

## Решения

### Задание 1 № 586 тип 1

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым эти величины определяются.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) работа тока	1) $\frac{q}{t}$
Б) сила тока	2) $q \cdot U$
В) мощность тока	3) $\frac{R \cdot S}{L}$
	4) $U \cdot I$
	5) $\frac{U}{I}$

А	Б	В

#### Решение.

Сопоставим физическим величинам формулы.

А) Работа тока вычисляется по формуле 2.

Б) Сила тока вычисляется по формуле 1.

В) Мощность тока вычисляется по формуле 4.

Ответ: 214.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 214

### Задание 2 № 218 тип 2

Имеется две абсолютно упругие пружины. К первой пружине приложена сила 4 Н, а ко второй — 2 Н. При этом удлинения пружин оказались равными. Сравните жёсткость  $k_1$  первой пружины с жёсткостью  $k_2$  второй пружины.

- 1)  $k_1 = k_2$
- 2)  $k_1 = 2k_2$
- 3)  $2k_1 = k_2$
- 4)  $k_1 = \frac{1}{4}k_2$

#### Решение.

Растяжение упругой пружины подчиняется закону Гука:

$$F = k\Delta x,$$

где  $F$  — приложенная сила,  $k$  — жесткость пружины,  $\Delta x$  — величина растяжения.

Выразим жёсткость пружины:

$$k = \frac{F}{\Delta x}.$$

Поскольку удлинения пружин равны,  $k_1 = 2k_2$ .

Правильный ответ указан под номером 2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

### Задание 3 № 1310 тип 3

Два сплошных шара одинакового объёма, алюминиевый (1) и медный (2), падают с одинаковой высоты из состояния покоя. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Сравните кинетические энергии  $E_1$  и  $E_2$  и скорости шаров  $v_1$  и  $v_2$  непосредственно перед ударом о землю.

- 1)  $E_1 = E_2$ ;  $v_1 = v_2$
- 2)  $E_1 = E_2$ ;  $v_1 < v_2$
- 3)  $E_1 < E_2$ ;  $v_1 = v_2$
- 4)  $E_1 < E_2$ ;  $v_1 < v_2$

#### Решение.

Плотность меди больше плотности алюминия, поэтому при одинаковом объёме шаров медный шар имеет бóльшую массу. При падении в поле силы тяжести без учёта сопротивления ускорение тела не зависит от его массы, шары падают с одинаковой высоты, поэтому их скорость непосредственно перед падением на землю одинакова. Кинетическая энергия тела  $E_k = \frac{mv^2}{2}$ , следовательно, при одинаковой скорости, бóльшую кинетическую энергию будет иметь шар бóльшей массы, в данном случае медный шар.

Правильный ответ указан под номером 3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3

### Задание 4 № 598 тип 4

Радиус движения тела по окружности уменьшили в 2 раза, его линейную скорость тоже уменьшили в 2 раза. Как изменилось центростремительное ускорение тела?

- 1) увеличилось в 2 раза
- 2) увеличилось в 4 раза
- 3) уменьшилось в 2 раза
- 4) не изменилась

#### Решение.

Ускорение при движении тела по окружности прямо пропорционально квадрату скорости и обратно пропорционально радиусу окружности. Следовательно, если радиус движения тела по окружности уменьшили в 2 раза, его линейную скорость тоже уменьшили в 2 раза, ускорение уменьшилось в 2 раза.

Правильный ответ указан под номером 3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3

### Задание 5 № 1141 тип 5

В бассейне с водой плавает лодка, в которой лежит тяжёлый камень. Камень выбрасывают в воду, и он тонет. Как изменяется в результате этого уровень воды в бассейне?

- 1) понижается
- 2) повышается
- 3) не изменяется
- 4) однозначно ответить нельзя, так как ответ зависит от размеров камня

#### Решение.

При погружении лодки с камнем в воду, получается, что она занимает некоторый объём, который могла бы занимать вода, уровень воды в бассейне повышается прямо пропорционально этому объёму. При выбрасывании камня из лодки, лодка слегка всплывает, то есть уменьшается объём на который она погружена, но при этом камень, теперь находящийся в воде будет вытеснять из бассейна дополнительный объём воды. Нужно сравнить, какие из этих объёмов больше. Пусть  $m$  — масса камня,  $M$  — масса лодки,  $\rho_{\text{в}}$ ,  $\rho_{\text{к}}$  — соответственно плотности воды и камня. Найдём объём воды, вытесненный в первом и втором случаях:

$$\rho_{\text{в}} g V_1 = (m + M)g \Leftrightarrow V_1 = \frac{m + M}{\rho_{\text{в}}} = \frac{M}{\rho_{\text{в}}} + \frac{m}{\rho_{\text{в}}},$$

$$V_2 = V_2' + V_2'' = \frac{M}{\rho_{\text{в}}} + \frac{m}{\rho_{\text{к}}}.$$

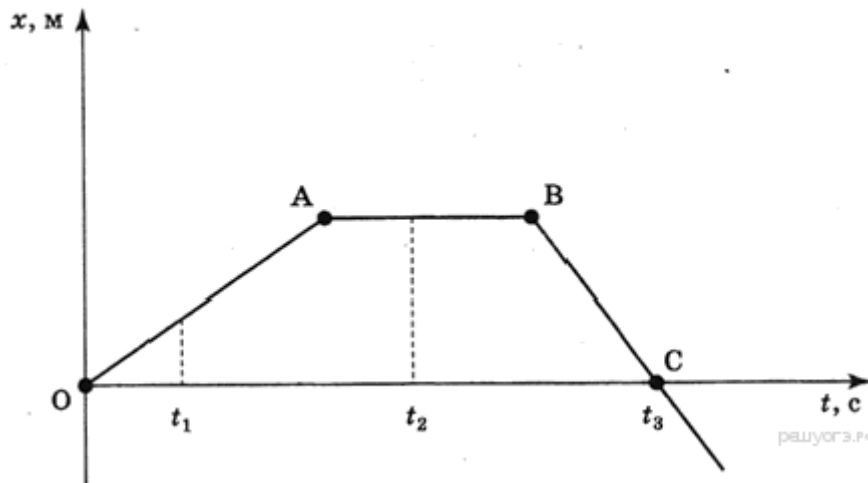
Плотность камня больше плотности воды, поэтому второе слагаемое во втором уравнении меньше второго слагаемого в первом. Следовательно, объём  $V_2$  меньше объёма  $V_1$ . То есть при выбрасывании камня из лодки уровень воды в бассейне понижается.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

### Задание 6 № 561 тип 6

На рисунке представлен график зависимости координаты от времени для тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ .



