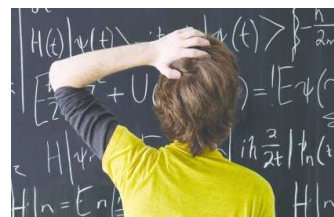


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике

10 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.

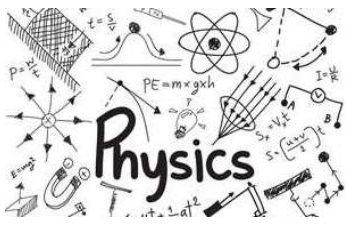
Тогда на остальные 60% топлива в безветренную погоду самолет бы смог пролететь 2475 км и потратил бы на это $t_2 = 4,5$ часа. Т.е. 60% топлива хватит на 4,5 часов работы двигателя в этом режиме.

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	1 балл
Найдена скорость относительно воздуха при встречном ветре	2 балла
Из анализа расхода топлива найдено время движения самолета на втором участке пути (4,5 часа)	3 балла
Найдена скорость относительно земли во втором случае	2 балла
Найдена общая дальность полета	2 балла
<i>Выше приводится возможное решение. Допустимы альтернативные решения. В случае</i>	

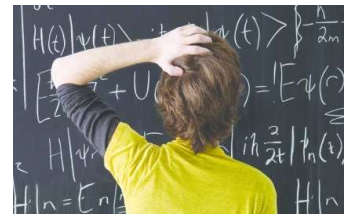


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин

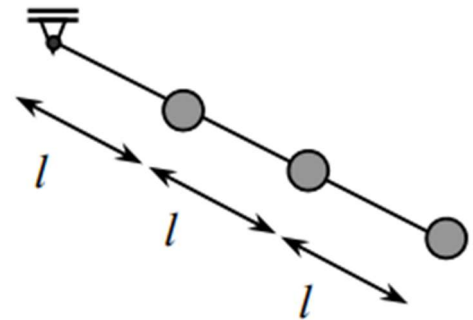
Максимум 50 баллов.



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

Максимум за задачу 10 баллов

Задача 2. Шарики на спице. Экспериментатор Глюк нашел у себя в лаборатории три одинаковых достаточно маленьких шарика и прямую спицу. Из найденного оборудования Глюк собрал экспериментальную установку, показанную на рисунке. При этом один из свободных концов спицы с шариками Глюк шарнирно прикрепил к потолку (см. рисунок). Расстояния между шариками и от шарнира до верхнего шарика равны l . В начале эксперимента систему приводят в горизонтальное положение и отпускают без толчка (без начальной скорости). Найдите отношение модулей сил натяжения спицы на её свободных участках в момент, когда система проходит положение равновесия. Спицу считать легкой.



Возможное решение:

Пусть масса одного шарика равна m , T_1 – сила реакции со стороны верхней свободной части спицы, действующая на верхний шарик, T_2 – сила реакции, действующая со стороны средней свободной части спицы на средний шарик, T_3 – сила реакции, действующая со стороны нижней свободной части спицы на нижний шарик.

Пусть в момент, когда система проходит положение равновесия, её угловая скорость равна ω . Запишем закон сохранения механической энергии:

$$3mg \cdot 3l = mgl + mg \cdot 2l + m(\omega l)^2/2 + m(\omega \cdot 2l)^2/2 + m(\omega \cdot 3l)^2/2$$

Отсюда можно выразить $\omega^2 l = 6g/7$.

