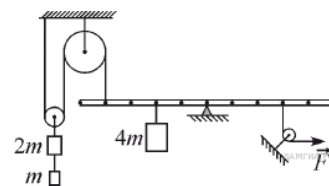


Второй (заключительный) этап олимпиады школьников
«Шаг в будущее» для 8-10 классов по общеобразовательному предмету
«Физика», 8 класс, весна 2018 г.

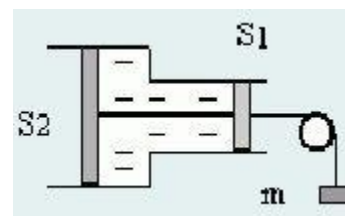
Вариант №1

1. Пользуясь приведённым рисунком, найдите, с какой силой F необходимо тянуть за нить, чтобы суметь удержать рычаг в горизонтальном положении. Массы грузов считаются известными, блок и рычаг невесомый.

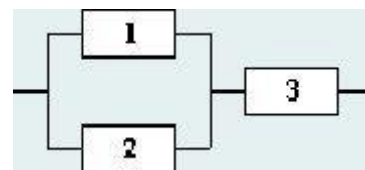


2. Прямоугольная льдина длиной 52 м и шириной 40 м плавает в воде. Высота льдины, выступающей над водой 1 см. Определите, какую работу нужно совершить для полного погружения льдины под воду? Плотность воды 1000 кг/м^3 , плотность льда 900 кг/м^3

3. Невесомая жидкость находится между двумя поршнями, жестко скрепленными друг с другом тонким жестким стержнем. К малому поршню прикреплена нить, перекинутая через неподвижный блок. На нити подвешен брусок массой m . Найдите давление в жидкости. Площадь малого поршня S_1 , большого S_2 . Атмосферное давление не учитывать. Постоянная g известна.



4. Сопротивление схемы, изображенной на рисунке, равно 10 Ом. Если поменять местами резисторы 1 и 3, то сопротивление схемы возрастает в 100 раз. Если же в исходной схеме поменять резисторы 2 и 3, ее сопротивление возрастает на 0,2 %. Найдите сопротивления резисторов.

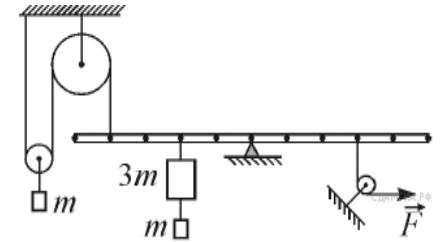


5. Для заполнения проточного бассейна можно использовать два крана, дающих одинаковый поток воды: с горячей и теплой водой. Температура горячей воды $T_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, температура теплой воды $T_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. При испытаниях бассейна заметили, что если открыть только кран с горячей водой, установившаяся температура воды в бассейне будет равняться $T_1/ = 50 \text{ }^\circ\text{C}$. Если же открыть только кран с теплой водой, установившаяся температура воды в бассейне будет равняться $T_2/ = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Определите, какая температура установится в бассейне, если открыть оба крана. Считайте, что поток тепла от воды прямо пропорционален разности температур воды и окружающей среды, а установившийся уровень воды в бассейне одинаков во всех трех случаях.

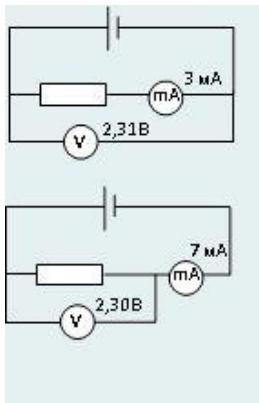
Второй (заключительный) этап олимпиады школьников
«Шаг в будущее» для 8-10 классов по общеобразовательному предмету
«Физика», 8 класс, весна 2018 г.

Вариант №2

1. Пользуясь приведённым рисунком, найдите, с какой силой F необходимо тянуть за нить, чтобы суметь удержать рычаг в горизонтальном положении. Массы грузов считаются известными, блок и рычаг невесомый.



2. Невесомый куб с длиной ребра 30 см погружают в ртуть. Какую при этом совершили механическую работу?



