

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2024–2025 УЧ. Г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 40.

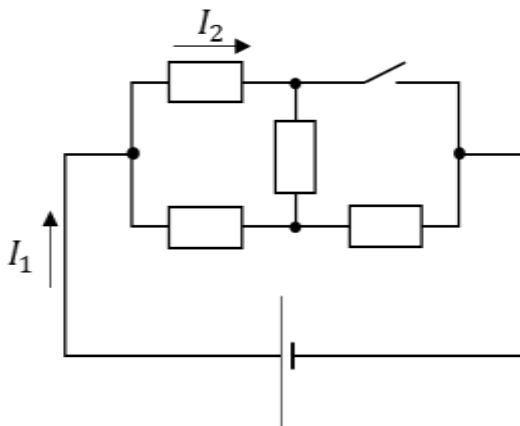
Тестовые задания

1. В представленных ниже формулах используются величины следующих размерностей: $[h] = \text{Дж} \cdot \text{с}$; $[v] = \text{с}^{-1}$; $[I] = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$; $[k] = \text{м}^{-1}$; $[n] = \text{м}^{-3}$, $[c] = \text{м/с}$.

Выберите все формулы, которые могут описывать давление.

- 1) hv
- 2) hk
- 3) I/c
- 4) I/k
- 5) $hknс$

2. К электрической цепи с четырьмя резисторами подключён идеальный источник питания. Как изменятся токи I_1 и I_2 при замыкании ключа?



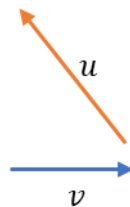
- 1) I_1 увеличится, I_2 уменьшится
- 2) I_1 уменьшится, I_2 увеличится
- 3) I_1 уменьшится, I_2 уменьшится
- 4) I_1 увеличится, I_2 увеличится
- 5) I_1 уменьшится, I_2 останется неизменным

3. Школьник провёл опыт, в котором ему необходимо было определить материал грузика. Для этого он налил в калориметр холодную воду и погрузил в неё горячий грузик. Известно, что масса воды составляла $m_{\text{в}} = (100 \pm 1)$ г, масса грузика $m_{\text{г}} = (53 \pm 1)$ г, температура грузика изменилась на $\Delta T_{\text{г}} = (20,0 \pm 0,2)$ °С, а температура воды на $\Delta T_{\text{в}} = (1,0 \pm 0,2)$ °С. Сделайте вывод на основе результатов эксперимента, из какого материала сделан грузик. Удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/(кг · °С). Таблица удельных теплоёмкостей возможных веществ представлена ниже.

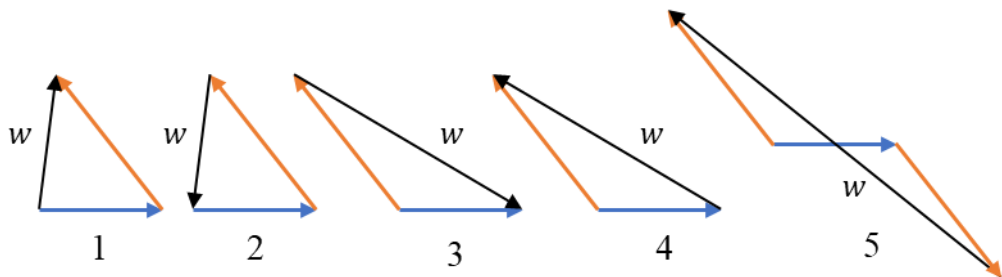
Вещество	Удельная теплоёмкость, Дж/(кг · °С)
Чугун	540
Железо	460
Медь	400

- 1) чугун
- 2) железо
- 3) медь
- 4) либо медь, либо железо
- 5) возможны все варианты

4. Катер движется по озеру со скоростью v . Ветер дует со скоростью u (см. рис.)

