.1.13. Насыщенные и ненасыщенные пары	
2.1.14. Влажность воздуха	
39 ДЕНЬ	101
2.1.15. Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости	
40 ДЕНЬ	103
2.1.16. Изменение агрегатных состояний веществ: плавление и кристаллизация	
2.1.17. Изменение энергии в фазовых переходах	
41 ДЕНЬ	105
2.2. Термодинамика	
2.2.1. Внутренняя энергия	
42 ДЕНЬ	107
2.2.2. Тепловое равновесие	
2.2.3. Теплопередача	
2.2.4. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества	
43 ДЕНЬ	109
2.2.5. Работа в термодинамике	
44 ДЕНЬ	111
2.2.6. Уравнение теплового баланса	
45 ДЕНЬ	113
2.2.7. Первый закон термодинамики	
46 ДЕНЬ	115
2.2.8. Второй закон термодинамики	
47 ДЕНЬ	117
2.2.9. КПД тепловой машины	
48 ДЕНЬ	119
2.2.9. КПД тепловой машины	
2.2.10. Принципы действия тепловых машин	
 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	
49 ДЕНЬ	121
3.1. Электрическое поле	
3.1.1. Электризация тел	
3.2.2. Взаимодействие зарядов. Два вида заряда	
3.2.3. Закон сохранения электрического заряда	
50 ДЕНЬ	123
3.1.4. Закон Кулона	

51 ДЕНЬ	125
3.1.5. Действие электрического поля на электрические заряды	
3.1.6. Напряженность электрического поля	
52 ДЕНЬ	127
3.1.7. Принцип суперпозиции электрических полей	
53 ДЕНЬ	129
3.1.8. Потенциальность электрического поля	
54 ДЕНЬ	131
3.1.9. Потенциал электрического поля. Разность потенциалов	
55 ДЕНЬ	133
3.1.10. Проводники в электрическом поле	
3.1.11. Диэлектрики в электрическом поле	
56 ДЕНЬ	135
3.1.12. Электрическая емкость. Конденсатор	
57 ДЕНЬ	137
3.1.13. Энергия электрического поля конденсатора	
58 ДЕНЬ	139
3.2. Законы постоянного тока	
3.2.1. Постоянный электрический ток. Сила тока	
59 ДЕНЬ	141
3.2.2. Постоянный электрический ток. Напряжение	
3.2.3. Закон Ома для участка цепи	
3.2.4. Электрическое сопротивление. Удельное сопротивление вещества	
60 ДЕНЬ	143
3.2.3. Закон Ома для участка цепи	
3.2.4. Электрическое сопротивление . Удельное сопротивление вещества	
61 ДЕНЬ	145
3.2.5. Электродвижущая сила. Внутреннее сопротивление источника тока	
62 ДЕНЬ	147
3.2.6. Закон Ома для полной электрической цепи	
63 ДЕНЬ	149
3.2.7. Параллельное и последовательное соединения проводников	
3.2.8. Смешанное соединение проводников	

64 ДЕНЬ	151
3.2.9. Работа электрического тока. Закон Джоуля – Ленца	
65 ДЕНЬ	153
3.2.10. Мощность электрического тока	
66 ДЕНЬ	155
3.2.11. Носители свободных электрических зарядов в металлах, жидкостях и газах	
3.2.12. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников	
67 ДЕНЬ	157
3.3. Магнитное поле	
3.3.1. Взаимодействие магнитов	
3.3.2. Магнитное поле проводника с током	
68 ДЕНЬ	159
3.3.3. Сила Ампера	
69 ДЕНЬ	161
3.3.4. Сила Лоренца	
70 ДЕНЬ	163
3.4. Электромагнитная индукция	
3.4.1. Явление электромагнитной индукции	
3.4.2. Магнитный поток	
71 ДЕНЬ	165
3.4.3. Закон электромагнитной индукции Фарадея	
3.4.4. Правило Ленца	
72 ДЕНЬ	167
3.4.5. Самоиндукция	
73 ДЕНЬ	169
3.4.6. Индуктивность	
74 ДЕНЬ	171
3.4.7. Энергия магнитного поля	
75 ДЕНЬ	173
3.5. Электромагнитные колебания и волны	
3.5.1. Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур	
76 ДЕНЬ	175
3.5.2. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс	
77 ДЕНЬ	177
3.5.3. Гармонические электромагнитные колебания	
78 ДЕНЬ	179
3.5.4. Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии	
3.5.5. Электромагнитное поле	

