

Региональный этап ВсОШ
по физике 2021

1 день

Шифр 1008

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Фирстов Д.В.</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>43</i>	<i>[Signature]</i>
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Шивкина И.Н.</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>43</i>	<i>[Signature]</i>
Председатель (Ф.И.О) <i>Габриил</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>43</i>	<i>[Signature]</i>

Масса оболочки: $M_{об} = 6S = 4\pi r^2 \sigma$ Задана 1.10.3

Условие того, что шар поднимается:

$$\frac{m_{ке} + M_{об}}{V_{об}} < \rho_{возг} \quad (\text{плотности воздушного шара меньше плотности воздуха})$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = nRT$

1) $V_{ке} = \frac{m_{ке} RT}{M_{ке} p_0} \Rightarrow$ запиши условие полетитальности, подставь и преобразуй:

$$\rho_{возг} = \frac{m_{возг}}{V_{возг}} = \frac{p_0 M_{возг}}{RT}$$

$$\Rightarrow \frac{(m_{ке} + 4\pi r^2 \sigma) M_{ке} p_0}{m_{ке} RT} < \frac{p_0 M_{возг}}{RT}$$

$$\Rightarrow m_{ке} > \frac{M_{ке}}{M_{возг} - M_{ке}} \cdot 4\pi r^2 \sigma \quad (\text{лентный предел})$$

Но оболочка не растягивается, в неё может быть закачан газ под давлением выше атмосферного, тогда верхний предел небульности $m_{ке} < m_{возг} - m_{об}$

$$\Rightarrow m_{ке} < \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \frac{p_0 M_{возг}}{RT} - 4\pi r^2 \sigma$$

Ответ: 1) $\frac{M_{ке}}{M_{возг} - M_{ке}} \cdot 4\pi r^2 \sigma < m_{ке} < \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \frac{p_0 M_{возг}}{RT} - 4\pi r^2 \sigma$

2) чтобы шар был возможен, полностью заполненная газом оболочка (при атмосферном давлении) должна быть легче воздуха.

$$\frac{p_0 M_{ке}}{RT} + \frac{m_{об}}{V} < \frac{p_0 M_{возг}}{RT} \Rightarrow \frac{6}{r} < \frac{p_0}{3RT} (M_{возг} - M_{ке})$$

Ответ: 2) $\frac{6}{r} < \frac{p_0}{3RT} (M_{возг} - M_{ке})$ Соотношение параметров шара, при котором возможен подъем.

Докажем, что линии дымового следа - дуги параболы. Перейдем в со, в которой воздух неподвижен, тогда паровоз движется на север (вверх по рис.) и имеет постоянную скорость $v_{\text{возд}}$. Тогда $\frac{v_y}{v_x} = \frac{a \cdot t}{v_{\text{возд}}}$, $t = \frac{v_x \cdot x}{v_{\text{возд}}}$

$$\Rightarrow \frac{v_y}{v_x} = \frac{dy}{dx} = \frac{a \cdot x}{v_{\text{возд}}^2} \Rightarrow y = \int \frac{a \cdot x}{v_{\text{возд}}^2} dx = \frac{a \cdot x^2}{2 v_{\text{возд}}^2}$$

(Воспользуемся $v_{\text{возд}} = 1$). Доказанный факт,

что эта дуга - парабола, пригодится в дальнейшем.

Заметим, что путь паровоза между кадрами I и II - 6 клеток, между кадрами II и III - 20 клеток. Путь, пройденный за n -ый интервал при равноускоренном движении, пропорционален n -ому нечетному числу в ряду $1:3:5...$, потому путь за первый интервал τ - 2 клетки, что соответствует первому интервалу движения. Значит, в $t=0$ труба паровоза отстоит на 3 клетки от точки O.

Заметим, что дымовой шлейф сближается на 8 клеток вправо за интервал τ (см. кадры II и III и шлейфы). Тогда смещение за первую секунду соотносится как 2:8:

$$\frac{a \cdot \tau^2}{2 \cdot 1^2} = \frac{a \cdot \tau^2}{2 \cdot 4} = \frac{2}{8} \Rightarrow \tau = \frac{4}{8a} = 5 \text{ с}$$

Отсюда $y = 8$ клеток - $\frac{a \cdot t^2}{2} = 2,5 \text{ м} \Rightarrow$ В $t=0$ труба находилась в $3 \cdot 2,5 \text{ м} = 7,5 \text{ м}$ от точки O.