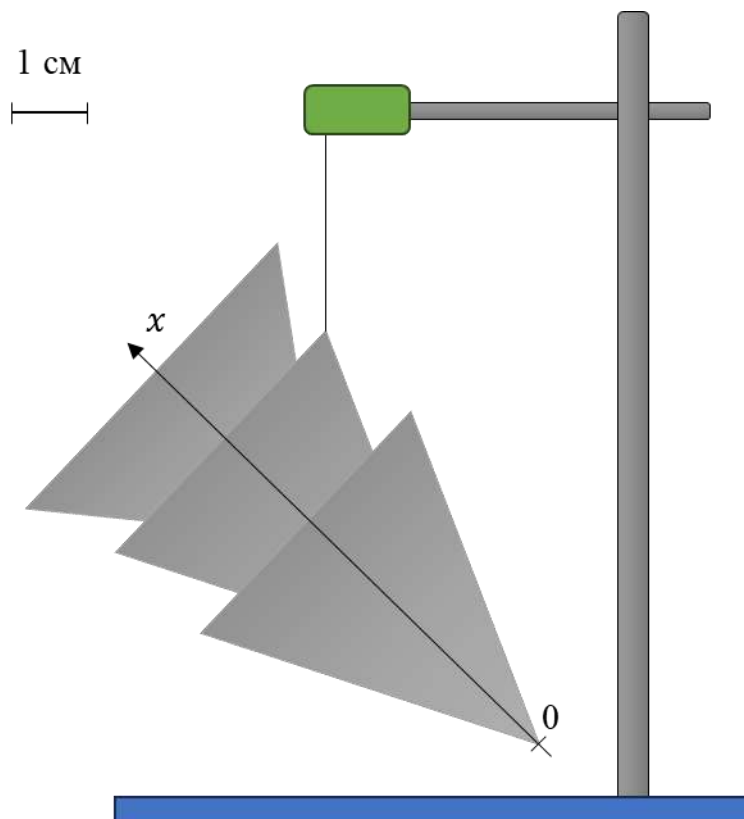


С какой скоростью w катер движется относительно ветра?



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

5. Ёлочку, вырезанную из картона, подвесили за один из углов. На каком расстоянии от вершины ёлочки находится её центр масс? Длина 1 см указана на рисунке. Ёлочка симметрична относительно осевой линии.



- 1) 2,4 см
- 2) 3,1 см
- 3) 3,9 см
- 4) 4,7 см
- 5) 5,8 см

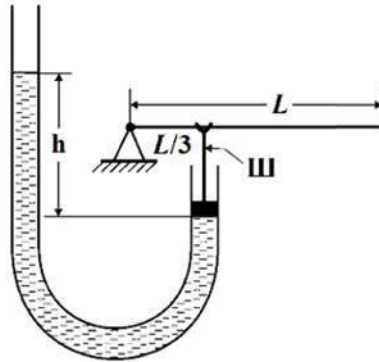
Ответы:

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	3,5	4	4	3	3
Балл	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла

Задания с кратким ответом

Задачи 6-8

Однородный стержень некоторой длины L и массы $M = 300$ г, один из концов которого шарнирно закреплён, находится в горизонтальном положении равновесия, опираясь на верхний конец штока Ш. Расстояние от точки опоры стержня на шток до оси шарнира равно $L/3$. Данный шток жёстко связан с поршнем, плотно вставленным в одно из колен вертикальной неподвижной U-образной трубки (см. рис.). В трубку налито масло плотностью $\rho = 0,8$ г/см³. Площадь поперечного сечения трубки $S = 11$ см², масса поршня со штоком $m = 100$ г. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Трением в системе можно пренебречь.



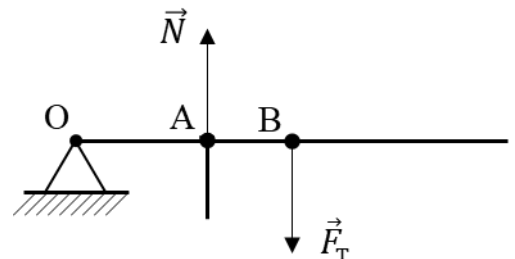
6. С какой силой F стержень давит на шток? Дайте ответ в ньютонах с округлением до десятых долей. (2 балла)
7. Чему равна разность уровней h масла в коленях трубки? Дайте ответ в сантиметрах с округлением до десятых долей. (2 балла)
8. Какое давление P оказывает поршень на масло, если атмосферное давление $P_A = 10^5$ Па? Дайте ответ в кПа с округлением до целого числа. (2 балла)

Решение:

6. Суммарный момент сил, действующих на стержень, равен нулю относительно любой точки, так как последний находится в состоянии покоя. Запишем уравнение моментов относительно точки O (см. рисунок):

$$-OA \cdot N + OB \cdot F_T = 0.$$

Здесь N – сила реакции штока, F_T – сила тяжести, действующая на стержень. $OA = \frac{L}{3}$ по условию, а $OB = \frac{L}{2}$, так как сила тяжести приложена к центру масс, который у однородного стержня расположен посередине.



