

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ И УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЖЮРИ  
2-о (районного) этапа республиканской олимпиады  
по учебному предмету «Физика»

2021 год

X класс

**ЗАДАЧА 1 «Конус» – 7 баллов**

**ЗАДАЧА 2 «Воздушный шар» – 8 баллов**

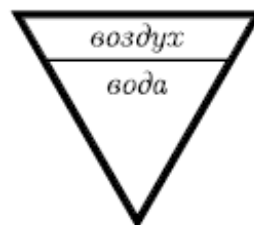
**ЗАДАЧА 3 «Фонарный зайчик» – 10 баллов**

**ЗАДАЧА 4 «Равновесие» – 9 баллов**

**ЗАДАЧА 5 «Разветвленная цепь» – 11 баллов**

**ИТОГО: 45 БАЛЛОВ**

**ЗАДАЧА 1 «Конус».** В закрытом сосуде с жёсткими стенками ёмкостью  $V=1$  л находятся  $V_1=0,8$  л воды и сухой воздух при атмосферном давлении  $p_0$  и температуре  $t_1=+30$  °С. Сосуд представляет собой перевёрнутый основанием вверх конус. Поверх воды налит тонкий слой машинного масла, отделяющий воду от воздуха. Сосуд охлаждают до температуры  $t_2=-30$  °С, при этом вся вода замерзает. Плотность воды  $\rho_1=1\text{г/см}^3$ , плотность льда  $\rho_2=0,9$  г/см<sup>3</sup>. Определите давление воздуха надо льдом.



**РЕШЕНИЕ.** После охлаждения давление воздуха в сосуде изменится, во-первых, из-за понижения его температуры от  $+30$  °С до  $-30$  °С, и, во-вторых, из-за уменьшения занимаемого им объёма от  $V-V_1$  до некоторого  $V'$  (объём уменьшится вследствие расширения замёрзшей воды). Из закона Клапейрона имеем:

$$\frac{p_0(V-V_1)}{T_1} = \frac{pV'}{T_2}, \quad 2 \text{ балла}$$

где через  $T_1$  и  $T_2$  обозначены температуры газа до и после охлаждения, выраженные в градусах Кельвина. Конечный объём газа  $V'$  может быть найден из условия равенства масс воды и льда:

$$V' = V - V_{\text{льда}} = V - \frac{\rho_1}{\rho_2} V_1 \quad 1 \text{ балл}$$

С учётом последнего соотношения получаем:

$$p = p_0 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V-V_1}{V-\frac{\rho_1}{\rho_2}V_1} \approx 1,44 \cdot 10^5 \text{Па} \quad 2 \text{ балла}$$

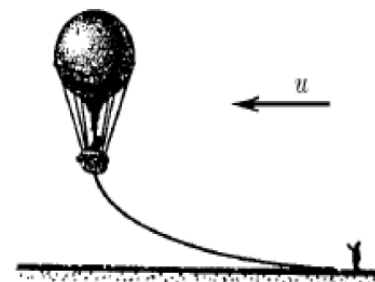
В заключение поясним, для чего в условии сказано, что поверх воды налит тонкий слой машинного масла. Это необходимо для того, чтобы вода не испарялась — в противном случае нам бы пришлось учитывать при расчётах влажность воздуха. 1 балл

Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями.

1 балл

Всего за задачу 7 баллов

**ЗАДАЧА 2 «Воздушный шар».** Масса воздушного шара вместе с канатом, волочащимся по земле, равна  $m$ ; выталкивающая сила, действующая на шар, равна  $F$ ; коэффициент трения каната о землю равен  $\mu$ . Сила сопротивления воздуха, действующая на шар, пропорциональна квадрату скорости шара относительно воздуха  $f = \alpha v^2$ . Найдите скорость шара относительно земли, если дует горизонтальный ветер со скоростью  $u$ .



**РЕШЕНИЕ.** Шар движется вдоль земли благодаря боковому ветру. Согласно закону сложения скоростей относительно земли его скорость составит

$$v_{ш/з} = u - v_{ш/возд}. \quad 1 \text{ балл}$$

Сила трения каната по поверхности земли  $F_{тр} = \mu N$ , где силу реакции можно выразить из проекции сил на вертикальное направление  $N = mg - F$ . Таким образом,

$$F_{тр} = \mu(mg - F). \quad 2 \text{ балла}$$

При равномерном движении силы, действующие в горизонтальном направлении, компенсируют друг друга, поэтому можно записать,

$$f = F_{тр}, \Rightarrow \alpha v_{ш/возд}^2 = \mu(mg - F). \quad 2 \text{ балла}$$

Откуда скорость шара относительно воздуха,

$$v_{ш/возд} = \sqrt{\frac{\mu(mg - F)}{\alpha}} \quad 1 \text{ балл}$$

и окончательно искомая величина скорости относительно земли представится согласно закону сложения скоростей:

$$v_{ш/з} = u - \sqrt{\frac{\mu(mg - F)}{\alpha}} \quad 1 \text{ балл}$$

Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями.

