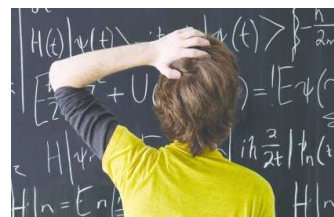


Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике

9 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин.

Максимум 50 баллов.



**Задача 1. Полеты с ветерком.** Самолет совершает перелет из пункта А в пункт В. Первую часть полета самолет летел со встречным ветром 50 км/ч в течение 3 часов, и при этом он пролетел 1500 км. Затем направление ветра сменилось на противоположное, и вторую часть полета самолет выполнял уже при попутном ветре такой же скорости. Пилот заметил, что за первую часть полета было израсходовано 40% топлива. Определите дальность всего полета, считая, что режим работы двигателей оставался неизменным.

**Возможное решение:**

Сначала рассмотрим первую часть полета. В это время дул встречный ветер со скоростью  $u = 50$  км/ч. Обозначим дальность полета  $L_1 = 1500$  км, а время полета при встречном ветре  $t_1 = 3$  часа. Тогда скорость самолета относительно земли на этой части полета можно найти так:

$$v_1 = L_1/t_1 = 1500/3 = 500 \text{ км/ч.}$$

Скорость самолета относительно воздуха будет:

$$v_{10} = v_1 + u = 500 \text{ км/ч} + 50 \text{ км/ч} = 550 \text{ км/ч.}$$

Если бы ветра не было, то самолет за то же время пролетел бы расстояние

$$L_{10} = v_{10} \cdot t_1 = 550 \cdot 3 = 1650 \text{ км.}$$

Расход топлива зависит от режима работы двигателя самолета, то есть, на 1650 км в безветренную погоду самолет затратил бы те же 40% топлива.

Тогда на остальные 60% топлива в безветренную погоду самолет бы смог пролететь 2475 км и потратил бы на это  $t_2 = 4,5$  часа. Т.е. 60% топлива хватит на 4,5 часов работы двигателя в этом режиме.

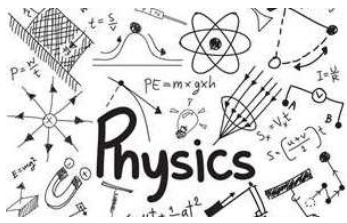
Однако самолет эти 4,5 часа (вторую часть пути) летит с попутным ветром, так что его скорость относительно Земли определится как  $v_2 = v_{10} + u = 600$  км/ч, а пролететь он успеет  $L_2 = v_2 \cdot t_2 = 2700$  км.

Тогда общая дальность полета  $L = L_1 + L_2 = 1500 + 2700 = 4200$  км.

**Критерии оценивания:**

Найдена скорость самолета относительно земли в первом случае	<b>1 балл</b>
Найдена скорость относительно воздуха при встречном ветре	<b>2 балла</b>
Из анализа расхода топлива найдено время движения самолета на втором участке пути (4,5 часа)	<b>3 балла</b>
Найдена скорость относительно земли во втором случае	<b>2 балла</b>
Найдена общая дальность полета	<b>2 балла</b>

*Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае*

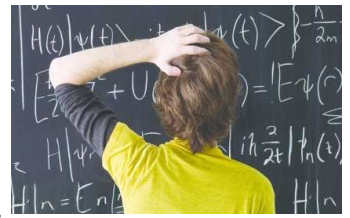


Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике

9 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин.

Максимум 50 баллов.



*альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.*

**Максимум за задачу 10 баллов**

**Задача 2. Электричество против льда.**

В Цветочном городе наступила зима, а у Винтика и Шпунтика появились новые темы для исследований. Однажды в поле они обнаружили металлическую цилиндрическую трубу длиной 5 метров, которая была полностью заполнена льдом. Помогите изобретателям вычислить, за какое время можно растопить весь лед в трубе, если подавать на ее концы напряжение 36 В. Диаметр трубы 12 см, удельное сопротивление металла  $2 \cdot 10^{-7}$  Ом·м, толщина стенок 2 мм. Плотность льда  $0,9$  г/см<sup>3</sup>, удельная теплота плавления льда  $3,35 \cdot 10^5$  Дж/кг. Потерями тепла в окружающую среду и нагреванием самой трубы при расчетах можно пренебречь.

**Возможное решение:**

Найдем сопротивление металлической трубы. Площадь поперечного сечения, по которому проходит ток, можно приблизительно вычислить как  $S = 2\pi rh$ , где  $r$  – радиус трубы,  $h$  – толщина ее стенок. Приближение правомерно, так как толщина трубы значительно меньше ее радиуса.

При прохождении электрического тока в трубе будет выделяться количество теплоты, определяемое по закону Джоуля-Ленца:

$Q = U^2 t / R$ , но  $R = \rho l / S = \rho l / 2\pi rh$ , поэтому  $Q = 2\pi rh U^2 t / \rho l$ . Здесь  $t$  – это время протекания тока,  $\rho$  – удельное сопротивление металла.

Это количество теплоты будет затрачено на таяние льда, то есть:

$$Q = \lambda m = \lambda \rho_l V = \lambda \rho_l \pi r^2 l.$$

Здесь мы пренебрегли толщиной стенок трубы по сравнению с ее радиусом. Участник в данной формуле может взять в качестве радиуса ледяного цилиндра разницу  $r-h$  (либо  $r+h$ , если посчитает, что задан внутренний радиус трубы), что нельзя считать ошибкой. При оценивании за это баллы не снимаются.

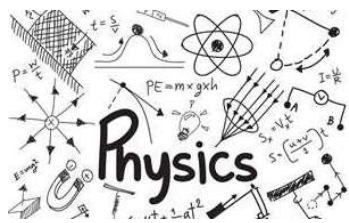
Получаем:

$$\lambda \rho_l \pi r^2 l = 2\pi rh U^2 t / \rho l,$$

откуда искомое время:

$$t = \lambda \rho_l r l^2 \rho / 2 U^2 h.$$

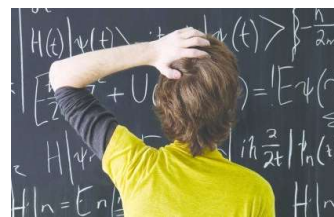
Выполним расчеты, получим (не забыв учесть, что в условии дан диаметр трубы, а не радиус, и плотность льда необходимо перевести в систему СИ):



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

9 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин.      Максимум 50 баллов.



$t = 17,45 \text{ с.}$

**Ответ:** 17,45 с (допускаются другие варианты округления, например 17 или 17,5 секунд).

**Критерии оценивания:**

Получено выражение для сопротивления трубы	<b>2 балла</b>
Получено выражение для количества теплоты, выделившегося в трубе за время $t$	<b>2 балла</b>
Получено выражение для количества теплоты, необходимого для таяния всего льда	<b>3 балла</b>
Получено выражение для времени	<b>1 балл</b>
Получено верное численное значение времени в диапазоне от 17 до 17,5 секунд	<b>2 балла</b>

*Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.*

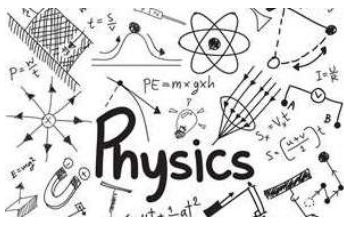
**Максимум за задачу 10 баллов**

*Комментарий для разбора задач: полученное значение времени в значительной степени занижено, поскольку в данной ситуации нельзя пренебрегать потерями тепла в окружающую среду. Поверхность трубы достаточно велика, так что потери тепла сравнимы с количеством теплоты, передаваемым льду. Стоит упомянуть об этом при разборе задачи.*