3. Петя поручили измерить сопротивление резистора, выдав ему для этих целей вольтметр, миллиамперметр и идеальный источник питания (всегда выдает одинаковое напряжение). Для измерения сопротивления Петя по очереди собрал две схемы и снял показания приборов (рис.). По результатам измерений, проведенных Вовой, определите: 1) сопротивление резистора R ; 2) сопротивление вольтметра R_V ; 3) напряжение на источнике питания U .

4. В калориметр поместили кусок льда массой M при $t = 0^\circ\text{C}$ и прочно прикрепили ко дну. Затем залили этот лёд водой такой же массой M . Вода полностью покрыла лёд и достигла уровня $H = 20$ см. Определите, какова была температура воды, если после установления теплового равновесия уровень воды в стакане калориметра опустился на $h = 0,4$ см. Плотность воды и льда равны 1000 и 920 Дж/(кг•К) соответственно. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг.

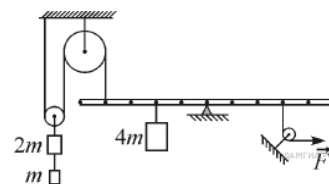
5. Шар радиуса R распилили на две половинки и одну из них плоской поверхностью приклеили водонепроницаемым клеем к горизонтальному дну сосуда. В сосуд налили воды высотой h . С какой силой полушар давит на дно сосуда, если масса полушара m , плотность воды ρ_0 , атмосферное давление $p_{\text{атм}}$?

Решения и критерии оценивания вариантов 1,2. 8 класс

За каждую верно решенную задачу начисляется 20 баллов.

Решение варианта 1, 8 класс

1. Пользуясь приведённым рисунком, найдите, с какой силой F необходимо тянуть за нить, чтобы суметь удержать рычаг в горизонтальном положении. Массы грузов считаются известными, блок и рычаг невесомый.



Возможное решение:

$3mg = 2T$, откуда $T = 1,5 mg$, далее запишем условие равновесия рычага:

$$-1,5mg \cdot 4l_0 + 4mg \cdot 2l_0 - F \cdot 3l_0 = 0, \text{ откуда } F = \frac{2}{3} mg$$

Критерии оценивания задания 1:

- составлен динамический чертёж, расставлены все силы – 2 балла,
- Найдена сила натяжения нити, на которой висит блок с грузами – 2 балла,
- записано условие равновесия рычага – 10 баллов.

2. Прямоугольная льдина длиной 52 м и шириной 40 м плавает в воде. Высота льдины, выступающей над водой 1 см. Определите, какую работу нужно совершить для полного погружения льдины под воду? Плотность воды 1000 кг/м^3 , плотность льда 900 кг/м^3

Возможное решение:

До полного погружения: $mg = \rho_v g h_{\text{подв}} ab$, после погружения $F_{\text{max}} + mg - F_{\text{арх max}} = 0$, где

$$F_{\text{арх max}} = \rho_v g (h_{\text{подв}} + h_{\text{надв}}) ab$$

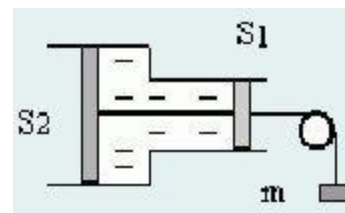
Работа, совершённая по погружению льдины $A = F_{\text{max}} h_{\text{подв}} / 2$

Решая полученную систему уравнений, получаем $A = \frac{\rho_v \rho_l ab h_{\text{надв}}^2}{2(\rho_v - \rho_l)} = 936 \text{ Дж}$

Критерии оценивания задания 2:

- записано условие плавания льдины до полного погружения – 2 балла,
 - найдена глубина погруженной части – 5 баллов
 - записано условие равновесия льдины после погружения и найдена внешняя сила – 5 баллов,
 - записано выражение для работы переменной силы – 5 баллов
- За арифметическую ошибку снимается 2 балла.

3. Невесомая жидкость находится между двумя поршнями, жестко скрепленными друг с другом тонким жестким стержнем. К малому поршню прикреплена нить, перекинутая через неподвижный блок. На нити подвешен брусок массой m . Найдите давление в жидкости. Площадь малого поршня S_1 , большого S_2 . Атмосферное давление не учитывать. Постоянная g известна.



Возможное решение:

При перемещении системы "поршни – вода" в сторону более узкой трубы расстояние между поршнями должно увеличиваться из-за несжимаемости воды. Но так как стержень жестко скрепляет поршни, то система не сможет двинуться под действием внешней силы. Стержень притягивает поршни друг к другу с силой T , и этим создает в жидкости давление p .