1 балл

Всего за задачу 8 баллов

**ЗАДАЧА 3 «Фонарный зайчик».** Пассажир легкового автомобиля, едущего вдоль канала с водой наблюдает за световым бликом, который отбрасывается спокойной поверхностью воды от фонаря, висящего на противоположном берегу канала. Какова скорость движения блика по поверхности воды относительно берегов канала, если высота фонаря над поверхностью воды  $H = 10$  м, высота глаз пассажира над поверхностью воды  $h = 4$  м, скорость автомобиля  $V = 60$  км/ч?

**РЕШЕНИЕ.** Нарисуем вид канала сверху (см. рис. 1) и обозначим на нем положения автомобиля (А), блика (В) и столба (С) буквами: А, В и С соответственно. Пусть в момент времени  $t = 0$  легковой автомобиль находился

в начале системы координат  $XOY$ —точке  $O$ , причем прямая  $OC$  перпендикулярна берегам канала. Тогда  $OA=Vt$ . Обозначим так же  $OC=L$ ,  $AC=l$ ,  $AB=l_1$ ,  $BC=l_2$

**2 балла**

Нарисуем так же вид сбоку в плоскости  $ABC$  (рис. 2) обозначим местонахождения глаз пассажира  $A_1$ , а фонаря на столбе  $C_1$

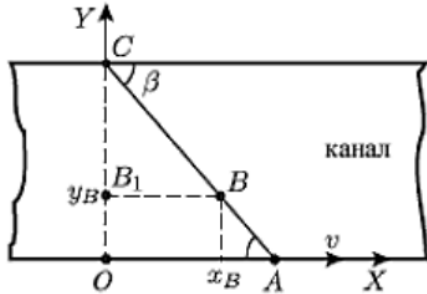


Рис. 1

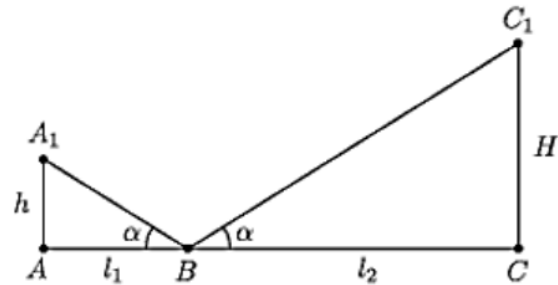


Рис. 2

Треугольники  $AA_1B$  и  $CC_1B$  подобны. Поэтому  $\frac{BC}{AB} = \frac{CC_1}{AA_1} = \frac{H}{h}$ .

Отсюда следует, что и  $\frac{BC}{AC} = \frac{BC}{AB+BC} = \frac{H}{H+h}$ . **3 балла**

Проведем через точку  $B$  на рис. 1 прямую, параллельную берегам канала. Она пересечет перпендикуляр  $OC$  в точке  $B_1$ . Из подобия треугольников  $CB_1C$  и  $CAO$  получаем  $\frac{B_1C}{OC} = \frac{BC}{AC} = \frac{H}{H+h}$ ,

т.е. отношение  $\frac{B_1C}{OC} = \frac{H}{H+h}$  есть постоянная величина. Это означает, что точка  $B_1$  не меняет своего положения со временем. Таким образом, блик движется по прямой, проходящей через точку  $B_1$  параллельно берегам канала. **2 балла**

Найдем скорость блика. Длины отрезков  $B_1B$  и  $OA$  равны  $Vt$  и  $ut$  соответственно. Из подобия треугольников  $CB_1B$  и  $CAO$  следует отношение:

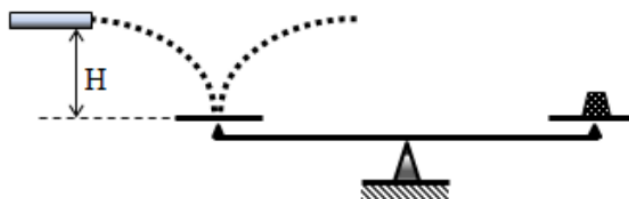
$$\frac{B_1B}{OC} = \frac{BC}{AC} = \frac{H}{H+h}, \text{ но } \frac{B_1B}{OA} = \frac{Vt}{ut}, \text{ т.е. } \frac{H}{H+h} = \frac{Vt}{ut}, \text{ откуда скорость блика}$$

$$u = \frac{H+h}{H} V = \frac{14}{10} 60 = 84 \text{ км/ч.} \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

*Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями.* **1 балл**

**Всего за задачу 10 баллов**

**ЗАДАЧА 4 «Равновесие».** Из горизонтально расположенной трубки вылетают один за другим одинаковые шарики (6000 шариков в минуту) и, опустившись вниз, ударяются о чашку весов, а отскочив, поднимаются на ту же высоту, на которой находится трубка. Найти массу груза, который лежит на другой чашке весов, если весы находятся в равновесии? Масса шарика  $m=0,5$  г, высота расположения трубки над уровнем чашек весов  $H=0,5$  м.



