

Решение задач районного этапа РО по физике (2022-2023 учебный год)
10 класс

Задача 1 [7 баллов].

Пусть длина одной доски L , начальная скорость бруска v , ускорение бруска $a = \mu g$, а времена движения бруска по первой и второй доске t_1 и t_2 соответственно. Тогда

$$vt_1 - \frac{at_1^2}{2} = L$$

$$v(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2} = 2L$$

$$v - a(t_1 + t_2) = 0$$

Откуда получаем

$$t_1 = t_2(\sqrt{2} - 1)$$

Пусть масса одной доски M . Сила трения μmg , действующая на доски со стороны бруска массой m , приводит к ускорению $a_1 = \mu mg / (2M)$ при движении бруска по первой доске, когда обе доски движутся вместе, и к ускорению второй доски $a_2 = \frac{\mu mg}{M} = 2a_1$ при движении бруска по второй доске, когда первая отстает от второй и движется с достигнутой за время t_1 скоростью.

$$v_1 = a_1 t_1$$

$$v_2 = v_1 + a_2 t_2$$

Остюда находим

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{t_1 + 2t_2}{t_1} = 5,82$$

Содержание	Баллы
$a = \mu g$	0,5
$vt_1 - \frac{at_1^2}{2} = L$	1
$v(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2} = 2L$	1
$v - a(t_1 + t_2) = 0$	0,5
$t_1 = t_2(\sqrt{2} - 1)$	0,5
$a_1 = \mu mg / (2M)$	1
$a_2 = \frac{\mu mg}{M} = 2a_1$	1
$v_2 = v_1 + a_2 t_2$	1
$\frac{v_2}{v_1} = \frac{t_1 + 2t_2}{t_1} = 5,82$	0,5
Всего	7,0

Задача 2 [8 баллов].

Из условия равновесия верхнего шарика в проекциях на вертикальное и горизонтальное направления имеем

$$N = \frac{mg}{\sin \alpha}$$

$$N_2 = \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Очевидно, такой же будет и сила реакции $N_1 = N_2$

Угол α найдем геометрически

$$2r + 3r \cos \alpha + r = 2R$$

$$\cos \alpha = \frac{2R}{3r} - 1$$

Рассмотрим теперь условие равновесия цилиндра. Сила реакции со стороны пола, которая в

$$N'_1 = N_1$$

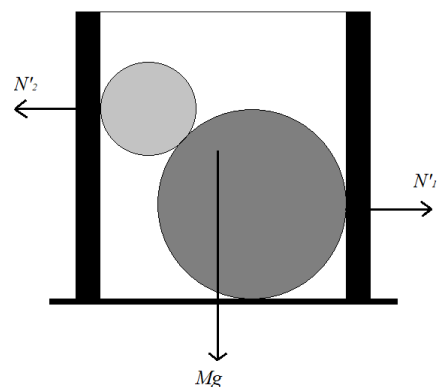
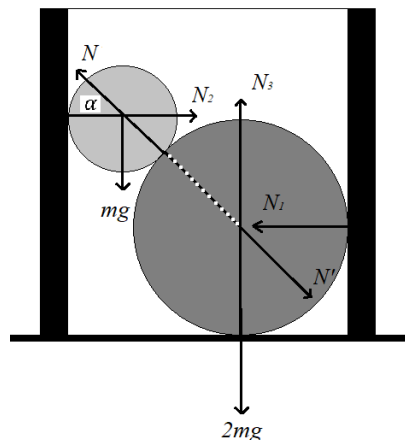
$$N'_2 = N_2$$

Сила реакции со стороны пола, в момент переворота цилиндра окажется сосредоточенной в точке, относительно которой происходит переворот. В этот момент будет выполнено условие равенства моментов сил

$$N_2(2r + 3r \sin \alpha) = N_1 2r + MgR$$

Цилиндр не перевернется при условии

$$M \geq \frac{m(2R - 3r)}{R}$$



Содержание	Баллы
$N = \frac{mg}{\sin \alpha}$	1
$N_2 = \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha}$	1
$N_1 = N_2$	0,5
$2r + 3r \cos \alpha + r = 2R$	1,5
$\cos \alpha = \frac{2R}{3r} - 1$	0,5
$N'_1 = N_1$	0,5
$N'_2 = N_2$	0,5
$N_2(2r + 3r \sin \alpha) = N_1 2r + MgR$	2
$M \geq \frac{m(2R - 3r)}{R}$	0,5
Всего	8,0

Задача 3 [7 баллов].

Пусть через вольтметр V_3 и резистор R_3 , течет ток I_3 .