Ответ: $\tau = 5 \text{ с}$. В начальный момент времени труба неподвижного паровоза находилась в $7,5 \text{ м}$ от точки O.

Обработка таблицы. - построим закон $F = kV^n$
 кобдо таблицу. Условие равномерного движения $kV^n = mg$
 Δt берем рассчитаем по формуле $\left(\frac{T_3 + T_4}{2}\right) - \left(\frac{T_2 + T_1}{2}\right)$
 что обеспечит средние результаты по времени.
 Расонку на эти значения на расонку сил по касательной.
 Найдем скорость по формуле $V = \frac{S}{\Delta t}$, где $S =$
 $= 0,23$ м по условию. (брать более 3-х знаков после
 запятой не следует, т.к. погрешность $S = 23 \pm 0,5$ см).

$F, \text{ мН}$	$\Delta t, \text{ мс}$	$V, \text{ м/с}$	$\ln(F(\text{Н}))$	$\ln(V(\text{м/с}))$
5,33	208	1,105	-5,235	0,1
6	200,5	1,147	-4,962	0,137
7	181,5	1,267	-4,862	0,237
7,9	170	1,353	-4,884	0,302
8,94	154	1,496	-4,777	0,401
9,9	141,5	1,625	-4,615	0,486
11,25	128,5	1,789	-4,488	0,582

По таблице построим график и проведем
 оптимизацию кривой, см. график

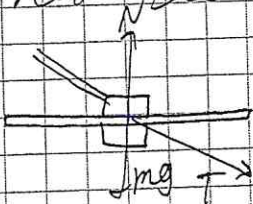
$$\ln(F) = -5,2 + 2,54 \ln(V) \Rightarrow k = 5,52 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$$

$$\Rightarrow k = 4,84 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2 \quad n = 1,5$$

Этот коэффициент нам в данном случае
 не интересен, т.к. надо только знать
 перекроет фотодатчик или нет.

Ответ: $F = kV^n$, $k = 4,84 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$, $n = 1,5$

Рассмотрим снос действующий [Задача 1.102]
 на лёгкое кольцо на гладкой стержне.



На кольцо действует сила реакции N , сила тяжести mg (преждевременно мала) и сила упругости

стержня T . $F = ma$ (II закон Ньютона), т. е.

кольцо очень лёгкое, можно считать, что стержень на него не действует. ($\vec{a} = 0$)

Тогда стержень не действует и на систему шарнира и груза. Значит, шарниры и грузы m падают с одинаковым ускорением $\vec{g}$, направленным вниз.

$$1) \vec{a}_{ш} = \vec{g}; \vec{a}_{г} = \vec{g}$$

Груз, шарнир и кольцо останутся на одной прямой, когда шарнир (и груз) опустятся на расстояние $2L \sin \alpha$.

Век скорости в этот момент

$$V = \sqrt{2g \cdot 2L \sin \alpha} = 2\sqrt{gL \sin \alpha}$$

$$V_{ш} \sin \alpha = V_{к} \cos \alpha \Rightarrow V_{к} = V_{ш} \tan \alpha = 2 \tan \alpha \sqrt{gL \sin \alpha}$$

Каждый закреплен, взяв произвольную во времени.

