Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

117215

120

Шифр __________________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

+1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Назяков Руслан Владимирович

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Москва, ГБОУ СОШ №1580 при

Регистрационный номер 1905

Вариант задания вариант №1,3

Дата проведения «17» февраля 2019 г.

Подпись участника Назяков

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
5	10	15	15	25	25					95

117215

Шифр ________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

девяносто пять

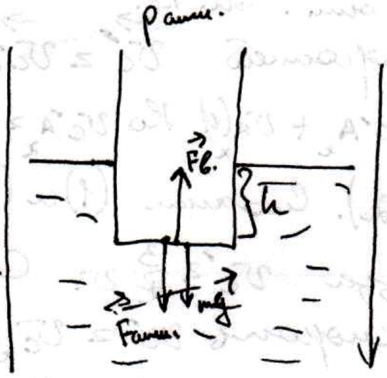
215

Вариант № 1

Задача №1. 5

Дано:
$m=1$кг
$V=3$л
$S=0{,}02$м^2

$\Delta p = p_{в.}-p_{атм.}=?$



Проанализируем данные. Масса банки $m=1$кг, тогда сила тяжести, действующая на неё равна $F_т.=mg=9{,}8$Н. В предельном случае, когда банка полностью погружена в воду до краёв (но вода ещё не заливается в неё) сила давления со стороны воды уравновешивается силой давления атмосферы и силой тяжести. При заполнении банки водой рассматривать разность бессмысленно, т.к. высота столба воды в банке примерно равна высоте столба воды, действующего на банку снаружи => их давление равны и банка просто начинает тонуть. Поэтому рассматриваем состояние полое банки, когда в ней нет воды: $\vec{F_в}. + \vec{F_{атм.}} + m\vec{g} = 0$, где $F_в.=p_в.\cdot S$, $F_{атм.}=p_{атм.}\cdot S$.

В проекциях: Oy: $mg + p_{атм.}S - p_в.S = 0$, тогда $p_в.-p_{атм.}=\frac{mg}{S}=490$Па.

5

Ответ: $\Delta p = p_в. - p_{атм.} = 490$Па.

Задача №2. 10

Дано:
$\nu=2$моль
$A_{вн}=500$Дж
$\Delta T=10°C$
$R=8{,}3\frac{Дж}{К\cdot моль}$
He

$C_\mu=?$

$C_\mu=\frac{C}{\nu}=\frac{Q}{\nu\Delta T}$, где Q – кол-во тепла, полученного газом.
По I закону термодинамики $Q=A_{газа}+\Delta U$, где
$A_{газа}=-A_{вн.}=-500$Дж, $\Delta U=\frac{i}{2}\nu R\Delta T=\frac{3}{2}\cdot 2\cdot 8{,}3\cdot 10=$
$=249$Дж ($i=3$, т.к. He – одноатомный газ).
Тогда $Q=-A_{вн.}+\frac{i}{2}\nu R\Delta T$; $C_\mu=\frac{-A_{вн.}+\frac{i}{2}\nu R\Delta T}{\nu\Delta T}=$

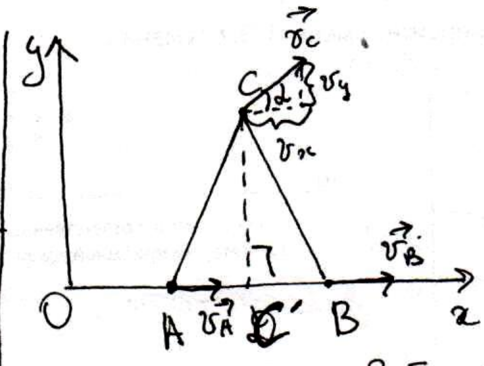
$$=\frac{-A_{вн.}}{\nu\Delta T}+\frac{i}{2}R=\frac{-500}{2\cdot 10}+\frac{3}{2}\cdot 8{,}3=-12{,}55\frac{Дж}{К\cdot моль}.$$

Ответ: $C_\mu=-12{,}55\frac{Дж}{К\cdot моль}$.