Используя данные графика, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) Участок BC соответствует равноускоренному движению тела.
- 2) В момент времени  $t_3$  скорость тела равна нулю.
- 3) В промежуток времени от  $t_1$  до  $t_2$  тело изменило направление движения на противоположное.
- 4) В момент времени  $t_2$  скорость тела равна нулю.
- 5) Путь, соответствующий участку OA, равен пути, соответствующему участку BC.

#### Решение.

Проанализируем утверждения.

- 1) Участок BC соответствует равномерному движению тела. Утверждение неверно.
- 2) Утверждение противоречит анализу утверждения 1.
- 3) Утверждение неверно, поскольку на участке OA тело двигалось равномерно, а на участке AB — покоилось.
- 4) Утверждение верно, что следует из анализа утверждения 3.
- 5) Утверждение верно, поскольку координата точки A и B по оси ординат совпадают.

Ответ: 45.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 45

### Задание 7 № 222 тип 7

Бутылка с водой массой  $m$  стоит на полу лифта. Что произойдёт с давлением воды на дно бутылки при движении лифта с ускорением  $a$  вверх из состояния покоя?

- 1) не изменится
- 2) увеличится
- 3) уменьшится
- 4) уменьшится, если  $a < g$ ; увеличится, если  $a > g$

#### Решение.

Давление определяется как отношение силы, действующей на поверхность к площади поверхности. При движении лифта сила, действующая на дно бутылки изменится на  $ma$ . Поскольку лифт начинает движение из состояния покоя, ускорение может быть только положительным. Следовательно, давление может только увеличиться.

Правильный ответ указан под номером 2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

### Задание 8 № 1406 тип 8

Ведущий телепрограммы, рассказывающий о погоде, сообщил, что в настоящее время относительная влажность воздуха составляет 25%. Это означает, что

- 1) Концентрация водяных паров, содержащихся в воздухе, в 4 раза меньше максимально возможной при данной температуре.
- 2) Концентрация водяных паров, содержащихся в воздухе, в 4 раза больше максимально возможной при данной температуре.
- 3) 25% объёма воздуха занимает водяной пар.
- 4) Число молекул воды в 3 раза меньше числа молекул других газов, содержащихся в воздухе.

#### Решение.

Относительная влажность воздуха — это отношение массы водяного пара в некотором объёме воздуха к массе насыщенного водяного пара в этом же объёме при той же температуре. Эквивалентное определение — отношение парциального давления водяного пара к парциальному давлению насыщенного водяного пара при той же температуре. Концентрация насыщенного пара — это максимальная концентрация пара в воздухе при данной температуре.

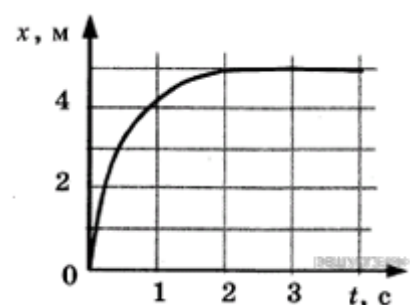
Правильный ответ указан под номером 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

### Задание 9 № 2595 тип 9

Шарик катится по желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. Выберите два утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

- 1) Проекция скорости шарика постоянно увеличивалась и оставалась отрицательной на всем пути.
- 2) Первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной.
- 3) Первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился.



- 4) На шарик действовала все увеличивающаяся сила.  
 5) Первые 2 с проекция ускорения шарика не изменялась, а затем стала равной нулю.

**Решение.**

Проверим справедливость предложенных утверждений.

Скорость — тангенс угла наклона графика зависимости координаты от времени. Из графика видно, что тангенс угла наклона графика в первые две секунды положителен, а затем равен нулю, то есть скорость шарика постоянно уменьшалась и была неотрицательной на протяжении всего пути. Первые две секунды шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем остановился. Первые две секунды шарик двигался с ускорением, направленным в сторону, противоположную оси  $x$ , а после ускорение шарика стало равным нулю. Значит, первые две секунды на шарик действовала сила, затем величина этой силы стала равной нулю.

Таким образом, верными являются утверждения под номерами 3 и 5.

Ответ: 35.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 35

**Задание 10 № 846 тип 10**

Двигатель трактора совершил полезную работу 23 МДж, израсходовав при этом 2 кг бензина. Найдите КПД двигателя трактора (удельную теплоту сгорания бензина принять равной 46 МДж/кг).

- 1) 10%  
 2) 25%  
 3) 50%  
 4) 100%

**Решение.**

КПД есть отношение полезной работы  $A_1$  к полной совершённой работе  $A_2$ . Полной работой является энергия, которая выделилась при сжигании 2 кг бензина. Тогда КПД равен:

$$\eta = \frac{A_1}{A_2} = \frac{A_1}{mq},$$

где  $m$  — масса бензина,  $q$  — удельная теплота сгорания бензина.