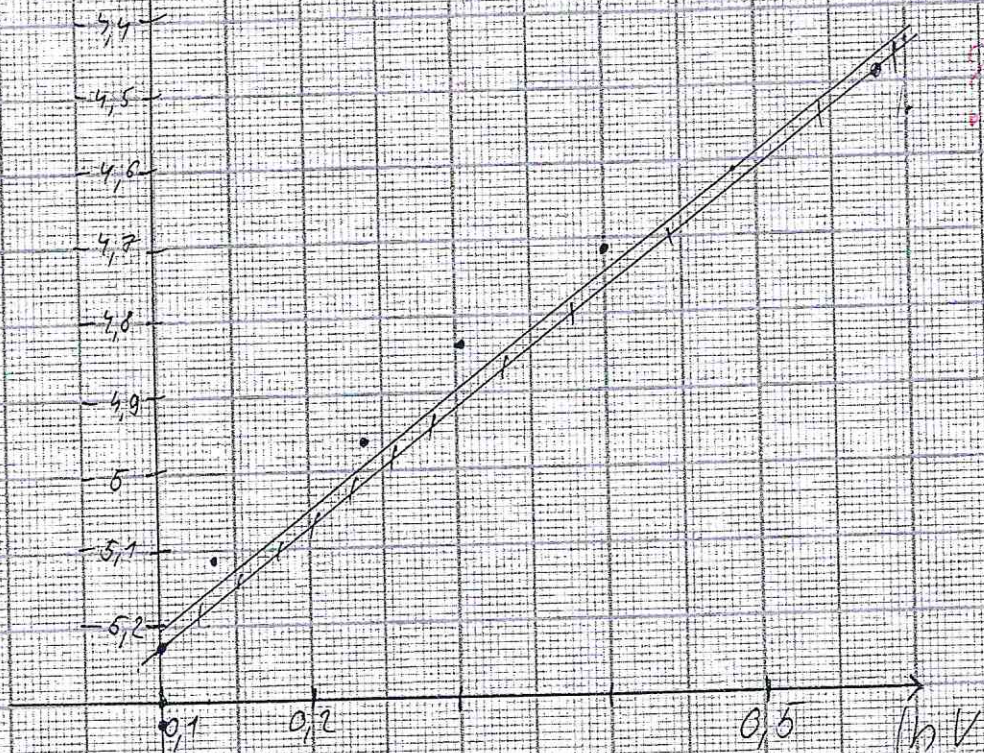
$\ln F$

$$\ln(F) = -5,33 + 1,57 \ln V$$
$$\ln(F) = -5,33 + 1,5 \ln V$$

к загаре

1. 10. 4

Израфик



Региональный этап ВсОШ
по физике 2021

2 день

Шифр 1008

Таблица для жюри

№ задачи	1	2	3	4	Итого	Подпись
Эксперт №1 (Ф.И.О) <i>Колес С.А.</i>	13	5	10	4	32	
Эксперт №2 (Ф.И.О) <i>Егоршин И.Н.</i>	13	5	10	3	31	
Председатель (Ф.И.О) <i>Габришич</i>	13	5	10	3	31	

Задача 2.10.1

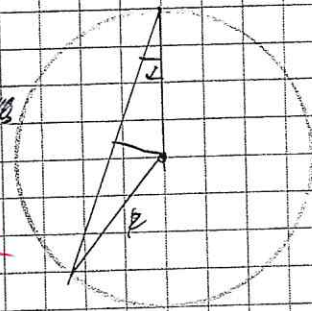
Докажите следующее свойство:

Если в вершине окружности летит шарик и исходящий из вершины касательный шарик, то шарик в любой случай пересечётся с окружностью за одно и то же время:

$$s = \frac{a}{2} t^2 \quad t^2 = \frac{2s}{a}; \text{ при } t^2 = t_{\min}^2 \quad \frac{2s}{a} \text{ минимально}$$

$$s = 2R \cos \alpha; \quad a = g \sin(90^\circ - \alpha) = g \cos \alpha;$$

$$= \frac{2s}{a} = \frac{4R \cos \alpha}{g \cos \alpha} = \text{const}; \quad t \sim R.$$



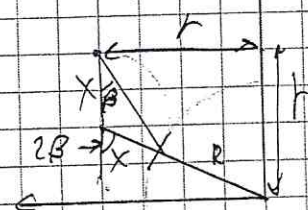
Чтобы доказать утверждение в задаче окружности за минимальное время, нужно опустить из A касательную до касания.

Запишем уравнения: $\begin{cases} x + (x+R) \cos 2\beta = r \\ (x+R) \sin 2\beta = r \end{cases}$

Отсюда, решая систему, получаем:

$$x = \frac{2r^2 - R^2}{2(R+r)}.$$

Найдём x , найдём минимальное



время движения шарика:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2x \cos \alpha}{g \cdot \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{4x}{g}} = 2\sqrt{\frac{x}{g}}$$

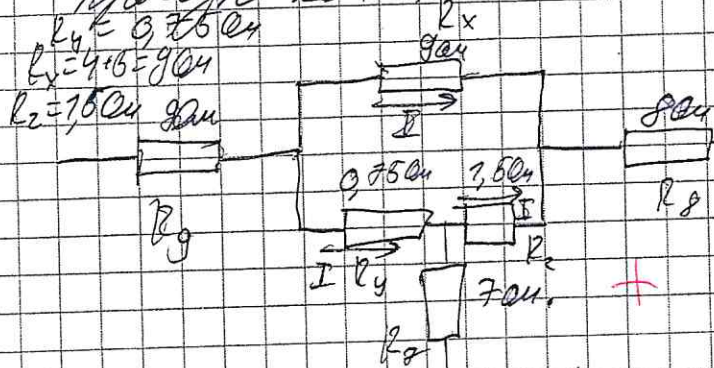
$$\Rightarrow t = 2\sqrt{\frac{2r^2 - R^2}{2(R+r)g}}$$

Ответ: $t = 2\sqrt{\frac{2r^2 - R^2}{2(R+r)g}}$ — минимальное время движения шарика по АД.

