

**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 вертолётном.

**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

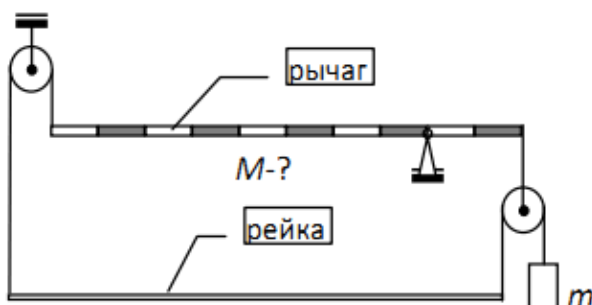
вместе со вторым авианосцем. За  $t_1 + t_2 = 38$  мин авианосцы сблизятся на  $50 \text{ км} \cdot \frac{38}{60} \text{ ч} = \frac{95}{3} \text{ км}$ , и расстояние между ними будет равно  $\frac{85}{3} \text{ км}$ .

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.

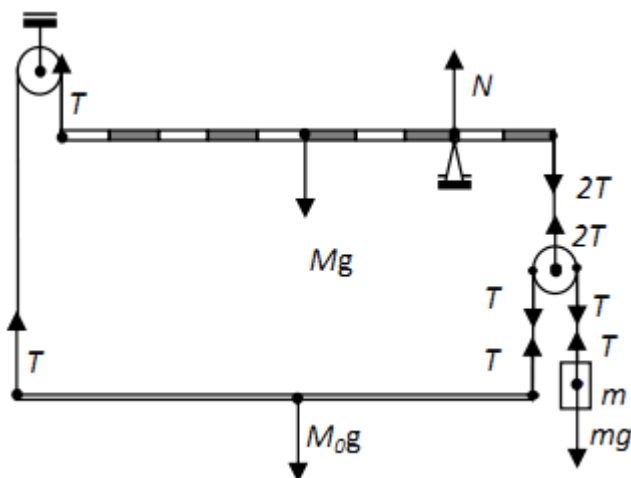
Вертолёт время  $t_1 + t_3 = 30$  мин двигался со скоростью 150 км/ч, а время  $t_2 = 18$  мин двигался со скоростью 30 км/ч, поэтому путь, пройденный вертолётном, равен  $S = 150 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \frac{1}{2} \text{ ч} + 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \frac{3}{10} \text{ ч} = 84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

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  $20^\circ\text{C}$  до  $60^\circ\text{C}$ . 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/м $^3$ , плотность льда  $\rho_1 = 900$  кг/м $^3$ .

**Ответ:** 0,25 Н.

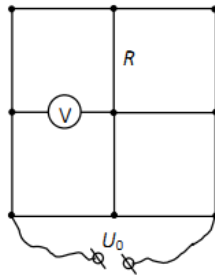
**Решение.** Когда льдинка объёмом  $V$  и массой  $m = \rho_1 V$  наполовину погружена в воду, на неё действуют: направленная вниз сила тяжести  $mg$ , направленная вверх сила Архимеда  $\frac{\rho_0 gV}{2}$  и направленная вверх сила  $T$ .

Поскольку льдинка находится в равновесии,

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

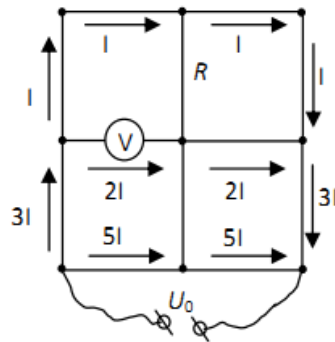
При полном погружении в воду на льдинку действуют: направленная вниз сила тяжести  $\rho_1 Vg$ , направленная вверх сила Архимеда  $\rho_0 gV$  и направленная вниз сила  $F$ . В равновесии  $\rho_0 gV = F + \rho_1 Vg$ , и  $F = gV(\rho_0 - \rho_1)$ . Разделив два соотношения друг на друга, находим:  $F/T = (\rho_0 - \rho_1)/(\rho_1 - \frac{\rho_0}{2}) = 0,25$ . 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  $U_V = U_0/5 = 2В$ .

*Максимальное количество баллов – 50.*