Используя табличные данные и условия задачи, находим:

$$\eta = \frac{23 \cdot 10^6}{2 \cdot 4,6 \cdot 10^7} = 0,25.$$

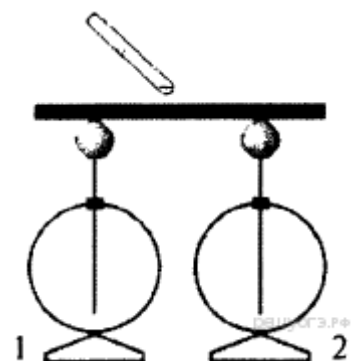
Правильный ответ указан под номером 2.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 2

**Задание 11 № 253 тип 11**

К середине массивного проводника, соединяющего два незаряженных электрметра, поднесли отрицательно заряженную палочку. Как распределится заряд на электрметрах?

- 1) на электрметре 1 будет избыточный положительный заряд, на электрметре 2 — избыточный отрицательный заряд  
 2) на электрметре 1 будет избыточный отрицательный заряд, на электрметре 2 — избыточный положительный заряд  
 3) оба электрметра будут заряжены положительно, а массивный проводник отрицательно  
 4) оба электрметра будут заряжены отрицательно, а массивный проводник положительно



**Решение.**

Поскольку заряд поднесённой палочки отрицательный, в массивном проводнике возникнет индуцированный положительный заряд. Таким образом, электрометры будут заряжены отрицательно.

Правильный ответ указан под номером 4.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4

**Задание 12 № 686 тип 12**

По проводнику течет ток 8 А. Какой электрический заряд проходит через поперечное сечение проводника за 40 с?

- 1) 5 Кл
- 2) 5 кКл
- 3) 320 Кл
- 4) 3,2 кКл

**Решение.**

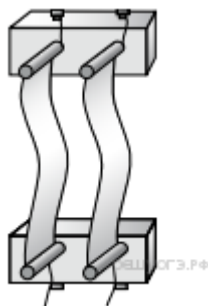
Сила тока есть заряд, проходящий через поперечное сечение проводника за единицу времени, поэтому в условиях задачи пройдет заряд, равный  $8 \text{ А} \cdot 40 \text{ с} = 320 \text{ Кл}$ .

Правильный ответ указан под номером 3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3

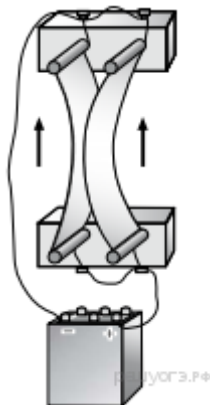
**Задание 13 № 913 тип 13**

Два параллельно расположенных проводника подключили параллельно к источнику тока.

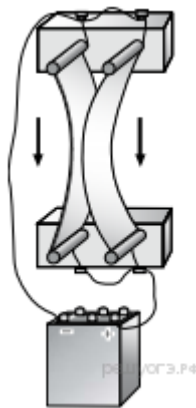


Направление электрического тока и взаимодействие проводников верно изображены на рисунке

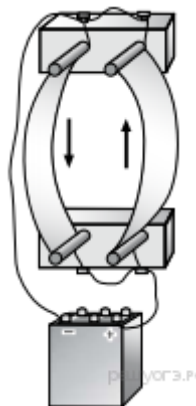
1)



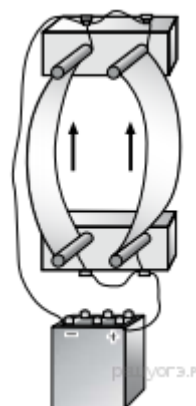
2)



3)



4)

**Решение.**

Поскольку проводники подключены параллельно, направление тока в них совпадает. Электрический ток направлен от «плюса» к «минусу». Проводники, токи в которых сонаправлены, притягиваются.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

**Задание 14 № 40 тип 14**

На рисунке приведена шкала электромагнитных волн. Определите, к какому виду излучения относятся области 1, 2 и 3.



- 1) 1 — рентгеновское излучение; 2 — гамма-излучение; 3 — радиоизлучение
- 2) 1 — радиоизлучение; 2 — гамма-излучение; 3 — рентгеновское излучение
- 3) 1 — гамма-излучение; 2 — рентгеновское излучение; 3 — радиоизлучение
- 4) 1 — радиоизлучение; 2 — рентгеновское излучение; 3 — гамма-излучение

**Решение.**

Поскольку частоты излучения в области 1 меньше частот, соответствующих инфракрасному излучению, то область 1 относится к радиоизлучению. Частоты излучения области 2 соответствует рентгеновскому излучению, а частоты излучения области 3 больше, чем соответствующие рентгеновскому излучению, следовательно излучение области 3 относится к области гамма-излучения.

Правильный ответ указан под номером 4.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4

**Задание 15 № 2628 тип 15**

В таблице приведены некоторые справочные данные для ряда веществ.

Вещество	Плотность в твёрдом состоянии, г/см <sup>3</sup>	Удельное электрическое сопротивление (при 20°C), Ом · мм <sup>2</sup> /м
Железо	7,8	0,1
Константан (сплав)	8,8	0,5
Латунь	8,4	0,07
Никелин (сплав)	8,8	0,4
Нихром (сплав)	8,4	1,1
Серебро	10,5	0,016

Используя данные таблицы, выберите из предложенного перечня два верных утверждения. Укажите их номера.

- 1) При равных размерах самым лёгким окажется проводник из серебра.
- 2) При равных размерах самое маленькое электрическое сопротивление будет иметь проводник из серебра.
- 3) Проводники из латуни и нихрома одинакового размера имеют одинаковую массу, но разные электрические сопротивления.
- 4) Чтобы при равной длине проводник из железа имел одинаковое электрическое сопротивление с проводником из никелина, он должен иметь в 4 раза большую площадь поперечного сечения.
- 5) При равной площади поперечного сечения проводник из константана длиной 5 м будет иметь такое же электрическое сопротивление, что и проводник из никелина длиной 4 м.

**Решение.**

Разберём каждое из утверждений.



1) При равных размерах самым лёгким окажется проводник из серебра. Формула для массы:  $m = \rho V$ . Следовательно, при одинаковых размерах, наибольшую массу будет иметь тот проводник, который обладает наибольшей плотностью. Это проводник из серебра. Следовательно, утверждение неверно.