Задача 2.10. В

Преобразуем сеть, заменив амперметр (идеальный)

проводником и включив суммарное сопротивление.



Запишем законы Кирхгофа.

$$\begin{cases}
 1) R_x I_x - R_z I_z - R_y I_y = 0 \\
 2) I_0 = I_x + I_z = 14\text{А} \\
 3) I_8 = I_x + I_z \\
 4) I_7 = I_z - I_y \\
 5) I_7 + I_8 = 14\text{А} \\
 6) I_x + I_y = 14\text{А}
 \end{cases}$$

Из записанных уравнений:

$$I_8 + I_7 = 14\text{А} = 2I_z + I_x - I_y$$

$$I_x - I_y = I_7$$

Из 3) и 4) получаем $I_8 = I_x + I_z + I_y$, 6) $I_x + I_y = 14\text{А}$ $\Rightarrow I_7 = 0\text{А}$ — ток через R_7 не течет.Тогда $I_8 = 14\text{А}$; $I_z = I_y = 7\text{А}$

$$\begin{aligned}
 \text{Возьмем напряжение на } R_z \text{ } U_z = R_z I_z \\
 = 7 \cdot 7 = 49\text{В}
 \end{aligned}$$

Задача 2.10.4

Опыт 1) Объем коробки равен 100 см^3 ($V = abc$)

Опыт 2) Внешний диаметр трубки даже не измеряется.

Опыт 3) $S/2V \Rightarrow S = \frac{V}{1} = 1 \text{ см}^2$ — площадь сечения трубки, её объем тоже будет занят жидкостью водой, это надо учитывать. +2

В опытах 4, 5, 6, 7) измеряют площадь сечения серого ящика равна $S_{\text{я}} = \frac{dV}{dh} - S_{\text{тр}}$, где $S_{\text{тр}} = 1 \text{ см}^2$. Тогда по опытам ~ 6 и ~ 7:

~ 7) для 3 см $S_{\text{я}} = \frac{33 \text{ см}^3}{3 \text{ см}} - 1 \text{ см}^2 = 10 \text{ см}^2$.

от 3 см до 5 см : $S_{\text{я}} = \frac{12 \text{ см}^3}{2 \text{ см}} - 1 \text{ см}^2 = 5 \text{ см}^2$

в дальнейшем получаем (от 5 см до 10 см) $S_{\text{я}} = \frac{16 \text{ см}^3 - 6 \text{ см}^3}{5 \text{ см}} = 2 \text{ см}^2$.

~ 8) Первые 10 см не попадают на дно, значит, существует некая "ванночка" высотой $V = 10 \text{ см}$ под отверткой. Для h от 0 до 30 мм $S_{\text{я}} = 10 \text{ см}^2$,

затем от 3 см до 5 см $S_{\text{я}} = 5 \text{ см}^2$. Далее от

$h = 5 \text{ см}$ до $h = 10 \text{ см}$ $S = 2 \text{ см}^2$.

По опытам ~ 6 и ~ 7 построено изображение ящика.

См. рис. 1 на следующей странице (масштаб 1:1).

По опытам ~ 4 и ~ 5): ~ 4) Первое 9 см попадает в +2
отдельный отсек — "ванночку", затем при $0 < h < 3 \text{ см}$ $S_{\text{я}} = 3 \text{ см}^2$,
дальше — от 3 до 5 см $S_{\text{я}} = 6 \text{ см}^2$, затем
до 7 см $S_{\text{я}} = 2 \text{ см}^2$, затем еще один отсек объемом
 $V = 27 \text{ см}^3$.

Следует учесть, что если пустот составили $V_{\text{н}} = h_{\text{тр}} S_{\text{тр}} = 15 \text{ см}^3$ для опытов ~ 3 и ~ 4

отверстие



Чертеж
и задачи
2.10.4

→
стрелка
не нужна

к крышке ←