Применим второй закон Ньютона для верхнего шарика в момент прохождения системой положения равновесия:

$$T_1 - T_2 - mg = m\omega^2 l = 6mg/7.$$

Для среднего шарика условие равновесия запишется следующим образом:

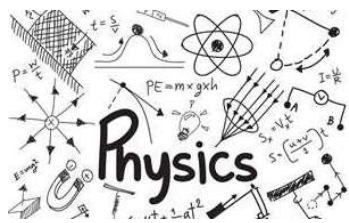
$$T_2 - T_3 - mg = m\omega^2 2l = 12mg/7.$$

Для нижнего получим:

$$T_3 - mg = m\omega^2 3l = 18mg/7.$$

Решая полученную систему уравнений, найдем:

$$T_1 = 57mg/7, T_2 = 44mg/7, T_3 = 25mg/7.$$

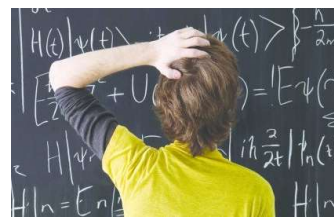


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин

Максимум 50 баллов.



откуда окончательно получаем: $T_1 : T_2 : T_3 = 57 : 44 : 25$.

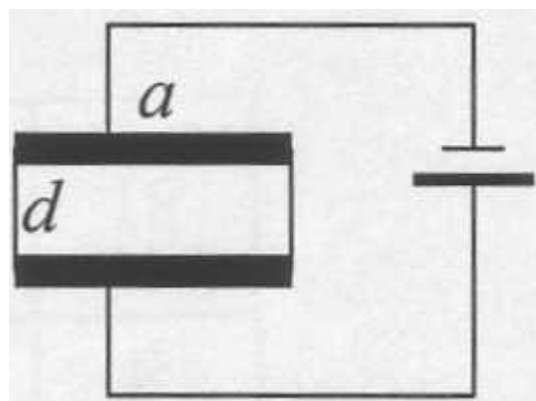
Критерии оценивания:

верно записан закон сохранения механической энергии	3 балл
верно записаны условия равновесия для шариков	6 баллов (2 балла за каждое уравнение)
получено верное отношение модулей сил натяжения	1 балл

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

Задача 3. Нагреватель. Винтик и Шпунтик изобрели проточный нагреватель воды, схема которого приведена на рисунке. Он состоит из трубы длиной 100 см, поперечное сечение которой – это прямоугольник шириной 20 см и высотой 1 см. У трубы стенки с размерами 100x20 сделаны из металла, а размера 100x1 — из диэлектрика. По трубе прокачивается вода, а ее нагрев осуществляется электрическим током, для чего к



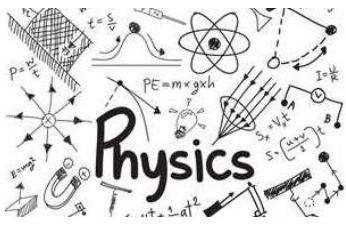
металлическим стенкам прикладывается постоянное напряжение. Определите прикладываемое напряжение, если нагреватель обеспечивает нагрев 600 литров воды в час от 10°C до 60°C. Теплоемкостью трубы и потерями тепла пренебречь. При расчетах используйте следующие характеристики воды: плотность 10³ кг/м³, удельная теплоемкость 4210 Дж/(кг·К), удельное сопротивление 10 Ом·м.

Возможное решение:

Ток идет между двумя горизонтальными пластинами и нагревает воду. Рассмотрим небольшой объем воды $\Delta V = ad\Delta l$. При прохождении тока в этом объеме выделится тепловая мощность:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2 adl}{\rho_0 d}, \quad (1)$$

где ρ_0 – удельное сопротивление воды.

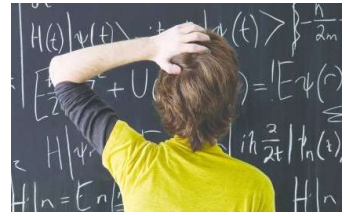


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин

Максимум 50 баллов.