Задача №3. (15)

Дано:
$v_A = v$
$v_B = 2v$
$v_C = 3v$
$AC = BC$

$\alpha = ?$



Проведем через отрезок AB ось Ox. Опустим высоту в △ACB из точки C, т.е. $CC' \perp AB$. Т.к. △-к равнобедренный, то $CC' \perp AB$ и CC' – медиана, т.е. $AC' = C'B$. По условию ACB – всегда равнобедренный △, значит в любой момент времени точка C' делит отрезок AB пополам (т.к. CC' всегда медиана и высота). Но C' – проекция т. C на ось Ox. $AC' = v_{AC'} t = v_{BC'} t = BC'$ => $v_{AC'} = v_{BC'}$, где t – время движения, $v_{AC'}$ – скорость т. C' отн. т. A, $v_{BC'}$ – отн. т. B.

ЯСО – земля
ПСО – точки (A|B)
тело – точка C'

По з-ну сложения скоростей $\vec v_{C'} = \vec v_{C'A} + \vec v_A$

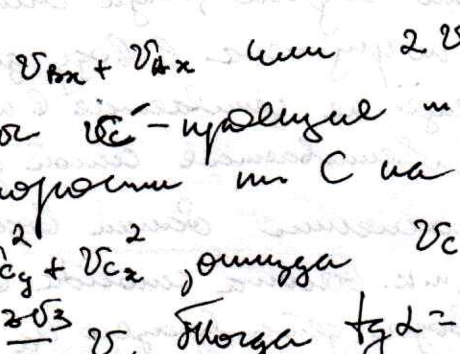
В проекциях на Ox: $v_{C'_x} = v_{C'A_x} + v_{A_x}$ (1). Но $v_{C'A_x} = -v_{C'B_x}$ т.е. Ox: $v_{C'_x} = +v_{C'B_x} + v_{B_x}$ (2). Сложим (1) и (2), получим $2v_{C'x} = v_{Bx} + v_{Ax}$ или $2v_{C'} = 3v$, откуда $v_{C'} = \frac{3}{2}v$. С другой стороны $v_{C'}$ – проекция т. C на Ox => скорость $v_{C'} = v_{Cx}$, т.е. проекция скорости т. C на Ox. По Oy скорость т. C равна v_{Cy}. Тогда $v_C^2 = v_{Cy}^2 + v_{Cx}^2$, откуда $v_{Cy}^2 = v_C^2 - v_{Cx}^2 = 9v^2 - (1{,}5v)^2 = 6{,}25v$, тогда $v_{Cy} = \frac{3\sqrt3}{2}v$. Тогда $tg\,\alpha = \frac{v_{Cy}}{v_{Cx}} = \frac{\frac{3\sqrt3}{2}v}{\frac{3}{2}v} = \sqrt3$ => $\alpha = 60°$. Т.к. мотоциклист едет по прямой, т.е. направление дороги совпадает с направлением скорости, аналогично для т. A и B, то угол между дорогами равен угол между скоростями, т.е. угол α.

Ответ: $\alpha = 60°$.

Задача №4. (15)

Дано:
V_1, p_1, T_1
$T_2 = \frac{T_1}{4}$
$p_3 = \frac{p_1}{2}$
$pV^n = const$

$n = ?$
$F_{p(V)}$ – ?
$T_{p(V)}$ – ?



По з-ну Гей-Люссака в процессе $\boxed{1-2}$: $p = const$ => $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{4V_2}{T_1}$, тогда $V_2 = \frac{V_1}{4}$ (отмечено на графике).

$\boxed{2-3}$: по з-ну Шарля, т.к. V_2 const, то $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$, где $p_2 = p_1$, $p_3 = \frac{p_1}{2}$, $T_2 = \frac{T_1}{4}$

