

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
2019/2020 УЧЕБНЫЙ ГОД
9 класс (решения)**

1. (10 баллов) Два авианосца движутся навстречу друг другу с постоянными скоростями. Скорость первого авианосца 20 км/ч, скорость второго – 30 км/ч. В момент, когда расстояние между кораблями равно 60 км, с первого авианосца взлетает вертолёт и движется по прямой ко второму авианосцу со скоростью 150 км/ч. Долетев до второго авианосца, вертолёт зависает на 18 минут над этим кораблём, и затем возвращается на первый авианосец, вновь двигаясь со скоростью 150 км/ч. Сколько времени вертолёт отсутствовал на первом авианосце? Найдите путь, пройденный вертолётom.

Ответ: 84 км.

Решение. В первой части полёта вертолёт и второй авианосец сближаются со скоростью 180 км/ч. Значит, вертолёт долетит до второго авианосца за время $t_1 = \frac{60 \text{ км}}{180 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 20$ мин. Затем в течение времени $t_2 = 18$ мин вертолёт двигался

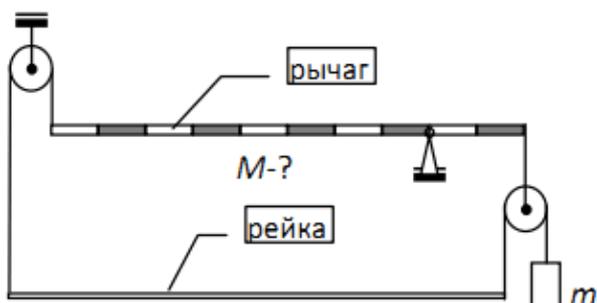
вместе со вторым авианосцем. За $t_1 + t_2 = 38$ мин авианосцы сблизятся на $50 \text{ км} \cdot \frac{38}{60} \text{ ч} = \frac{95}{3} \text{ км}$, и расстояние между ними будет равно $\frac{85}{3} \text{ км}$.

Скорость сближения вертолёта и первого авианосца 170 км/ч, обратный путь займёт время $t_3 = \frac{\frac{85}{3} \text{ км}}{170 \text{ км/ч}} = \frac{1}{6} \text{ ч} = 10$ мин.

Полное время полёта $t = t_1 + t_2 + t_3 = 48$ мин.

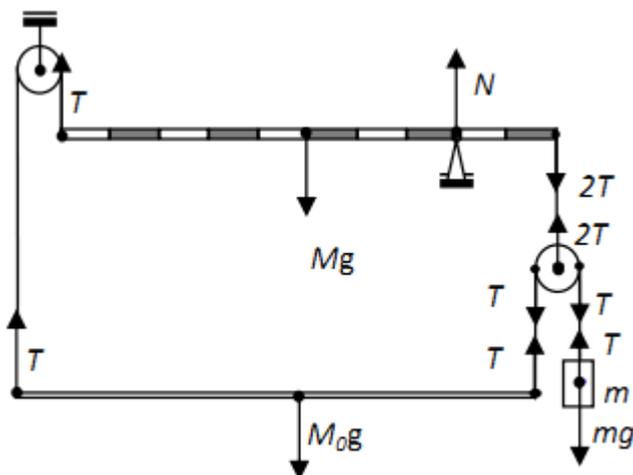
Вертолёт время $t_1 + t_3 = 30$ мин двигался со скоростью 150 км/ч, а время $t_2 = 18$ мин двигался со скоростью 30 км/ч, поэтому путь, пройденный вертолётom, равен $S = 150 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \frac{1}{2} \text{ ч} + 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \frac{3}{10} \text{ ч} = 84 \text{ км}$.

2. (10 баллов) Система состоит из однородного рычага, однородной рейки и груза массой $m = 0,6$ кг, соединённых лёгкими нитями, переброшенными через невесомые блоки. При какой массе M рычага возможно равновесие системы? Трения в системе нет. Участки нитей, не лежащие на блоках, вертикальны.



Ответ: $M = 2,4$ кг.

Решение. Изобразим на рисунке силы, действующие на отдельные элементы системы. Из правила моментов для рейки, записанного относительно её центра, следует, что силы натяжения действующих на неё нитей одинаковы – обозначим их модули через T .



Из условия равновесия невесомого подвижного блока можно найти силу натяжения нити, действующую на правый конец рычага, – её модуль равен $2T$. Тогда из правила моментов для рычага, записанного относительно точки его опоры, получим: $T \cdot 8L + 2T \cdot 2L = 3Mg \cdot L$. Отсюда, с учётом условия равновесия груза $mg = T$, получим: $M = 4m = 2,4$ кг.