Условие равновесия поршней – равенство нулю равнодействующей силы, действующей на поршни: $mg + pS_1 = pS_2$. Или по-другому: Равнодействующая сила на каждом поршне равна нулю: $pS_2 - T = 0$, $pS_1 + mg - T = 0$. Вычтем уравнения и получим: $mg + pS_1 = pS_2$, откуда

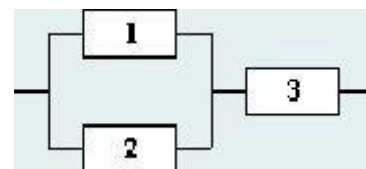
$$p = mg / (S_2 - S_1)$$

Ответ: $p = mg / (S_2 - S_1)$.

Критерии оценивания задания 3:

- сделан динамический чертёж с указанием всех сил – 2 балла,
- записано условие равновесия поршней (каждого) – 5 баллов.

4. Сопротивление схемы, изображенной на рисунке, равно 10 Ом. Если поменять местами резисторы 1 и 3, то сопротивление схемы возрастает в 100 раз. Если же в исходной схеме поменять резисторы 2 и 3, ее сопротивление возрастает на 0,2 %. Найдите сопротивления резисторов.



Возможное решение:

Для первоначальной схемы общее сопротивление $R_1R_2 / (R_1 + R_2) + R_3 = 10$ Ом, если поменять местами резисторы 1 и 3, то общее сопротивление $R_3R_2 / (R_3 + R_2) + R_1 = 1000$ Ом, если поменять местами резисторы 2 и 3, то общее сопротивление $R_1R_3 / (R_1 + R_3) + R_2 = 10,02$ Ом .

Решая совместно три уравнения относительно искомым сопротивлений, находим $R_1 = 1000$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 6$ Ом.

Критерии оценивания задания 4:

- каждое верно найденное значение общего сопротивления – 5 баллов.
- за арифметическую ошибку при решении системы уравнений снимаем 2 балла.

5. Для заполнения проточного бассейна можно использовать два крана, дающих одинаковый поток воды: с горячей и теплой водой. Температура горячей воды $T_1 = 70$ °С, температура теплой воды $T_2 = 40$ °С. При испытаниях бассейна заметили, что если открыть только кран с горячей водой, установившаяся температура воды в бассейне будет равняться $T_1' = 50$ °С. Если же открыть только кран с теплой водой, установившаяся температура воды в бассейне будет равняться $T_2' = 30$ °С. Определите, какая температура установится в бассейне, если открыть оба крана. Считайте, что поток тепла от воды прямо пропорционален разности температур воды и окружающей среды, а установившийся уровень воды в бассейне одинаков во всех трех случаях.

Возможное решение:

По условию, мощность теплоотдачи из бассейна пропорциональна разности температур воды и окружающей среды:

$$P = \alpha \Delta t.$$

Теплоотдача компенсируется тем, что поступающая в бассейн вода теплее, чем вытекающая.

Обозначим массу воды, поступающей в единицу времени в бассейн из одного крана, μ .

Тогда приток тепла в единицу времени равен

$$P = c\mu(t_{in} - t_{out})$$

(c – теплоемкость воды, t_{in} и t_{out} – температура втекающей и вытекающей воды).

Таким образом, можно записать уравнения баланса для ситуаций, когда открыт кран с горячей и теплой водой:

$$\alpha(T_1' - T_0) = c\mu(T_1 - T_1')$$

$$\alpha(T_2' - T_0) = c\mu(T_2 - T_2').$$

Здесь T_0 – температура окружающей среды. Поделим их друг на друга:

$$(T_1' - T_0)/(T_2' - T_0) = (T_1 - T_1')/(T_2 - T_2').$$

Из этого уравнения можно найти T_0 :

$$T_0 = (T_1 T_2' - T_2 T_1') / ((T_1 - T_1') - (T_2 - T_2')) = 10$$
 °С.