2) При равных размерах самое маленькое электрическое сопротивление будет иметь проводник из серебра. Формула для электрического сопротивления следующая:  $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$ , где  $\rho$  — удельное электрическое сопротивление. Следовательно, наименьшим электрическим сопротивлением будет обладать тот проводник, у которого наименьшее удельное электрическое сопротивление. Наименьшее удельное сопротивление у серебра. Следовательно, утверждение верно.

3) Проводники из латуни и никрома одинакового размера имеют одинаковую массу, но разные электрические сопротивления. По формуле, данной в пункте 1) получаем, что проводники из латуни и никрома будут иметь одинаковую массу, так как у них одинаковые размеры и плотности. Так как они обладают различным удельным сопротивлением, электрические сопротивления будут разными. Следовательно, утверждение верно.

4) Чтобы при равной длине проводник из железа имел одинаковое электрическое сопротивление с проводником из никелина, он должен иметь в 4 раза большую площадь поперечного сечения. Формула для электрического сопротивления дана в пункте 2). Таким образом, при равной длине проводник из железа должен иметь площадь поперечного сечения в 4 раза меньше. Утверждение неверно.

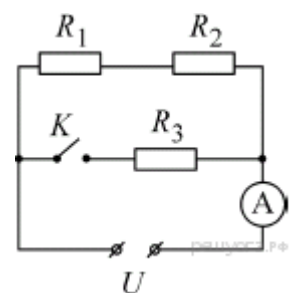
5) При равной площади поперечного сечения проводник из константана длиной 5 м будет иметь такое же электрическое сопротивление, что и проводник из никелина длиной 4 м. Формула из пункта 2) показывает, что произведение длины и удельного сопротивления должны быть равны. Подставляя значения, получаем, что утверждение неверно.

Ответ: 23.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 23

### Задание 16 № 1204 тип 16

На рисунке показана электрическая схема, состоящая из источника постоянного напряжения  $U$ , трёх резисторов, имеющих сопротивления  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 2$  Ом, амперметра и ключа  $K$ . Сначала ключ был разомкнут, амперметр показывал силу тока  $I_1$ . После замыкания ключа сила тока  $I_2$ , текущего через амперметр, стала равна



1)  $I_2 = 0,5I_1$

2)  $I_2 = 1,5I_1$

3)  $I_2 = 2I_1$

4)  $I_2 = 2,5I_1$

### Решение.

Амперметр показывает силу тока, протекающего в проводнике. Сила тока равна отношению напряжения к общему сопротивлению цепи  $I = \frac{U}{R}$ . Сопротивление цепи в первом случае  $R' = R_1 + R_2 = 1 + 2 = 3$  Ом. Цепь во втором случае состоит из параллельно соединённых участков сопротивлений  $R'$  и  $R_3$ . Сопротивление цепи во втором случае  $R'' = \frac{R' \cdot R_3}{R' + R_3} = \frac{3 \cdot 2}{3 + 2} = \frac{6}{5}$  Ом. Найдём отношение силы тока после замыкания ключа к силе тока до замыкания ключа:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{U}{R''} \cdot \frac{R'}{U} = \frac{R'}{R''} = \frac{3 \cdot 5}{6} = 2,5.$$

Таким образом  $I_2 = 2,5I_1$ .

Правильный ответ указан под номером 4.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4

**Задание 17 № 3319 тип 17**

Произошла следующая ядерная реакция:  ${}^7_4\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow \text{X} + {}^8_8\text{O}$ . Какая частица X выделилась в результате реакции?

- 1)  $\alpha$ -частица
- 2)  $\beta$ -частица
- 3) нейтрон
- 4) протон

**Решение.**

В ядерных реакциях массовое и зарядовое числа сохраняются, поэтому в реакции частица X имеет заряд  $+e$  и массу 1 а.е.м. Такая частица — протон.

Ответ: 4.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4

**Задание 18 № 1632 тип 18**

На границе воздух – стекло световой луч частично отражается, частично преломляется (см. рисунок).



Угол отражения равен примерно

- 1)  $80^\circ$
- 2)  $70^\circ$
- 3)  $30^\circ$
- 4)  $20^\circ$

**Решение.**

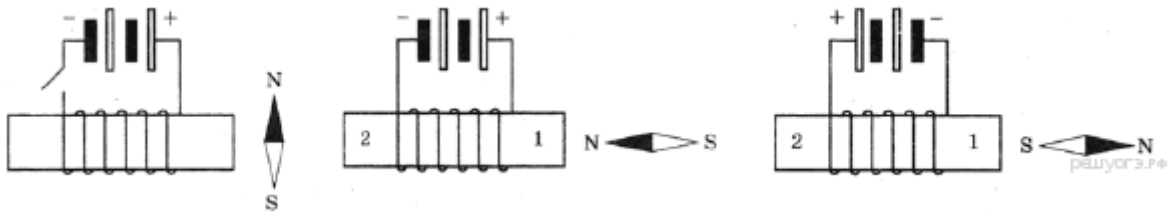
Угол отражения - это угол между отраженным лучом и перпендикуляром к поверхности. Из рисунка видно, что этот угол равен  $30^\circ$

Правильный ответ указан под номером 3.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3

**Задание 19 № 670 тип 19**

Изучая магнитные свойства электромагнита, ученик собрал электрическую схему, содержащую катушку, намотанную на железный сердечник, и установил рядом с катушкой магнитную стрелку (см. рис. 1). При пропускании через катушку электрического тока магнитная стрелка поворачивается (рис. 2 и 3).



Какие утверждения соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений? Из предложенного перечня утверждений выберите два правильных. Укажите их номера.