3. (10 баллов) Школьница Алиса проводит опыты с нагреванием 1 кг воды от 20°C до 60°C . В течение первой минуты Алиса подводила к сосуду с водой мощность 100 Вт, в течение второй минуты – 200 Вт, далее мощность увеличивалась через каждую минуту на 100 Вт. За какое время вода нагреется до требуемой температуры? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг \cdot °C). Потерями теплоты пренебречь.

Ответ: вода нагреется до требуемой температуры за 7 минут.

Решение. Для нагревания 1 кг воды на $60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$ требуется количество теплоты 4200 Дж/(кг \cdot °C) \cdot 1 кг \cdot $40^\circ\text{C} = 168$ кДж. За первую минуту Алиса сообщает количество теплоты 100 Вт \cdot 60 с = 6 кДж, а за n -ю минуту $6n$ кДж. За 7 минут как раз и будет сообщено количество теплоты $6 \cdot (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7) = 168$ кДж.

4. (10 баллов) Когда к плавающей в воде льдинке приложили направленную вверх силу $T = 1$ Н, она оказалась погружена в воду наполовину. С какой направленной вниз минимальной силой F надо подействовать на льдинку, чтобы полностью погрузить её в воду? Плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³, плотность льда $\rho_1 = 900$ кг/м³.

Ответ: 0,25 Н.

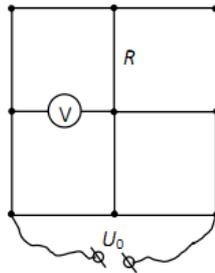
Решение. Когда льдинка объёмом V и массой $m = \rho_1 V$ наполовину погружена в воду, на неё действуют: направленная вниз сила тяжести mg , направленная вверх сила Архимеда $\frac{\rho_0 gV}{2}$ и направленная вверх сила T .

Поскольку льдинка находится в равновесии,

$$T + \frac{\rho_0 gV}{2} = \rho_1 Vg, \text{ и } T = gV(\rho_1 - \frac{\rho_0}{2}).$$

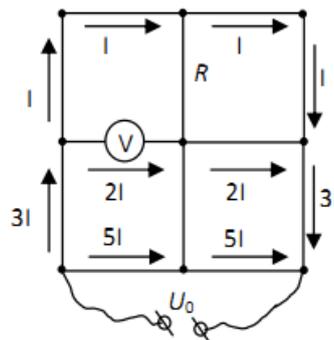
При полном погружении в воду на льдинку действуют: направленная вниз сила тяжести $\rho_1 Vg$, направленная вверх сила Архимеда $\rho_0 gV$ и направленная вниз сила F . В равновесии $\rho_0 gV = F + \rho_1 Vg$, и $F = gV(\rho_0 - \rho_1)$. Разделив два соотношения друг на друга, находим: $F/T = (\rho_0 - \rho_1)/(\rho_1 - \frac{\rho_0}{2}) = 0,25$. Отсюда $F = 0,25 \text{ Н}$.

5. (10 баллов) Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку состоящую из звеньев, имеющих одинаковые сопротивления R . Одно звено заменено на вольтметр, сопротивление которого тоже равно R . К сетке подключён источник напряжения $U_0 = 10 \text{ В}$ так, как показано на рисунке. Найдите показание вольтметра.



Ответ: $U_V = 2 \text{ В}$.

Решение. Изобразим схематически токи, текущие в звеньях сетки, учитывая её симметрию и закон Ома для участка цепи. Согласно этому закону, силы тока в параллельных звеньях, находящихся под одинаковым напряжением, обратно пропорциональны сопротивлениям этих звеньев. При изображении токов также нужно учитывать закон сохранения электрического заряда для узлов сетки – сумма токов, втекающих в узел, должна быть равна сумме токов, вытекающих из узла. Кроме того, заметим, что в силу симметрии схемы токи через средние вертикальные проводники не текут.



Если через верхние звенья течёт ток силой I , то через вольтметр течёт ток силой $2I$ (так как ток I течёт через звенья с общим сопротивлением $4R$, а ток $2I$ – через вольтметр и звено с общим сопротивлением $2R$). Ток силой $3I$ течёт через участок цепи с общим сопротивлением $10R/3$ – этот участок включает в себя все элементы, кроме двух нижних горизонтальных звеньев. Это означает, что через два нижних горизонтальных звена с суммарным сопротивлением $2R$ течёт ток силой $5I$. Напряжение на этих двух нижних звеньях равно $U_0 = 10 \cdot I \cdot R$. Для вольтметра можно записать: $U_V = 2 \cdot I \cdot R$. Отсюда $U_V = U_0/5 = 2V$.

Максимальное количество баллов – 50.