**Задача 3. Сверхлегкий материал.** Современные ученые занимаются созданием сверхлегких материалов. Один из таких материалов представляет собой структуру, состоящую из переплетающихся тонкостенных трубок, заполненных воздухом. Сами трубки сделаны из сплава никеля и фосфора (массовая доля никеля 93%, фосфора 7%). При исследованиях материала было определено, что плотность образца составляет  $0,9 \text{ мг/см}^3$ , если не учитывать наличие воздуха внутри трубок. Какова на самом деле плотность этого экспериментального вещества, если все-таки учитывать воздух? При расчетах можно принять, что объем никель-фосфорного сплава равен сумме объемов входящих в его состав никеля и фосфора. Плотность воздуха  $1,2 \text{ мг/см}^3$ , плотность фосфора  $1,85 \text{ г/см}^3$  и плотность никеля  $8,9 \text{ г/см}^3$ .

**Возможное решение:**

Сначала найдем среднюю плотность сплава, из которого сделаны стенки трубок:



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

9 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин.

Максимум 50 баллов.



$$\rho_{\text{Ni-P}} = \frac{m_{\text{Ni}} + m_{\text{P}}}{V_{\text{Ni}} + V_{\text{P}}} = \frac{m_{\text{Ni}} + m_{\text{P}}}{\rho_{\text{Ni}} V_{\text{Ni}} + \rho_{\text{P}} V_{\text{P}}}$$

Так как  $m_{\text{Ni}} = 0,93m$  и  $m_{\text{P}} = 0,07m$ , где  $m = m_{\text{Ni}} + m_{\text{P}}$ , то:

$$\rho_{\text{Ni-P}} = \frac{\rho_{\text{Ni}} \rho_{\text{P}}}{0,93 \rho_{\text{Ni}} + 0,07 \rho_{\text{P}}} = \frac{8,9 \cdot 1,85}{0,93 \cdot 1,85 + 0,07 \cdot 8,9} = 7,03 \text{ г/см}^3.$$

Теперь запишем формулу для плотности образца без учета массы воздуха:

$$\rho_1 = \frac{m}{V_{\text{Ni-P}} + V_0} = \frac{\rho_{\text{Ni-P}} V_{\text{Ni-P}}}{V_{\text{Ni-P}} + V_0}.$$

Отсюда:

$$V_0 = \frac{\rho_{\text{Ni-P}} - \rho_1}{\rho_1} V_{\text{Ni-P}} = 7810 V_{\text{Ni-P}}$$

Таким образом, объем пустот в этом веществе в 7810 раз больше объема стенок трубок.

С учетом воздуха (если в этих пустотах будет воздух):

$$\rho_2 = \frac{m + m_{\text{B}}}{V_{\text{Ni-P}} + V_0} = \frac{\rho_{\text{Ni-P}} V_{\text{Ni-P}} + \rho_{\text{B}} V_0}{V_{\text{Ni-P}} + V_0} = \frac{\rho_{\text{Ni-P}} + 7810 \rho_{\text{B}}}{7811} = \frac{7,03 + 7810 \cdot 0,0012}{7811};$$

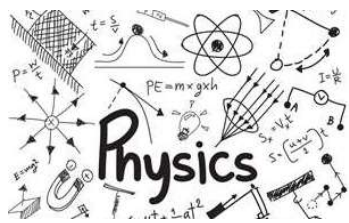
$$\rho_2 = 0,0021 \text{ г/см}^3 = 2,1 \text{ мг/см}^3.$$

**Критерии оценивания:**

Найдена средняя плотность материала стенок	<b>3 балла</b> (2 за идею и формулы, 1 за численный результат)
Найдено отношение объемов пустого пространства и стенок	<b>3 балла</b> (2 за идею и формулы, 1 за численный результат)
Найдена искомая плотность	<b>4 балла</b> (2 за идею и формулы, 2 за верный численный ответ)
<p><i>За каждое верно выполненное действие баллы складываются. При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1-2 балла в зависимости от того, насколько отличается полученный ответ от того, который должен быть. Максимум за задание – 10 баллов.</i></p>	