Пренебрегая теплопроводностью воды, можно найти энергию, полученную этим объемом за все время прохождения тока через нагреватель, учитывая, что $t = L/v$:

$$Q = \frac{U^2 a \Delta l}{\rho_0 d} \cdot \frac{L}{v}, \quad (2)$$

где v – скорость течения воды. Так как это количество теплоты затрачивается на нагревание, то $Q = cm\Delta T = c\rho\Delta V\Delta T$, (3) где ρ – плотность воды, c – удельная теплоемкость. При этом температура этого объема увеличилась на:

$$\Delta T = \frac{U^2 a \Delta l}{c\rho\Delta V\rho_0 d} \cdot \frac{L}{v} = \frac{U^2 L}{c\rho\rho_0 d^2 v}. \quad (4)$$

Скорость течения воды связана с ее объемным расходом соотношением:

$$k = adv = \Delta V/\Delta t, \quad (5) \text{ тогда } dv = k/a, \text{ причем } k = 600 \text{ л/ч} = 10 \text{ л/мин} = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Используя это и предыдущее выражение, получим:

$$U = \sqrt{\frac{k\rho\rho_0 cd\Delta T}{aL}} = 132,4 \text{ В} \approx 132 \text{ В}.$$

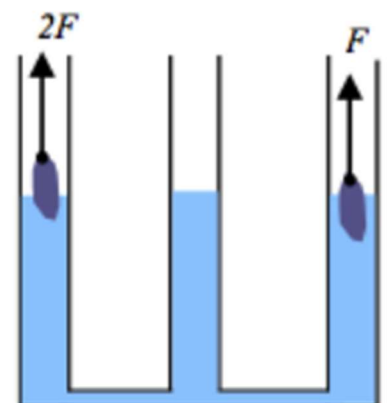
Критерии оценивания:

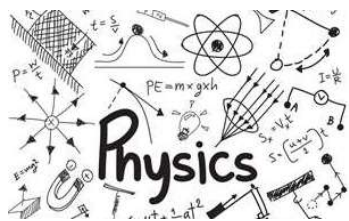
Записана формула для мощности (1)	2 балла
Использована идея, что за счет этого количества теплоты происходит нагрев воды (например, записана формула (3))	2 балла
Получена связь скорости течения воды с ее объемным расходом (5)	2 балла
Получена общая формула для напряжения	2 балла
Получен верный численный ответ	2 балла

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

Задача 4. 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



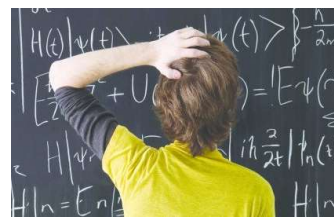


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин

Максимум 50 баллов.



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:

$$3Spgh_2 = m_{\text{содерж}}g.$$

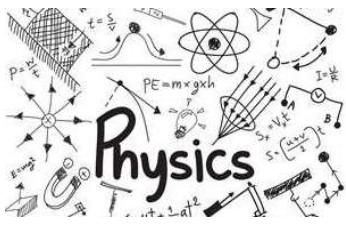
Вычитая из первого уравнения второе, получим:

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

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
Максимум за задачу 10 баллов	



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

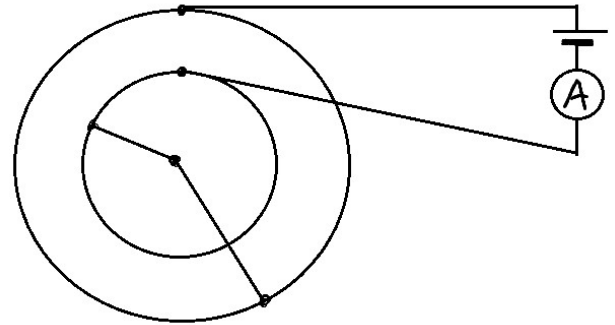
10 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин

Максимум 50 баллов.



Задача 5. Электрические часы. Известные изобретатели Винтик и Шпунтик изобрели для жителей Цветочного города уникальные электрические часы. Для этого они взяли одинаковые по толщине и материалу проволоки и сделали из них минутную и часовую стрелку, а также проложили такую же проволоку по окружностям, которые описываются концами стрелок (см. рисунок).