79 ДЕНЬ	181
3.5.6. Свойства электромагнитных волн	
3.5.7. Различные виды электромагнитных излучений и их применение	
80 ДЕНЬ	183
3.6. Оптика	
3.6.1. Прямолинейное распространение света	
3.6.2. Закон отражения света	
81 ДЕНЬ	185
3.6.3. Построение изображений в плоском зеркале	
82 ДЕНЬ	187
3.6.4. Закон преломления света	
3.6.5. Полное внутреннее отражение	
83 ДЕНЬ	189
3.6.6. Линзы. Оптическая сила линзы	
84 ДЕНЬ	191
3.6.7. Формула тонкой линзы	
85 ДЕНЬ	193
3.6.8. Построение изображений в линзах	
3.6.9. Оптические приборы. Глаз как оптическая система	
86 ДЕНЬ	195
3.6.10. Интерференция света	
87 ДЕНЬ	197
3.6.11. Дифракция света	
3.6.12. Дифракционная решетка	
88 ДЕНЬ	199
3.6.13. Дисперсия света	
 4. ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	
89 ДЕНЬ	201
4.1. Инвариантность скорости света. Принцип относительности Эйнштейна	
90 ДЕНЬ	203
4. Основы специальной теории относительности	
4.2. Полная энергия	
4.3. Связь массы и энергии. Энергия покоя	
 5. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	
91 ДЕНЬ	205
5.1. Корпускулярно-волновой дуализм	

5.1.1. Гипотеза М. Планка о квантах	
5.1.2. Фотоэффект	
5.1.3. Опыты А. Г. Столетова	
92 ДЕНЬ	207
5.1.4. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	
93 ДЕНЬ	209
5.1.5. Фотоны	
5.1.6. Энергия фотона	
5.1.7. Импульс фотона	
94 ДЕНЬ	211
5.1.8. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Корпускулярно-волновой дуализм	
5.1.9. Дифракция электронов	
95 ДЕНЬ	213
5.2. Физика атома	
5.2.1. Планетарная модель атома	
5.2.2. Постулаты Бора	
5.2.3. Линейные спектры	
5.2.4. Лазер	
96 ДЕНЬ	215
5.3. Физика атомного ядра	
5.3.1. Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение	
97 ДЕНЬ	217
5.3.2. Закон радиоактивного распада	
98 ДЕНЬ	219
5.3.3. Нуклоновая модель ядра. Заряд ядра. Массовое число ядра	
99 ДЕНЬ	221
5.3.4. Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы	
100 ДЕНЬ	223
5.3.5. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер	
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ТЕСТ № 2	225
ПРИЛОЖЕНИЕ	243
Таблица 1. Основные единицы Международной системы (СИ)	
Таблица 2. Производные единицы СИ	
Таблица 3. Внесистемные единицы, допускаемые к применению в специальных областях	
Таблица 4. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц	
Таблица 5. Основные физические постоянные	

Издание для дополнительного образования

Для старшего школьного возраста

100 ДНЕЙ ДО ЕГЭ

Немченко Константин Эдуардович
Бальва Ольга Павловна

ЕГЭ
Физика
Экспресс-подготовка

Ответственный редактор *А. Жилинская*
Ведущий редактор *Т. Судакова*
Художественный редактор *Е. Брынчик*

ООО «Издательство «Эксмо»
127299, Москва, ул. Клары Цеткин, д. 18/5. Тел. 411-68-86, 956-39-21.
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Өндіруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 127299, Мәскеу, Клара Цеткин көшесі, 18/5 үй.
Тел. 8 (495) 411-68-86, 8 (495) 956-39-21.