- 1) Катушка при прохождении через неё электрического тока приобретает свойства магнита.
- 2) Магнитные свойства катушки зависят от количества её витков.
- 3) При увеличении электрического тока, протекающего через катушку, магнитное действие катушки усиливается.
- 4) При изменении направления электрического тока, протекающего через катушку, намагниченность железного сердечника, расположенного внутри катушки, менялась на противоположную.
- 5) Левому торцу железного сердечника (торцу № 2) на рис. 2 соответствует южный полюс электромагнита.

### Решение.

Проанализируем утверждения.

- 1) Катушка при прохождении через неё электрического тока приобретает свойства магнита. Утверждение верно.
- 2) Количество витков не менялось в ходе эксперимента, поэтому утверждение 2) не следует из эксперимента, оно неверно.
- 3) В ходе эксперимента не менялся источник тока, поэтому утверждение 3) не следует из эксперимента, оно неверно.
- 4) При изменении направления электрического тока, протекающего через катушку, намагниченность железного сердечника, расположенного внутри катушки, менялась на противоположную, т. к. магнитная стрелка разворачивалась на  $180^\circ$ . Утверждение верно.
- 5) Т. к. северный полюс магнитной стрелки должен притягиваться к южному полюсу, левому торцу железного сердечника (торцу № 2) на рис. 2 соответствует северный полюс электромагнита. Утверждение неверно.

Ответ: 14.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 14

### Задание 20 № 827 тип 20

#### Фазовые диаграммы

Вещества вокруг нас чаще всего находятся в одном из трёх основных агрегатных состояний — твёрдом, жидком либо газообразном. При определённых условиях, своих для каждого вещества, возможны переходы вещества из одного агрегатного состояния в другое. Агрегатные состояния вещества часто называют фазами, а переходы между ними — фазовыми переходами. Например, вода при температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении 1 атм. переходит из жидкой фазы в твёрдую (при отводе теплоты) либо из твёрдой фазы в жидкую (при подводе теплоты). При отсутствии теплообмена с окружающими телами две фазы вещества могут существовать одновременно (например, при температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении 1 атм. лёд и вода могут находиться в тепловом равновесии друг с другом). Опыт показывает, что температура, при которой происходит тот или иной фазовый переход, зависит от давления. Например, при понижении давления температура кипения воды понижается, и поэтому высоко в горах вода кипит при температуре, меньшей  $100^\circ\text{C}$ .

Для того чтобы определять, в какой фазе будет находиться вещество при данных условиях, а также находить, как будут происходить взаимные превращения между фазами, используются специальные графики, которые называются фазовыми диаграммами. В качестве примера на рисунке показана фазовая диаграмма для воды.

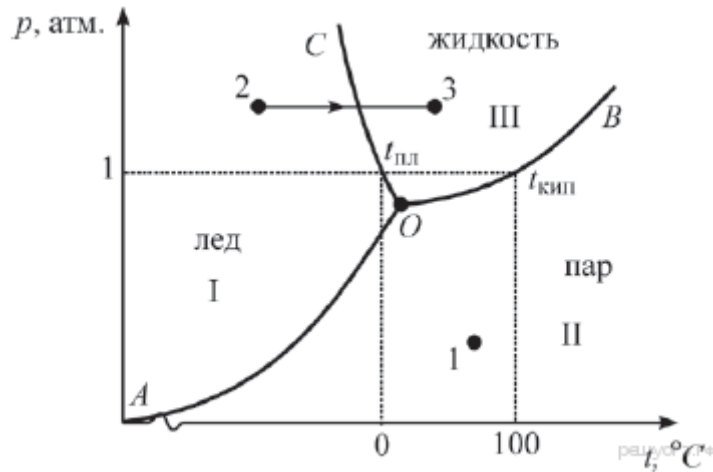


Рисунок. Фазовая диаграмма для воды

Фазовая диаграмма представляет собой график, по горизонтальной оси которого отложена температура  $t$  (в  $^{\circ}\text{C}$ ), а по вертикальной оси — давление  $p$  (в атм.). Линиями на диаграмме показаны все возможные наборы температуры и давления, при которых происходит тот или иной фазовый переход. На нашем рисунке линия  $AO$  соответствует фазовому переходу лёд-пар (и обратно), линия  $BO$  — фазовому переходу пар-жидкость (и обратно), линия  $CO$  — фазовому переходу жидкость-лёд (и обратно). Соответственно, области I на диаграмме соответствует твёрдое состояние воды, области II — газообразное состояние, а области III — жидкое состояние. Для того чтобы определить, в каком состоянии находится вода при данных условиях, нужно выяснить, в какой из этих областей на диаграмме лежит соответствующая точка. Например, при температуре  $+70^{\circ}\text{C}$  и давлении  $0,2$  атм. соответствующая точка 1 лежит на диаграмме в области II, что соответствует газообразному состоянию. Также при помощи фазовой диаграммы можно определять, какой фазовый переход будет совершать вещество при изменении одного из параметров. Например, если при постоянном давлении  $1,3$  атм. увеличивать температуру от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , то вода будет переходить из твёрдого состояния 2 в жидкое состояние 3. Наконец, при помощи фазовой диаграммы можно выяснить, как изменится температура фазового перехода при изменении давления. Например, из диаграммы видно, что при повышении давления температура кипения увеличивается (кривая  $OB$ ).

Из фазовой диаграммы видно, что линии  $AO$ ,  $BO$  и  $CO$  сходятся в одной точке  $O$ . Это означает, что при температуре и давлении, соответствующих точке  $O$ , три фазы воды (твёрдая, жидкая и газообразная) могут одновременно существовать в равновесии друг с другом. Точка  $O$  называется тройной точкой.