$\frac{4p_1}{T_1} = \frac{p_1}{2T_3}$, откуда $T_3 = \frac{T_1}{8}$

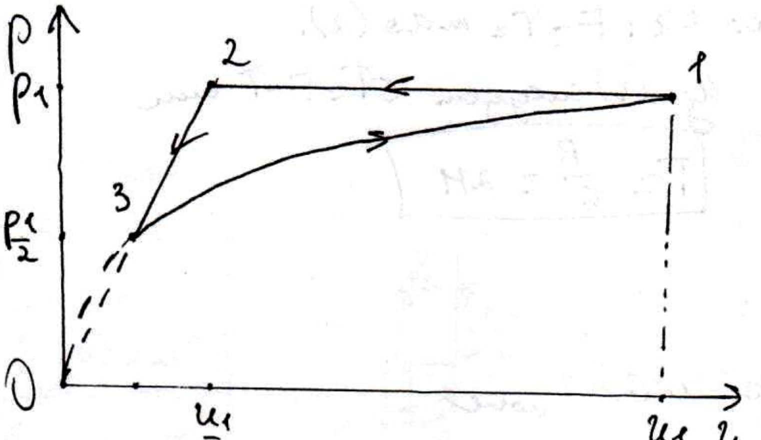
$\boxed{3-1}$: по условию $pV^n = const$ или, для нашего процесса: $p_3V_3^n = p_1V_1^n$. Подставим $p_3 = \frac{p_1}{2}$, $V_3 = V_2 = \frac{V_1}{4}$

$\frac{p_1}{2}\cdot\left(\frac{V_1}{4}\right)^n = p_1 V_1^n$ или $\frac{1}{2\cdot 4^n} = 1$; $4^n = \frac{1}{2}$, т.е. $\boxed{n = -\frac{1}{2}}$

Вернёмся к данной зависимости: $pV^{-\frac{1}{2}} = const$. Перепишем её в виде $p = \frac{const}{V^{-\frac{1}{2}}}$ или $p = const\cdot\sqrt{V}$ – график данной ф-ции – ветвь параболы, направленной в направлении Ox, что соответствует изображённому на графике участку 3-1.

Обратимся теперь к графику $p(U)$. $U_1 = \frac{i}{2}\nu R T_1$, где $\frac{i}{2}\nu R = const = \alpha$, т.е. $U_1 = \alpha T_1$. $T_2 = \frac{T_1}{4} \Rightarrow U_2 = \alpha T_2 = \frac{\alpha T_1}{4} = \frac{U_1}{4}$.

Т.е. процессу $\boxed{1-2}$ в новом графике соответствует значение:



$\begin{cases} p = const \\ U_1 = U_1 \\ U_2 = \frac{U_1}{4} \end{cases}$

В процессе $\boxed{2-3}$:

$\frac{p}{T} = const \Rightarrow p \sim T$

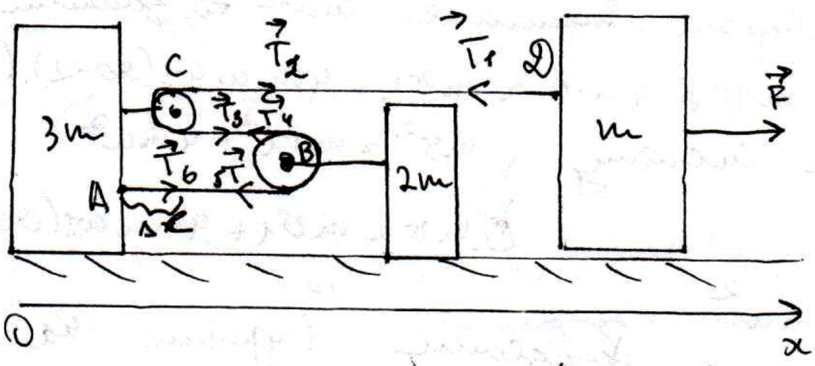
Аналогично $U = \frac{i}{2}\nu R T$, т.е. $U \sim T$. Две величины прямо пропорциональны з-ду, тогда они пропорциональны друг другу, т.е. $p \sim U$ или $p = \beta U$, где β – некая константа. Получаем линейную зависимость.

$\boxed{3-1}$ Т.к. $p = const\sqrt{V}$, тогда $V = \frac{p^2}{const}$. Возьмём ур-ние Клапейрона-Менделеева и подставим V, получим $\frac{p^3}{const} = \nu RT$, откуда $p = \sqrt[3]{\nu RT\cdot const}$ – график „ветвь" кубической параболы (изображено на графике). Ответ: $n = -\frac{1}{2}$