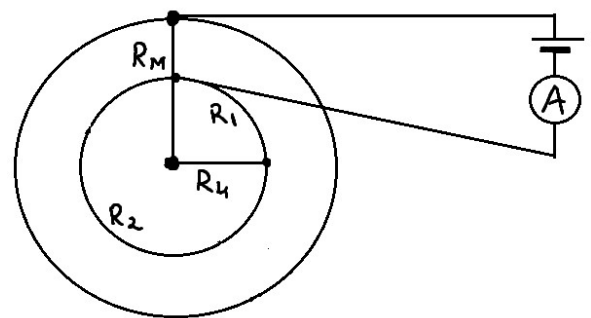
Часовая и минутная стрелки изолированы по всей длине кроме концов и точек крепления к оси. Проволочные окружности не изолированы и к ним в верхних точках подключены последовательно источник напряжения 10 В и амперметр. Жители Цветочного города обнаружили, что в момент, когда часы показывают ровно 3 часа, показания амперметра равны 10 мА. Что увидят они на амперметре, когда часы покажут ровно 6 часов? Амперметр считать идеальным, минутная стрелка в 2 раза длиннее часовой.

Возможное решение:

Электрочасы можно представить в виде комбинации последовательного и параллельного соединений, однако суммарное сопротивление в первой и второй ситуации будет разным, поэтому и показания амперметра будут различными.

Обозначим $R_ч$ и $R_м$ сопротивления часовой и минутной стрелки.

Часовая стрелка делит свою окружность на два отрезка с сопротивлениями R_1 и R_2 , причем они будут соединены параллельно друг другу. По минутному кольцу ток течь не будет (1).



Так как сопротивление проволоки пропорциональна ее длине (материал и поперечное сечение всех проволок в задачи одинаковы) (2), то $R_м = 2R_ч$. Выразим сопротивления R_1 и R_2 через $R_ч$. Длина $l_1 = 2\pi l_ч/4 = \pi l_ч/2$, $l_2 = 3 \cdot 2\pi l_ч/4 = 3\pi l_ч/2$. Тогда $R_1 = \pi R_ч/2$ и $R_2 = 3\pi R_ч/2$.

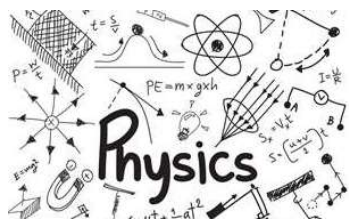
Тогда общее сопротивление цепи в первом случае:

$$R_{03} = R_ч + R_м + R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 3R_ч + (\pi R_ч/2) \cdot (3\pi R_ч/2) / (\pi R_ч/2 + 3\pi R_ч/2) = R_ч (3 + 3\pi/8). \quad (3)$$

По закону Ома: $R_{03} = U/I = 10/0,01 = 1000 \text{ Ом}$. Тогда $R_ч = 239,4 \text{ Ом}$. (4)

Сопротивление во втором случае: $R_{06} = R_ч + R_м + R_3 \cdot R_4 / (R_3 + R_4)$, где $R_3 = R_4 = \pi R_ч$, тогда $R_{06} = R_ч(3 + \pi/2) \approx 1094 \text{ Ом}$. (5)

Тогда $I_2 = U/R_{06} = 9,14 \text{ мА}$.

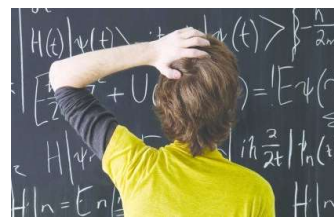


**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по физике**

10 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 3 ч 50 мин

Максимум 50 баллов.



Критерии оценивания:

Утверждение (1) или аналогичное ему по смыслу	1 балл
Утверждение (2) словесно или в виде формулы	1 балл
Нахождение общего сопротивления в первом случае (3)	2 балла
Вычисление сопротивления часовой стрелки из закона Ома (4)	2 балл
Нахождение общего сопротивления во втором случае (5)	2 балла
Нахождение показаний амперметра во втором случае (6)	2 балла
Максимум за задачу 10 баллов	