Получаем

$$N = \frac{OB}{OA} F_T = \frac{3}{2} Mg.$$

Искомая сила равна по модулю и противоположна по направлению силе \vec{N} :

$$F = N = \frac{3}{2} Mg = 4,5 \text{ Н.}$$

7. Давление жидкости в сообщающихся сосудах одинаково для любой точки на одной и той же высоте. Поэтому гидростатическое давление столба масла слева равно давлению штока с поршнем справа:

$$\frac{F+mg}{S} = \rho gh.$$

Или иначе:

$$h = \frac{3M+2m}{2\rho S} = 62,5 \text{ см.}$$

8. Суммарное давление складывается из уже найденного и атмосферного:

$$P = P_A + \frac{F+mg}{S} = P_A + \rho gh = 105 \cdot \text{кПа.}$$

Ответы:	6	7	8
	4,5	62,5	105

Максимум за задачу 6 баллов.

Задачи 9-11

Кусок льда при температуре $t = 0^\circ\text{C}$ поместили в изначально пустой теплоизолированный цилиндрический сосуд и прочно прикрепили ко дну тонкой сеткой. Затем в сосуд быстро налили воду, масса m которой равна массе льда, при этом лёд оказался полностью погружён в воду, а уровень воды достиг отметки $h_0 = 38 \text{ см}$. Удельная теплоёмкость воды $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 340 \text{ кДж}/\text{кг}$. Плотности воды и льда $\rho_0 = 1 \text{ г}/\text{см}^3$ и $\rho = 0,9 \text{ г}/\text{см}^3$ соответственно.

9. Чему равно отношение объёма воды V_0 к объёму льда V в сосуде изначально, то есть, когда уровень воды был на отметке h_0 ? Дайте ответ в виде десятичной дроби с округлением до сотых долей. **(1 балл)**

10. Определите минимальную температуру t_0 наливаемой воды, при которой лёд тает полностью? Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до целого числа. **(2 балла)**

11. Каким станет уровень h воды в сосуде, когда весь лёд растает? Дайте ответ в сантиметрах с округлением до целого числа. **(3 балла)**

Решение:

9. Массы воды и льда по условию изначально равны. Тогда, выражая массу через плотность, запишем: $\rho_0 V_0 = \rho V$, то есть:

$$\frac{V_0}{V} = \frac{\rho}{\rho_0} = 0,9.$$

10. Чтобы лёд растаял полностью, необходимо, чтобы теплоты, выделившейся при остывании воды с t_0 до 0, хватило на расплавление всей массы льда (только на расплавление, так как лёд уже изначально находится при своей температуре плавления). Тогда запишем уравнение теплового баланса: $cm(t_0 - t) = \lambda m$. Из него получаем:

$$t_0 = t + \frac{\lambda}{c} \approx 81^\circ\text{C}.$$

11. Изначально занимаемый смесью объём $V_1 = \frac{m}{\rho} + \frac{m}{\rho_0} = Sh_0$, где S – площадь основания сосуда.

После плавления льда объём воды в сосуде $V_2 = \frac{2m}{\rho_0} = Sh$.

Поделив одно равенство на другое, получим:

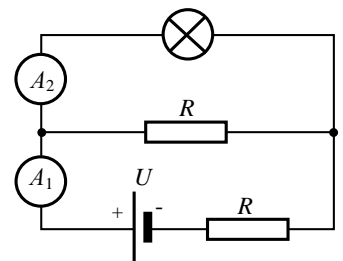
$$h = \frac{2\rho}{\rho + \rho_0} \cdot h_0 = 36 \text{ см}.$$

Ответы:	9	10	11
	0,9	81	36

Максимум за задачу 6 баллов.

Задачи 12-15

Электрическая цепь, показанная на рисунке, состоит из идеального источника питания, двух одинаковых резисторов, лампочки и двух идеальных амперметров. Напряжение источника $U = 24 \text{ В}$, показания амперметров A_1 и A_2 равны соответственно $I_1 = 500 \text{ мА}$ и $I_2 = 400 \text{ мА}$.



12. Чему равно сопротивление R каждого резистора?

Дайте ответ в омах с округлением до целого числа. (2 балла)

13. Чему равно напряжение $U_{\text{л}}$ на лампочке? Дайте ответ в вольтах с округлением до целого числа. (2 балла)

14. Во сколько раз β отличаются тепловые мощности, выделяющиеся на резисторах? Дайте ответ в виде числа больше 1, округлив его до целых. (2 балла)

15. Какая тепловая мощность $P_{\text{л}}$ выделяется на лампочке? Дайте ответ в ваттах с округлением до десятых долей. (2 балла)

Решение:

12. Пользуясь первым правилом Кирхгофа, находим, что ток через резистор, подключенный параллельно лампочке, равен $I_1 - I_2$. Теперь второе правило Кирхгофа для контура, включающего в себя оба резистора, амперметр A_1 и источник питания, даёт уравнение: $U = I_1 R + (I_1 - I_2)R$, откуда

$$R = \frac{U}{2I_1 - I_2} = 40 \text{ Ом.}$$

13. Лампочка с амперметром A_2 подключена параллельно одному из резисторов, а напряжение на идеальном амперметре равно нулю, поэтому напряжение на лампочке и этом резисторе одинаково. По закону Ома напряжение на резисторе $U_R = (I_1 - I_2)R$, значит, и на лампочке оно такое же:

$$U_{\text{л}} = (I_1 - I_2)R = 4 \text{ В.}$$

14. По закону Джоуля-Ленца мощность теплотерь на резисторе $P = I^2 R$. Сопротивления обоих резисторов одинаковы, поэтому искомое отношение равно отношению квадратов токов через эти элементы:

$$\beta = \left(\frac{I_1}{I_1 - I_2} \right)^2 = 25.$$

15. Формула для выделяемой тепловой мощности на произвольном элементе цепи имеет вид: $P = UI$. Через лампочку течёт ток I_2 , поэтому

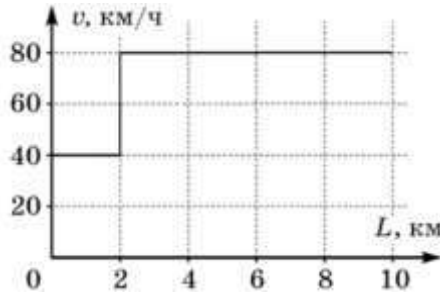
$$P_{\text{л}} = I_2 U_{\text{л}} = 1,6 \text{ Вт.}$$

Ответы:	12	13	14	15
	40	4	25	1,6

Максимум за задачу 8 баллов.

Задачи 16-20

За движением автомобиля наблюдали на дистанции в 10 километров. На рисунке представлен график зависимости скорости автомобиля от пройденного им пути при наблюдении. Пройдя путь $L_1 = 2$ км, автомобиль резко увеличил скорость. Путь, пройденный при разгоне, пренебрежимо мал.



- 16.** Сколько времени t_1 двигался автомобиль с начала наблюдения до начала разгона? Дайте ответ в минутах с округлением до целого числа. (2 балла)
- 17.** Сколько времени t длилось наблюдение за движением автомобиля? Дайте ответ в минутах с округлением до целого числа. (2 балла)
- 18.** Какой путь L_2 пройдёт автомобиль за первые 6 минут наблюдения? Дайте ответ в километрах с округлением до целого числа. (2 балла)
- 19.** Чему равна средняя путевая скорость $v_{ср1}$ автомобиля на первой половине пути при наблюдении? Дайте ответ в километрах в час с округлением до целого числа. (2 балла)
- 20.** Чему равна средняя путевая скорость $v_{ср}$ автомобиля за всё время наблюдения? Дайте ответ в километрах в час с округлением до целого числа. (2 балла)

Решение:

16. С начала наблюдения до начала разгона автомобиль двигался равномерно прямолинейно со скоростью $v_1 = 40$ км/ч (см. график). Отсюда сразу получаем ответ:

$$t_1 = \frac{L_1}{v_1} = 3 \text{ мин.}$$

17. Разобьём движение на два участка: с начала до разгона и после окончания разгона до конца. Время движения на первом участке мы уже нашли. А на втором участке автомобиль снова двигался равномерно прямолинейно, но со скоростью $v_2 = 80$ км/ч и проехал расстояние $L'_1 = 8$ км. Тогда суммарное время в пути:

$$t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L'_1}{v_2} = 9 \text{ мин.}$$

18. Мы уже знаем, что первые $t'_1 = 3$ минуты автомобиль едет со скоростью v_1 , значит оставшиеся $t'_2 = 3$ минуты он едет со скоростью v_2 . Тогда искомое расстояние:

$$L_2 = v_1 t'_1 + v_2 t'_2 = 6 \text{ км.}$$

19. Половина пути – это 5 км. Первые 2 км проходятся за 3 минуты, оставшиеся 3 км – за $\frac{3 \text{ км}}{v_2} = 2,25$ мин. Средняя путевая скорость – отношение всего пройденного расстояния ко всему потраченному времени:

$$v_{\text{ср1}} = \frac{5 \text{ км}}{(3+2,25) \text{ мин}} \approx 57 \text{ км/ч.}$$

20. Суммарное время в пути $t = 9$ мин, суммарный пройденный путь $L = 10$ км. Получаем:

$$v_{\text{ср}} = \frac{L}{t} \approx 67 \text{ км/ч.}$$

Ответы:	16	17	18	19	20
	3	9	6	57	67

Максимум за задачу 10 баллов.

Максимальный балл за работу – 40.