Задача №5. 25

Дано:
$F = 12$ Н
$m, 3m, 2m$

$T = ?$



Пусть брусок 3m, т.е. и точка A, прошёл некоторое малое расстояние Δl за время τ. На блоке B нить прошла и сверху, и снизу Δl т.е. точка B прошла расстояние $2\Delta l$. Рассмотрим теперь блок C. Вокруг него нить и сверху, и снизу проходит путь $4\Delta l$, тогда сам блок проходит $2\Delta l$, а нить – $2\Delta l$. Из условия нерастяжимости и невесомости $\Rightarrow$ на конце нить (т. D) должна пройти суммарное расстояние (пока она разорвется), т.е. $l_D = 5\Delta l$. Обозначим ускорение т. D за a_D, точки A за a_A

$a_D\frac{t^2}{2} = l_D$ откуда $a_D = \frac{2l_D}{t^2}$, аналогично $a_A = \frac{2l_A}{t^2}$, тогда

$\frac{a_D}{a_A} = \frac{l_D}{l_A} = \frac{5\Delta l}{\Delta l} = 5 \Rightarrow a_D = 5a_A$. Из условия невесомости и нерастяжимости $T_1 = T_2 = \ldots = T_6 = T$, тогда по динамическому ур-нию движение для блока A имеем $\vec{T}_3 + \vec{T}_6 + \vec{T}_2 = 3m\cdot\vec{a}_D$

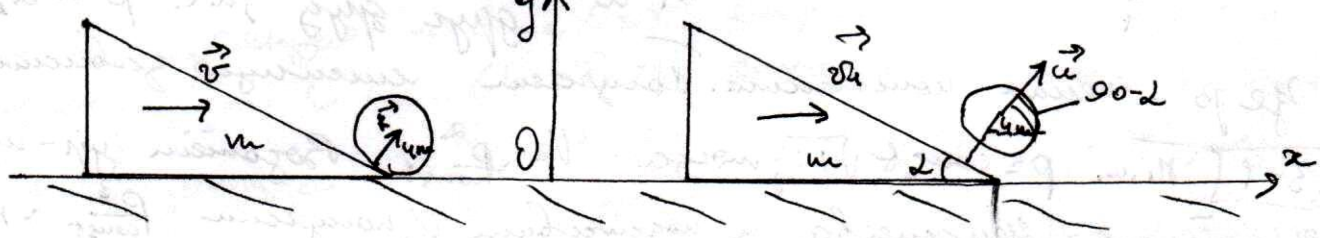
В проекциях: Ox: $3T = 3m a_A = 3m\frac{a_D}{5}$ (1) Для блока D аналогично $\vec{F} + \vec{T}_1 = m\cdot a_D$ или в проекциях: Ox: $F - T = m a_D$ (2).

$$\begin{cases} F - T = m a_D \\ 3T = 3m\frac{a_D}{5} \end{cases} \qquad \begin{cases} m a_D = F - T \\ 3T = \frac{3}{5}(F-T) \ (3) \end{cases}$$

Из (3) следует $5T = F - T$ или $\boxed{T = \frac{F}{6} = 2H}$

Ответ: $T = \frac{F}{6} = 2H$.

Задача №6. 25



Дано:
$v = 4\frac{м}{с}$
$4m$
m
$\alpha = 30°$

$H = ?$

Т.к. удар абсолютно упругий, то выполняется ЗСЭ. Пусть скорость клина после удара $\vec{v}_1$, шарика $\vec{u}$.

Тогда $\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{4mu^2}{2}$ (2) ~~...~~ По оси Ox на систему не действуют внешние силы $\Rightarrow$ запишем ЗСИ в проекциях на Ox: $mv + 4m\cdot 0 = mv_1 + 4mu\cos(90-\alpha)$. (1)

Из (1) и (2) составим систему: $\begin{cases} mv^2 = mv_1^2 + 4mu^2 \\ mv = mv_1 + 4mu\cos(90-\alpha) \end{cases}$

$$\begin{cases} m(v - v_1)(v + v_1) = 4mu^2 \\ \cancel{m}(v - v_1) = 4\cancel{m}u\cos(90-\alpha) \ (1) \end{cases}$$ Разделим 1 ур-ние на 2-е, получим

$v + v_1 = \frac{u}{\cos(90-\alpha)}$; $v_1 = \frac{u}{\cos(90-\alpha)} - v$.