Home page: www.eksmo.ru . E-mail: info@eksmo.ru.
Қазақстан Республикасындағы Өкілдігі: «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қаласы,
Домбровский көшесі, 3«а», Б литері, 1 кеңсе. Тел.: 8(727) 2 51 59 89,90,91,92,
факс: 8 (727) 251 58 12 ішкі 107; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Қазақстан Республикасының аумағында өнімдер бойынша шағымды Қазақстан
Республикасындағы Өкілдігі қабылдайды: «РДЦ-Алматы» ЖШС,
Алматы қаласы, Домбровский көшесі, 3«а», Б литері, 1 кеңсе.
Өнімдердің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Оптовая торговля книгами «Эксмо»:
ООО «ТД «Эксмо», 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное,
Белокаменное ш., д. 1, многоканальный тел. 411-50-74.
E-mail: reception@eksmo-sale.ru

**По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми
покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»**
E-mail: international@eksmo-sale.ru

International Sales: International wholesale customers should contact
Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.
international@eksmo-sale.ru

**По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном
оформлении, обращаться по тел. 411-68-59, доб. 2299, 2205, 2239, 1251.**
E-mail: vipzakaz@eksmo.ru

**Оптовая торговля бумажно-беловыми и канцелярскими товарами для школы
и офиса «Канц-Эксмо»:** Компания «Канц-Эксмо»: 142700, Московская обл., Ленин-
ский р-н, г. Видное-2, Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс +7 (495) 745-28-87
(многоканальный), e-mail: kanc@eksmo-sale.ru, сайт: www.kanc-eksmo.ru

Полный ассортимент книг издательства «Эксмо» для оптовых покупателей:

В Санкт-Петербурге: ООО СЗКО, пр-т Обуховской Обороны, д. 84Е.
Тел. (812) 365-46-03/04. **В Нижнем Новгороде:** Филиал ООО «Торговый Дом «Эксмо»
в Нижнем Новгороде, ул. Маршала Воронова, д. 3. Тел. (8312) 72-36-70.

В Ростове-на-Дону: Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Ростове-на-Дону,
пр-т Стачки, 243 «А». Тел. +7 (863) 305-09-12/13/14. **В Самаре:** ООО «РДЦ-Самара»,
пр-т Кирова, д. 75/1, литера «Е». Тел. (846) 269-36-70. **В Екатеринбурге:**
ООО «РДЦ-Екатеринбург», ул. Прибалтийская, д. 24а.

Тел. +7 (343) 272-72-01/02/03/04/05/06/07/08. **В Новосибирске:**

ООО «РДЦ-Новосибирск», Комбинатский пер., д. 3. Тел. +7 (383) 289-91-42.

E-mail: eksmo-nsk@yandex.ru. **В Киеве:** ООО «РДЦ Эксмо-Украина»,
Московский пр-т, д. 6. Тел./факс: (044) 498-15-70/71. **В Донецке:** ул. Артема, д. 160.
Тел. +38 (062) 381-81-05. **В Харькове:** ул. Гвардейцев Железнодорожников, д. 8.
Тел. +38 (057) 724-11-56. **Во Львове:** ул. Бузкова, д. 2. Тел. +38 (032) 245-01-71.

Интернет-магазин: www.knigka.ua. Тел. +38 (044) 228-78-24. В Казахстане:
ТОО «РДЦ-Алматы», ул. Домбровского, д. 3а. Тел./факс (727) 251-59-90/91.
RDC-Almaty@eksmo.kz

Интернет-магазин ООО «Издательство «Эксмо»
www.fiction.eksmo.ru

Розничная продажа книг с доставкой по всему миру.
Тел.: +7 (495) 745-89-14. E-mail: imarket@eksmo-sale.ru

Подписано в печать 14.11.2012. Формат 84x108^{1/16}.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 26,88.

Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-699-61001-3



9 785699 610013 >



ЭКСПРЕСС-ПОДГОТОВКА

ФИЗИКА

Выпускникам школ, абитуриентам и педагогам для повышения качества подготовки к ЕГЭ издательство «Эксмо» предлагает учебно-методические комплекты по подготовке к единому государственному экзамену по всем предметам: русскому языку, литературе, математике, истории, обществознанию, биологии, географии, химии, физике, информатике и по иностранным языкам.

В каждый предметный комплект входят:

- Сборник заданий
- Сдаем без проблем!
- Тематические тренировочные задания
- Тренировочные задания
- Универсальный справочник
- 100 дней до ЕГЭ

Содержание настоящего издания:

**ЕДИНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКЗАМЕН**

Тестовые задания в форме ЕГЭ
Ответы и комментарии к заданиям
Краткая справочная информация

100 дней до

ЕГЭ

ISBN 978-5-699-61001-3



9 785699 610013 >