**Примечание:** Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.

**Задача 4. С термометрами что-то не так...**

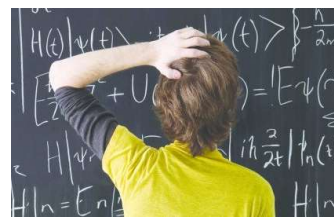


Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике

9 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин.

Максимум 50 баллов.



Восьмиклассник Кирилл для домашних экспериментов самостоятельно изготовил два термометра и решил проверить их работоспособность. Оказалось, что если их поместить в смесь воды и льда, то первый термометр покажет ровно  $-4^{\circ}\text{C}$ , а второй ровно  $+3^{\circ}\text{C}$ . Это показалось Кириллу странным, и он решил провести второй эксперимент, поместив термометры в кипящую воду. Тогда первый показал  $+108^{\circ}\text{C}$ , а второй  $+96^{\circ}\text{C}$ . А вот температуру самого Кирилла оба термометра показывали одинаково. Найдите показания термометров при измерении температуры Кирилла и определите истинную температуру Кирилла. Учтите, что шкалы термометров хоть и разные, но являются линейными, то есть их показания изменяются на одинаковую величину (которая для каждого термометра своя!) при одинаковом изменении температуры.

**Возможное решение:**

Поскольку в условии сказано, что зависимость показаний термометра от температуры линейна, она должна описываться линейной функцией, т.е.

$$T_1 = k_1 T + b_1 \text{ и } T_2 = k_2 T + b_2,$$

где  $k_1, k_2, b_1$  и  $b_2$  – это постоянные коэффициенты, а  $T$  – истинная температура.

Воспользуемся точками, которые определены в условии.

$$-4 = k_1 \cdot 0 + b_1, \text{ поэтому } b_1 = -4^{\circ}\text{C}. \text{ Аналогично } b_2 = 3^{\circ}\text{C}.$$

$$108 = k_1 \cdot 100 - 4, \text{ тогда } k_1 = 1,12. \text{ Аналогично } k_2 = 0,93.$$

Поскольку при некоторой температуре  $T_0$  показания термометров совпали, то можно записать:  $k_1 T_0 + b_1 = k_2 T_0 + b_2$ , откуда находится температура Кирилла:

$$T_0 = (b_2 - b_1)/(k_1 - k_2) \approx 36,84^{\circ}\text{C} \approx 36,8^{\circ}\text{C}.$$

Осталось найти показания термометров:

$$T_1 = T_2 \approx 37,26^{\circ}\text{C} \approx 37,3^{\circ}\text{C}.$$

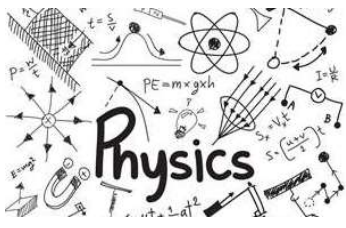
**Критерии оценивания:**

Записано математически, что зависимость показаний градусника от температуры линейна	<b>3 балла</b>
Найдены коэффициенты этой зависимости	<b>3 балла</b>
Найдено значение температуры Кирилла	<b>2 балла</b>
Найдены показания термометров	<b>2 балла</b>

*Участники могут предложить графический способ нахождения показаний термометров. Для этого можно построить на одном графике две прямые и получить точку пересечения.*

*Также из графиков можно найти коэффициенты прямых.*

*Однако прямые идут близко друг к другу, поэтому точку пересечения и коэффициенты*

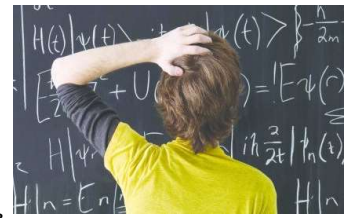


Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике

9 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин.