Подставим в ур-ние (1), получим: $v - \left(\frac{u}{\cos(90-\alpha)} - v\right) = 4u\cos(90-\alpha)$.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 117215

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

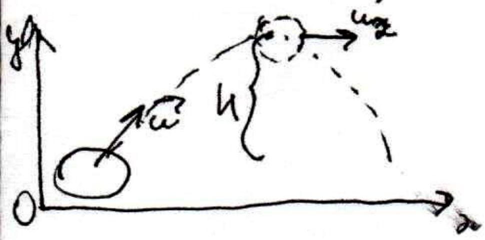
Вариант № 1

Подставим значение α:

$2v - 2u = 2u$, откуда $\boxed{u = \frac{v}{2} = 2\ \frac{м}{с}}$

Тогда проекция на Oy: $u_y = u\sin(90-\alpha) = u\cos\alpha$.

Т.к. время полёта не зависит от горизонтальной составляющей скорости, то её учитывать не будем.



В высшей точке траектории скорость в проекции на Oy равна 0.

По формуле расстояния без учёта времени $H = \left|\frac{u_{k_y}^2 - u_y^2}{2a_y}\right|$, где $u_{k_y} = 0$, $a_y = -g$,

т.е. $H = \frac{u_y^2}{2g} = \frac{\left(\frac{v}{2}\cos\alpha\right)^2}{2g} = \frac{v^2\cos^2\alpha}{8g} = \frac{16\cdot\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2}{8\cdot 9{,}8} =$

$= 0{,}15$ м.

Ответ: $H = 0{,}15$ м.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

25 (двадцать пять) Бу

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
						25				25

117215

Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

Задача № 7.

Дано:

$\nu = 10000$ об/мин$^{-1}$

$S = 100$ мм^2

$D = 1$ м

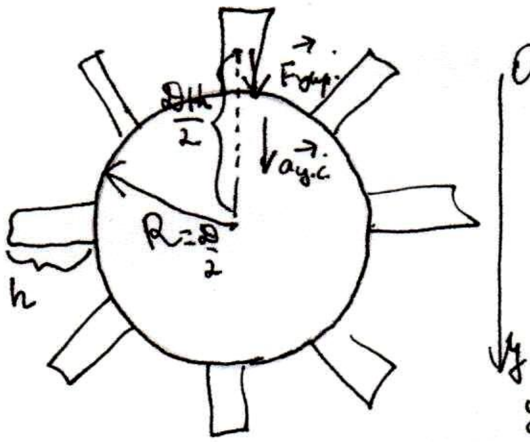
$m = 0{,}1$ кг

$h = 50$ мм

$\sigma = \frac{\alpha}{t}$

$\alpha = 240000\ \frac{\text{МПа}}{°C}$

$t = ?$



Рассмотрим движение по окружности одной лопатки. Будем считать, что центр масс приложен к центру лопатки, тогда расстояние от него до центра ротора равно $L = \frac{D}{2} + \frac{h}{2} = \frac{D+h}{2}$.

Угловая скорость вращения равна $\omega = 2\pi\nu$. Тогда $a_{ц.с.}$ (центростремительное ускорение) одной лопатки равно $a_{ц.с.} = \omega^2 L = 4\pi^2\nu^2 \frac{D+h}{2} = 2\pi^2\nu^2(D+h)$. С другой стороны, на данный центр масс действует сила упругости $F_{упр.} = \sigma S = \frac{\alpha S}{t}$, возникающая вследствие малого растяжения лопатки. По динамическому ур-нию движения для предельного случая, когда лопатка почти отрывается, имеем $m\vec{a}_{ц.с.} = \vec{F}_{упр.}$ или в проекциях на Oy:

$m a_{ц.с.} = F_{упр.}$ Подставим полученное значение:

$m \cdot \omega^2 L = \sigma S$; $2m\pi^2\nu^2(D+h) = \frac{\alpha S}{t}$, откуда

$$t = \frac{\alpha S}{2m\pi^2\nu^2(D+h)} = \frac{24 \cdot 10^{10} \cdot 0{,}0001}{2 \cdot 0{,}1 \cdot (3{,}14)^2 \cdot \left(\frac{500}{3}\right)^2 \cdot (1+0{,}05)} = 416{,}86\,°C$$

Ответ: $t = 416{,}86\,°C$.