Обозначим температуру, которая установится в бассейне, если открыть оба крана, T . Она удовлетворяет соотношению

$$\alpha(T - T_0) = c\mu(T_1 - T) + c\mu(T_2 - T).$$

Разделив на первое уравнение, получим

$$(T - T_0)/(T_1' - T_0) = (T_1 + T_2 - 2T)/(T_1 - T_1').$$

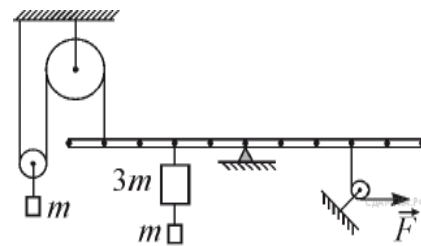
Отсюда $T = (T_1 T_1' - T_2 T_2') / ((T_1 + T_1') - (T_2 + T_2')) = 46$ °С.

Критерии оценивания задания 5:

- записано выражение для мощности теплоотдачи – 2 балла,
 - записано выражение для тепловой мощности (приток тепла) – 2 балла,
 - за каждое верно записанное уравнение теплового баланса – 5 баллов,
- За арифметическую ошибку снимаем 2 балла.

Решение варианта 2, 8 класс

1. Пользуясь приведённым рисунком, найдите, с какой силой F необходимо тянуть за нить, чтобы суметь удержать рычаг в горизонтальном положении. Массы грузов считаются известными, блок и рычаг невесомый.



Возможное решение:

$mg=2T$, откуда $T=0,5 mg$, далее запишем условие равновесия рычага:

$$-0,5mg \cdot 4l_0 + 4mg \cdot 2l_0 - F \cdot 3l_0 = 0, \text{ откуда } F = 2mg$$

Критерии оценивания задания 1:

- составлен динамический чертёж, расставлены все силы – 2 балла,
- Найдена сила натяжения нити, на которой висит блок с грузами – 2 балла,
- записано условие равновесия рычага – 10 баллов.

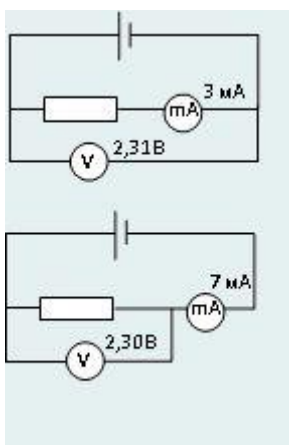
2. Невесомый куб с длиной ребра 30 см погружают в ртуть. Какую при этом совершили механическую работу?

Возможное решение:

$$F_{\max}=F_{\text{арх}}, F_{\max}=\rho g a^3, A= \rho g a^3 a/2=550,8 \text{ Дж.}$$

Критерии оценивания задания 2:

- записано условие равновесия куба при полном погружении – 2 балла,
- записано выражение для силы Архимеда – 2 балла,
- записано выражение для расчёта переменной силы – 10 баллов.



3. Пете поручили измерить сопротивление резистора, выдав ему для этих целей вольтметр, миллиамперметр и идеальный источник питания (всегда выдает одинаковое напряжение). Для измерения сопротивления Петя по очереди собрал две схемы и снял показания приборов (рис.). По результатам измерений, проведенных Вовой, определите: 1) сопротивление резистора R ; 2) сопротивление вольтметра R_V ; 3) напряжение на источнике питания U .

Возможное решение:

1) Заметим, что показания вольтметра в первом и во втором случае отличаются незначительно. Это значит, что амперметр можно считать идеальным (его сопротивление пренебрежимо мало по сравнению с сопротивлением резистора). Тогда в первой

цепи показания вольтметра с большой степенью точностью соответствуют напряжению на резисторе. Сопротивление резистора

$$R = U_1/I_1 = 2,31/0,003 = 770 \text{ (Ом)}.$$

Ответ: $R = 770 \text{ Ом}$.

2) Во второй цепи ток через миллиамперметр равен сумме токов через вольтметр и резистор.

Ток через резистор $I_R = U_2/R = 2,3/770 \approx 3 \text{ мА}$, ток через вольтметр $I_2 = I_2 - I_R = 4 \text{ мА}$, Сопротивление вольтметра $R_V = U_2/I_V = 575 \text{ Ом}$.

Ответ: $R_V = 575 \text{ Ом}$.

3) Т.к. источник питания идеальный, то напряжение на нем равно показаниям вольтметра в первой цепи:

$$U = U_1 = 2,31 \text{ В}.$$

Ответ: $U = 2,31 \text{ В}$.