**РЕШЕНИЕ.** Шарики ударяют по чашке весов и отражаются от нее, передавая ей определенный импульс в вертикальном направлении. Если удары следуют часто один за другим, весы будут находиться практически в состоянии равновесия. При этом импульс, передаваемый шариками одной чашке весов за некоторое время, будет равен импульсу силы тяжести, действующей на гирию на другой чаше весов. **2 балла**

Поскольку, отразившись от чашки весов, шарики поднимаются на ту же высоту, то при ударе о чашку вертикальная составляющая скорости шарика  $V$  остается неизменной по модулю. Передаваемый чашке при одном ударе импульс  $p$  равен

$$p=2mV=2m\sqrt{2gH}, (1)$$

так как при ударе вертикальная составляющая скорости меняет знак. **2 балла**

В результате за  $t$  секунд будет передан импульс  $Np$ , где  $N$ – число шариков ударившихся о чашку за время  $t$ . Условие равновесия весов записывается в виде:  $2Nm\sqrt{2gH}=Mgt$  (2) **2 балла**

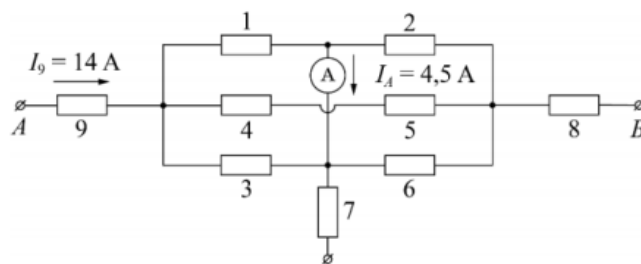
По условию за 1 мин о чашку весов ударяется 6000 шариков, а за 1 секунду ударяется 100 шариков, обозначим эту величину  $n=N/t$

Тогда для массы груза  $M$  на другой чаше весов получим:  
 $M=2nt\sqrt{2H/g}\approx 2\cdot 100\cdot 0,5\cdot 10^{-3}\sqrt{2\cdot 0,5/10}\approx 31,6$  г **2 балла**

*Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями.* **1 балл**

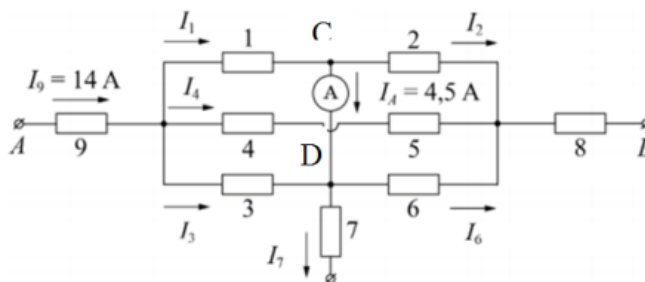
**Всего за задачу 9 баллов**

**ЗАДАЧА 5 «Разветвленная цепь».** На рисунке представлена часть разветвлённой электрической цепи, включающей девять резисторов и идеальный амперметр. Сопротивления резисторов равны:  $R_1=1,0 \text{ Ом}$ ,  $R_2=2,0 \text{ Ом}$ , ...  $R_9=9,0 \text{ Ом}$ , (на рисунке приведены номера резисторов). Сила токов, протекающих через  $R_9$  и амперметр известны:  $I_9=14 \text{ А}$ ,  $I_A=4,5 \text{ А}$ , их направления указаны на рисунке. Определите силы токов, протекающих через резисторы  $R_7$  и  $R_8$ , а также напряжение между точками А и В.



**РЕШЕНИЕ.** Напряжения на резисторах  $R_1$  и  $R_3$ ,  $R_2$  и  $R_6$  одинаковы. Поэтому для токов через них справедливы соотношения

$$I_1=3I_3, \quad I_2=3I_6. \quad 1 \text{ балл}$$



В узле С ток разделяется:  $I_1=I_2+I_A$ . Для узла D:  $I_3+I_A=I_6+I_7$ . 1 балл

Сила тока  $I_7=I_3-I_6+I_A=\frac{1}{3}I_1-\frac{1}{3}I_2+I_A=\frac{1}{3}I_A+I_A=\frac{4}{3}I_A=6 \text{ А}$ . 2 балла

Сила тока, втекающего в рассматриваемый участок цепи,  $I_9=14 \text{ А}$ . Вытекает из участка  $I_7=6 \text{ А}$ , и  $I_8=I_9-I_7=8 \text{ А}$ . 1 балл

Сила тока  $I_4=I_9-(I_1+I_3)=I_9-4I_3$ . (1) 1 балл

Сумма напряжений на резисторах  $R_1$  и  $R_2$  равна сумме напряжений на  $R_4$  и  $R_5$ :  $3I_3R_1+(I_3-I_A)R_2=I_4(R_4+R_5)$ . (2) 1 балл

Решая совместно уравнения (1) и (2), получим:  $I_4=2,0 \text{ А}$ . 1 балл

$$U_{AB}=I_9R_9+I_4(R_4+R_5)+I_8R_8=208 \text{ В}. \quad 2 \text{ балла}$$

*Решение оформлено аккуратно, с необходимыми комментариями и пояснениями.* 1 балл

**Всего за задачу 11 баллов**

**ИТОГО: 45 БАЛЛОВ**