Из фазовой диаграммы воды, приведённой на рисунке в тексте, следует, что температура фазового перехода лёд-жидкость (температура плавления  $t_{\text{пл}}$ ) при уменьшении давления

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) сначала уменьшается, а потом увеличивается

#### Решение.

Фазовому переходу лёд-жидкость соответствует кривая  $CO$ . При уменьшении давления температура плавления возрастает.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

#### Задание 21 № 801 тип 21

##### Фазовые диаграммы

Вещества вокруг нас чаще всего находятся в одном из трёх основных агрегатных состояний — твёрдом, жидком либо газообразном. При определённых условиях, своих для каждого вещества, возможны переходы вещества из одного агрегатного состояния в другое. Агрегатные состояния вещества часто называют фазами, а переходы между ними — фазовыми переходами. Например, вода при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  и давлении  $1$  атм. переходит из жидкой фазы в твёрдую (при отводе теплоты) либо из твёрдой фазы в жидкую (при подводе теплоты). При отсутствии теплообмена с окружающими телами две фазы вещества могут существовать одновременно (например, при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  и давлении  $1$  атм. лёд и вода могут находиться в тепловом равновесии друг с другом). Опыт показывает,

что температура, при которой происходит тот или иной фазовый переход, зависит от давления. Например, при понижении давления температура кипения воды понижается, и поэтому высоко в горах вода кипит при температуре, меньшей  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для того чтобы определять, в какой фазе будет находиться вещество при данных условиях, а также находить, как будут происходить взаимные превращения между фазами, используются специальные графики, которые называются фазовыми диаграммами. В качестве примера на рисунке показана фазовая диаграмма для воды.

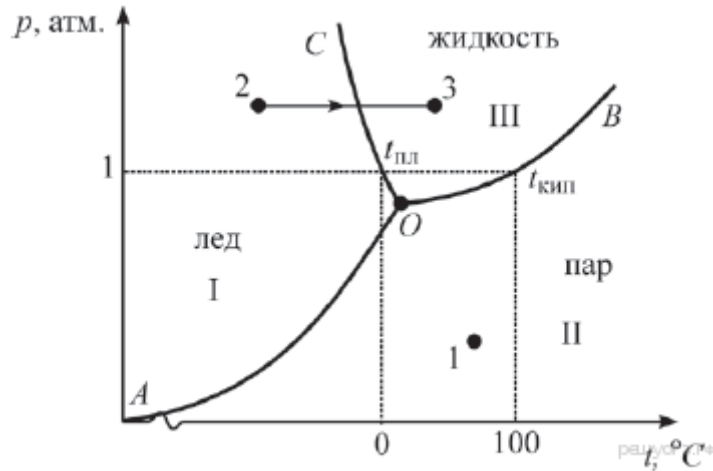
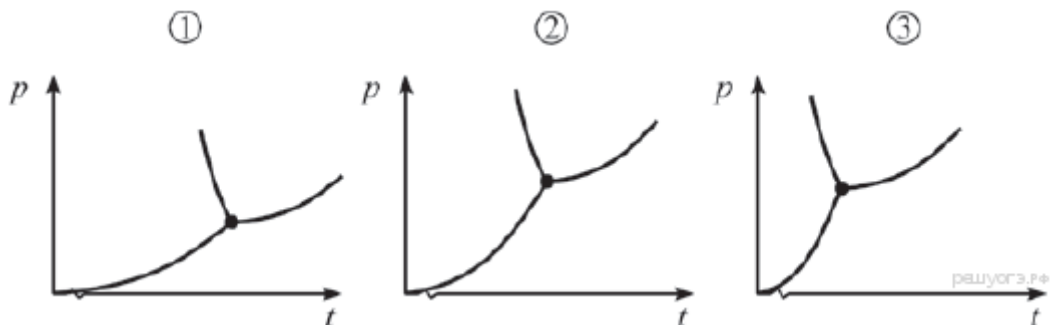


Рисунок. Фазовая диаграмма для воды

Фазовая диаграмма представляет собой график, по горизонтальной оси которого отложена температура  $t$  (в  $^{\circ}\text{C}$ ), а по вертикальной оси — давление  $p$  (в атм.). Линиями на диаграмме показаны все возможные наборы температуры и давления, при которых происходит тот или иной фазовый переход. На нашем рисунке линия  $AO$  соответствует фазовому переходу лёд-пар (и обратно), линия  $BO$  — фазовому переходу пар-жидкость (и обратно), линия  $CO$  — фазовому переходу жидкость-лёд (и обратно). Соответственно, области I на диаграмме соответствует твёрдое состояние воды, области II — газообразное состояние, а области III — жидкое состояние. Для того чтобы определить, в каком состоянии находится вода при данных условиях, нужно выяснить, в какой из этих областей на диаграмме лежит соответствующая точка. Например, при температуре  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении  $0,2\text{ атм.}$  соответствующая точка 1 лежит на диаграмме в области II, что соответствует газообразному состоянию. Также при помощи фазовой диаграммы можно определять, какой фазовый переход будет совершать вещество при изменении одного из параметров. Например, если при постоянном давлении  $1,3\text{ атм.}$  увеличивать температуру от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то вода будет переходить из твёрдого состояния 2 в жидкое состояние 3. Наконец, при помощи фазовой диаграммы можно выяснить, как изменяется температура фазового перехода при изменении давления. Например, из диаграммы видно, что при повышении давления температура кипения увеличивается (кривая  $OB$ ).

Из фазовой диаграммы видно, что линии  $AO$ ,  $BO$  и  $CO$  сходятся в одной точке  $O$ . Это означает, что при температуре и давлении, соответствующих точке  $O$ , три фазы воды (твёрдая, жидкая и газообразная) могут одновременно существовать в равновесии друг с другом. Точка  $O$  называется тройной точкой.

На рисунке приведены фазовые диаграммы для трёх различных веществ. У какого из веществ выше температура тройной точки? Масштабы на всех графиках одинаковые.



- 1) у первого
- 2) у второго
- 3) у третьего
- 4) у всех трёх веществ одинаковая

**Решение.**

Температура тройной точки соответствует абсциссе точки, в которой сходятся все линии фазового перехода на диаграмме. Наибольшая температура тройной точки принадлежит графику 1.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

**Задание С1 № 806**

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок	2
Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит оба элемента правильного ответа или указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован	1
Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен независимо от того, что рассуждения правильны или неверны, или отсутствуют	0
<i>Максимальный балл</i>	2

Водяной пар находится при температуре  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении ниже, чем давление в тройной точке. Можно ли при этом давлении, охлаждая пар, перевести его сразу в твёрдое состояние, минуя жидкую фазу? Ответ поясните при помощи фазовой диаграммы.