Его величина составляет $I_3 = U_3/R_v$, где U_3 — показание вольтметра V_3 ; R_v - внутреннее сопротивление вольтметра.

Вольтметр V_2 , будет показывать напряжение, равное сумме падений напряжения на вольтметре V_3 и резисторе R_3

$$U_2 = I_3 R_3 + U_3 \quad (1)$$

Через вольтметр V_2 протекает ток $I_{v2} = U_2/R_v$. Сила тока, протекающего через резистор R_2 , составляет

$$I_2 = I_{v2} + I_3$$

На резисторе R_2 , происходит падение напряжения, равное

$$\Delta U = I_2 R_2 = (U_2 + U_3) R_2 / R_v$$

Вольтметр V_1 , показывает напряжение, равное сумме падений напряжения U_2 (вольтметр V_2) и ΔU :

$$U_1 = U_2 + \frac{(U_2 + U_3) R_2}{R_v}$$

Определим из полученного выражения показание второго вольтметра.

$$U_2 = \frac{U_1 R_v - U_3 R_2}{R_v + R_2} \quad (2)$$

Приравняем выражения (1) и (2):

$$\begin{aligned} \frac{U_3 (R_3 + R_v)}{R_v} &= \frac{U_1 R_v - U_3 R_2}{R_v + R_2} \\ \frac{U_3 (R + R_v)}{R_v} &= \frac{U_1 R_v - U_3 R}{R_v + R} \\ R_1 = R_2 = R_3 &= R \end{aligned}$$

Найдем соотношение между R и R_v .

$$R_v = 2R(3 + \sqrt{10})$$

Тогда, $U_2 \approx 8,65$ В

Содержание	Баллы
$I_3 = U_3/R_v$	0,5
$U_2 = I_3 R_3 + U_3$	0,5
$I_{v2} = U_2/R_v$	0,5
$I_2 = I_{v2} + I_3$	0,5
$\Delta U = I_2 R_2 = (U_2 + U_3) R_2 / R_v$	1
$U_1 = U_2 + \frac{(U_2 + U_3) R_2}{R_v}$	1
$U_2 = \frac{U_1 R_v - U_3 R_2}{R_v + R_2}$	0,5
$R_v = 2R(3 + \sqrt{10})$	2
$U_2 \approx 8,65$ В	0,5
Всего	7,0

Задача 4 [8 баллов].

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_2}{T'_1} \quad (\text{участок 2-3; } V_1 = V_2)$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T'_1}{T_1} \quad (\text{участок 4-1; } V_3 = V_4)$$

Тогда

$$\frac{T_2}{T'_1} = \frac{T'_1}{T_1} \rightarrow (T'_1)^2 = T_1 T_2$$

Отсюда $T'_1 = \sqrt{T_1 T_2}$ — температура газа во втором и четвёртом состоянии.

Определим Δp и ΔV

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T'_1} \quad (\text{участок 3 — 4})$$

$$\Delta p = p_1 \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{\sqrt{T_1}}$$

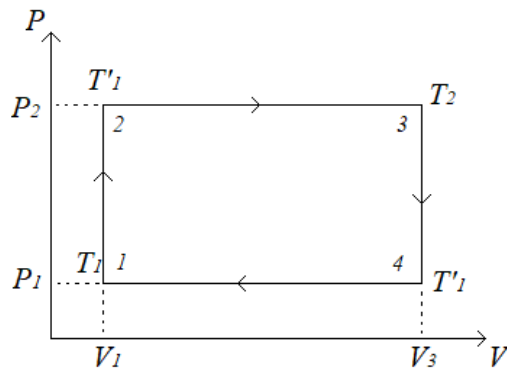
$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_2}{T'_1} \quad (\text{участок 2 — 3});$$

$$\Delta V = V_1 \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{\sqrt{T_1}}$$

Вычислим работу газа за цикл:

$$A = \Delta p \Delta V = R(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2$$

$$p_1 V_1 = RT_1 (\text{первое состояние газа}).$$



Содержание	Баллы
P-V график	1
$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_2}{T'_1}$	1
$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T'_1}{T_1}$	1
$T'_1 = \sqrt{T_1 T_2}$	0,5
$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T'_1}$	1
$\Delta p = p_1 \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{\sqrt{T_1}}$	1
$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_2}{T'_1}$	0,5
$\Delta V = V_1 \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{\sqrt{T_1}}$	1
$p_1 V_1 = RT_1$	0,5
$A = \Delta p \Delta V = R(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2$	0,5
Всего	8,0