Критерии оценивания задания 3:

- сделан вывод, что амперметр идеальный – 2 балла,
 - каждый верно выполненный пункт – 6 баллов,
- За арифметическую ошибку снимаем 2 балла.

4. В калориметр поместили кусок льда массой M при $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ и прочно прикрепили ко дну. Затем залили этот лёд водой такой же массой M . Вода полностью покрыла лёд и достигла уровня $H = 20 \text{ см}$. Определите, какова была температура воды, если после установления теплового равновесия уровень воды в стакане калориметра опустился на $h = 0,4 \text{ см}$. Плотность воды и льда равны 1000 и $920 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ соответственно. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$.

Возможное решение:

Если бы весь лед растаял, то уровень воды понизился

$$h_0 = H(\rho - \rho_{\text{л}})/(\rho + \rho_{\text{л}}) \approx 0,87 \text{ см}.$$

Так как $h < h_0$, то в нашем случае не весь лед растаял. Следовательно, в сосуде установилась конечная температура $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Пусть растаяло m кг льда, тогда $cM(t_{\text{в}} - t_{\text{к}}) = \lambda m$, откуда $t_{\text{в}} = \lambda m/(cM) + t_{\text{к}}$.

Очевидно, $m/\rho_{\text{л}} - m/\rho = hS$, $M/\rho_{\text{л}} + M/\rho = HS$, где S – площадь дна.

Тогда $m/M = (h/H) \times (\rho_{\text{л}} - \rho)/(\rho_{\text{л}} + \rho)$ или $(\lambda/c) \times (h/H) \times (\rho - \rho_{\text{л}})/(\rho_{\text{л}} + \rho) \approx 37,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Критерии оценивания задания 4:

- выяснено, что не весь лёд растаял – 5 баллов,
- записано, что температура воды 0 град – 1 балл,
- записано уравнение теплового баланса – 2 балла,

- записаны уравнения, связывающие массы воды и льда и площадью дна сосуда – 5 баллов,
- выведено соотношение между массами воды и льда – 5 баллов.

5. Шар радиуса R распилили на две половинки и одну из них плоской поверхностью приклеили водонепроницаемым клеем к горизонтальному дну сосуда. В сосуд налили воды высотой h . С какой силой полушар давит на дно сосуда, если масса полушара m , плотность воды ρ_0 , атмосферное давление $p_{\text{атм}}$?

Возможное решение:

Искомая сила определяется тремя слагаемыми:

1. весом полушара $\mathbf{P} = m\mathbf{g}$,
2. силой давления атмосферного воздуха, который оказывает силовое воздействие на поверхность воды и передается ею в точки поверхности полушара,
3. силой гидростатического давления воды.

$$\mathbf{F} = m\mathbf{g} + \mathbf{F}_{\text{ат}} + \mathbf{F}_{\text{в}}. (1)$$

Сила $\mathbf{F}_{\text{ат}} = p_{\text{ат}}\mathbf{S}$, где $\mathbf{S} = \pi R^2$ – площадь опоры полушара, перпендикулярная к направлению силы $\mathbf{F}_{\text{ат}}$. Для определения $\mathbf{F}_{\text{в}}$ предположим, что вода под полушар проникла. Тогда действующая на полушар архимедова сила выталкивания $\mathbf{F}_A = \mathbf{F}_2 - \mathbf{F}_1$, где $\mathbf{F}_2 = p_2\mathbf{S} = \rho_0gh\pi R^2$ – сила гидростатического давления воды снизу на плоскую поверхность полушара $\mathbf{S} = \pi R^2$, а сила \mathbf{F}_1 и есть искомая сила $\mathbf{F}_{\text{в}}$. Она равна $\mathbf{F}_{\text{в}} = \mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_2 - \mathbf{F}_A = \rho_0gh\pi R^2 - 2\pi\rho_0gR^3/3 = \pi\rho_0gR^2(h - 2R/3)$. Следовательно, $\mathbf{F} = m\mathbf{g} + p_{\text{ат}}\pi R^2 + \pi\rho_0gR^2(h - 2R/3)$.

Критерии оценивания задания 5:

- записано уравнение (1) – 2 балла,
- верно найдена каждая сила – 6 баллов