**Фазовые диаграммы**

Вещества вокруг нас чаще всего находятся в одном из трёх основных агрегатных состояний — твёрдом, жидком либо газообразном. При определённых условиях, своих для каждого вещества, возможны переходы вещества из одного агрегатного состояния в другое. Агрегатные состояния вещества часто называют фазами, а переходы между ними — фазовыми переходами. Например, вода при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении 1 атм. переходит из жидкой фазы в твёрдую (при отводе теплоты) либо из твёрдой фазы в жидкую (при подводе теплоты). При отсутствии теплообмена с окружающими телами две фазы вещества могут существовать одновременно (например, при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении 1 атм. лёд и вода могут находиться в тепловом равновесии друг с другом). Опыт показывает, что температура, при которой происходит тот или иной фазовый переход, зависит от давления. Например, при понижении давления температура кипения воды понижается, и поэтому высоко в горах вода кипит при температуре, меньшей  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для того чтобы определять, в какой фазе будет находиться вещество при данных условиях, а также находить, как будут происходить взаимные превращения между фазами, используются специальные графики, которые называются фазовыми диаграммами. В качестве примера на рисунке показана фазовая диаграмма для воды.

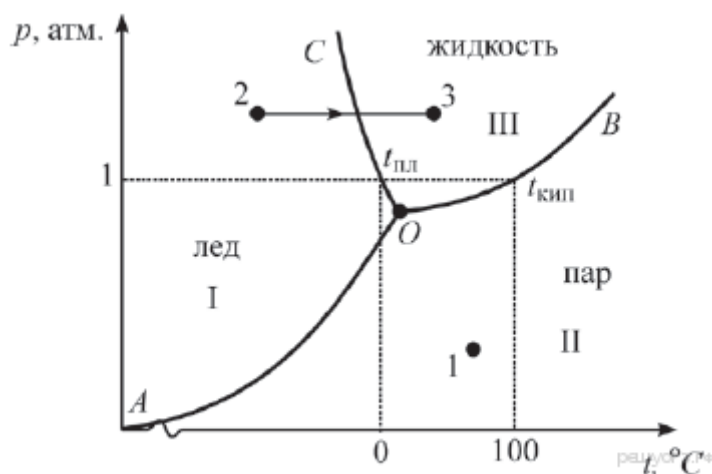


Рисунок. Фазовая диаграмма для воды

Фазовая диаграмма представляет собой график, по горизонтальной оси которого отложена температура  $t$  (в  $^{\circ}\text{C}$ ), а по вертикальной оси — давление  $p$  (в атм.). Линиями на диаграмме показаны все возможные наборы температуры и давления, при которых происходит тот или иной фазовый переход. На нашем рисунке линия  $AO$  соответствует фазовому переходу лёд-пар (и обратно), линия  $BO$  —

фазовому переходу пар-жидкость (и обратно), линия  $CO$  — фазовому переходу жидкость-лёд (и обратно). Соответственно, области I на диаграмме соответствует твёрдое состояние воды, области II — газообразное состояние, а области III — жидкое состояние. Для того чтобы определить, в каком состоянии находится вода при данных условиях, нужно выяснить, в какой из этих областей на диаграмме лежит соответствующая точка. Например, при температуре  $+70\text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $0,2\text{ атм.}$  соответствующая точка 1 лежит на диаграмме в области II, что соответствует газообразному состоянию. Также при помощи фазовой диаграммы можно определять, какой фазовый переход будет совершать вещество при изменении одного из параметров. Например, если при постоянном давлении  $1,3\text{ атм.}$  увеличивать температуру от  $-50\text{ }^\circ\text{C}$  до  $+40\text{ }^\circ\text{C}$ , то вода будет переходить из твёрдого состояния 2 в жидкое состояние 3. Наконец, при помощи фазовой диаграммы можно выяснить, как изменяется температура фазового перехода при изменении давления. Например, из диаграммы видно, что при повышении давления температура кипения увеличивается (кривая  $OB$ ).

Из фазовой диаграммы видно, что линии  $AO$ ,  $BO$  и  $CO$  сходятся в одной точке  $O$ . Это означает, что при температуре и давлении, соответствующих точке  $O$ , три фазы воды (твёрдая, жидкая и газообразная) могут одновременно существовать в равновесии друг с другом. Точка  $O$  называется тройной точкой.

### Решение.

Ответ: да, можно.

Объяснение: процесс охлаждения пара при постоянном давлении изображается на фазовой диаграмме горизонтальным отрезком, направленным из области II влево. Из фазовой диаграммы следует, что при давлении ниже, чем давление в тройной точке, этот отрезок пересечет кривую  $AO$ , и его конечная точка будет лежать в области I, которая соответствует твёрдой фазе.