Максимум 50 баллов.



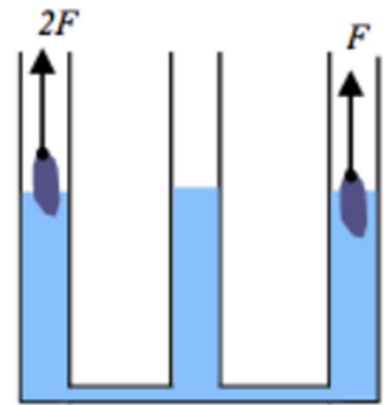
вряд ли удастся найти достаточно точно.

Если участник все-таки идет по данному пути решения, то при оценивании работы стоит обращать внимание на саму идею, точность построения, выбор масштаба графиков, точность определения точки пересечения и коэффициентов прямых.

**Максимум за задание – 10 баллов.**

**Примечание:** Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае альтернативных решений составляются другие критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.

**Задача 5. Сообщающиеся сосуды.** Три одинаковых цилиндрических сосуда, соединенные снизу трубками, частично заполнили водой. Каждый из трех сосудов имеет площадь поперечного сечения  $S = 10 \text{ см}^2$ . В правый и в левый сосуды помещают льдинки, которые удерживают в равновесии за нити, прикладывая к ним вертикально направленные силы  $F = 1 \text{ Н}$  и  $2F$ . В результате теплообмена с водой и с окружающей средой льдинки начинают таять. В течение всего процесса таяния их продолжают удерживать в равновесии. Как и на сколько изменится уровень воды в среднем сосуде после того, как обе льдинки растают? Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



**Возможное решение:**

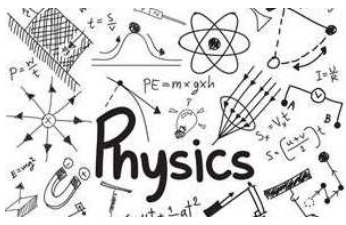
Рассмотрим внешние силы, действующие на содержимое сосудов, в которое включим воду и льдинки. Сила тяжести компенсируется тремя внешними силами  $F$ ,  $2F$  и силой реакции со стороны дна. Последняя, в свою очередь, равна по модулю силе давления на дно со стороны жидкости. Из условия равновесия в начальной ситуации следует:

$$F + 2F + 3Spgh_1 = m_{\text{содерж}}g.$$

После таяния льдинок масса содержимого сохраняется, но изменяется уровень и, следовательно, давление воды около дна. Кроме того, перестают действовать силы  $F$  и  $2F$ . Новое условие равновесия примет вид:

$$3Spgh_2 = m_{\text{содерж}}g.$$

Вычитая из первого уравнения второе, получим:

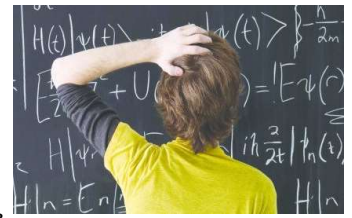


Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по физике

9 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин.

Максимум 50 баллов.



$$\Delta h = h_2 - h_1 = F/\rho g S = 10 \text{ см.}$$

Так как эта величина положительная, то уровень повысится.

**Критерии оценивания:**

Записано условие равновесия содержимого в начальной ситуации	2 балла
Записано условие равновесия содержимого в конечной ситуации	2 балла
Получено выражение для изменения уровня жидкости	2 балла
<i>Если задача решалась через объемы погруженных частей льдинок и изменение объемов при таянии, то за получение верного выражения для изменения уровня жидкости ставится в целом 6 баллов</i>	
Численное значение для изменения уровня	2 балла
Явное указание на повышение уровня	2 балла
<b>Максимум за задачу 10 баллов</b>	