### Задание С2 № 726

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Полностью правильное выполнение задания, включающее в себя: 1) рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины (в данном случае для коэффициента трения скольжения через вес каретки с грузами и силу трения скольжения (силу тяги)); 3) правильно записанные результаты прямых измерений (в данном случае результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения (силы тяги)); 4) полученное правильное числовое значение искомой величины	4
Приведены все элементы правильного ответа 1–4, но допущена ошибка при вычислении значения искомой величины. ИЛИ Допущена ошибка при обозначении единиц одной из величин. ИЛИ Допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует	3
Сделан рисунок экспериментальной установки, правильно приведены результаты прямых измерений величин, но не записана формула для расчёта искомой величины, и не получен ответ. ИЛИ Правильно приведены результаты прямых измерений величин, записана формула для расчёта искомой величины, но не получен ответ, и не приведён рисунок экспериментальной установки. ИЛИ Правильно приведены результаты прямых измерений, приведён правильный ответ, но отсутствует рисунок экспериментальной установки и формула для расчёта искомой величины	2
Записаны только правильные результаты прямых измерений. ИЛИ Приведено правильное значение только одного из прямых измерений, и представлена правильно записанная формула для расчёта искомой величины. ИЛИ	1



Приведён правильный результат только одного из прямых измерений, и сделан рисунок экспериментальной установки	
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, 3 или 4 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0
<i>Максимальный балл</i>	4

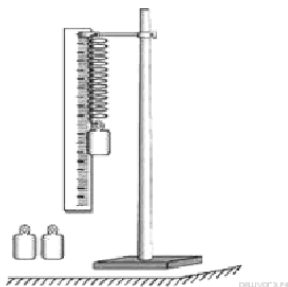
Используя штатив лабораторный с муфтой и лапкой, пружину, груз массой  $(100 \pm 2)$  г, линейку длиной 300 мм с миллиметровыми делениями, соберите установку для определения жёсткости пружины. Подвесьте пружину за один из концов к штативу. Прикрепив к свободному концу пружины груз, измерьте удлинение пружины

В ответе:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для определения силы упругости;
- запишите условие равновесия груза на пружине;
- измерьте удлинение пружины после прикрепления к ней груза и запишите измеренную величину;
- определите жёсткость пружины и оцените погрешность её измерения.

### Решение.

- Рисунок экспериментальной установки:



- $F_{\text{упр}} = k\Delta l$ .
- $F_{\text{тяж}} = mg = F_{\text{упр}} = k\Delta l$ .
- 

№	Масса груза $m$ (кг)	Удлинение пружины $\Delta l$ (см)	Модуль силы упругости $F$ (Н)
1	0,1	2	1
2	0,2	4	2
3	0,3	6	3

Погрешность измерения удлинения  $\Delta l$  составляет 0,5 мм.

- Жёсткость пружины равна  $k = (50 \pm 2)$  Н/м.

### Задание С3 № 947

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Представлен правильный ответ, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок.	2
Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит оба элемента правильного ответа или указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован.	1
Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос.	0

ИЛИ Ответ на вопрос неверен независимо от того, что рассуждения правильны или неверны, или отсутствуют.	
<i>Максимальный балл</i>	2

Ёлочная гирлянда спаяна из лампочек для карманного фонаря. При включении этой гирлянды в сеть на каждую из лампочек приходится напряжение не более 4 В. Опасно ли, выкрутив одну из лампочек, сунуть в патрон палец? Для справки: сила тока в гирлянде не более 2,5 А, а сопротивление пальца несколько сотен ом. Ответ поясните.

**Решение.**

Ответ: опасно.

Объяснение: сила тока, превосходящая 50 мА, способна принести человеку существенное увечье. Сопротивление каждой лампочки  $4 \text{ В} / 2,5 \text{ А} = 1,6 \text{ Ом}$ . Всего лампочек  $220 \text{ В} / 4 \text{ В} = 55$  штук. Если вместо одной из них сунуть палец с сопротивлением 1000 Ом, то общее сопротивление будет  $1000 \text{ Ом} + 54 \cdot 1,6 \text{ Ом} \approx 1100 \text{ Ом}$ . Сила тока, протекающего через ткани, составит  $220 \text{ В} / 1100 \text{ Ом} \approx 200 \text{ мА}$ . При меньших сопротивлениях пальца сила тока будет ещё больше.

**Примечание.**

Следует помнить, что электрическое сопротивление человека не является линейным (не выполняется закон Ома), меняется во времени и зависит от многих параметров: влажность кожи, количество воды в организме, природной чувствительности к действию электрического тока, количество алкоголя в крови, толщины кожи и многих других. Есть гипотеза, что восприимчивость человека к электрическому току может даже, в некоторых случаях, зависеть от его настроения. Поэтому, например, некоторые люди выживают после удара молнией, в то время как другие гибнут от удара током небольшой величины.

**Задание С4 № 674**

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи выбранным способом; 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями)	3
Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка	2
Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Потенциальная энергия стрелы, выпущенной из лука со скоростью 30 м/с вертикально вверх, через 2 с после начала движения равна 40 Дж. Чему равна масса стрелы? Потенциальная энергия стрелы отсчитывается от уровня старта.

**Решение.**

Зная формулу потенциальной энергии, выразим массу  $m$ :

$$E_{\text{п}} = mgh \Leftrightarrow m = \frac{E_{\text{п}}}{gh}. \quad (1)$$

Стрела под действием одной постоянной силы тяжести совершает равноускоренное движение, поэтому для вычисления высоты подъёма достаточно воспользоваться формулой

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

Подставив формулу (2) в формулу (1), получим

$$m = \frac{E_{\text{п}}}{g \left( v_0 t - \frac{gt^2}{2} \right)} = 0,1 \text{ кг.}$$

Ответ: 0,1 кг.

**Задание С5 № 351**

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи выбранным способом; 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями)	3
Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка	2
Записаны и использованы не все исходные формулы, необходимые для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

При прохождении электрического тока 5,5 А через спираль нагревателя, изготовленную из никелиновой проволоки площадью поперечного сечения 0,84 мм<sup>2</sup>, за 10 мин выделилось количество теплоты 726000 Дж. Чему равна длина проволоки, из которой изготовлена спираль? (Удельное сопротивление никелина — 0,4 Ом·мм<sup>2</sup>/м.)

**Решение.**

По закону Джоуля — Ленца

$$Q = I^2 R t. \quad (1)$$

Длину проволоки выражаем через следующую формулу:

$$R = \rho \frac{l}{S} \Leftrightarrow l = \frac{RS}{\rho}. \quad (2)$$

Подставляем (1) в (2) и преобразовываем:

$$l = \frac{QS}{I^2 \rho t} = 84 \text{ м.}$$

Ответ: 84 м.