Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

79

Шифр 117280

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика,

(наименование дисциплины)

проф. Жуковский

Фамилия И.О. участника Храпов Артем Алексеевич

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Павловский Посад, МОУ „Гимназия"

Регистрационный номер 547

Вариант задания 4, 3

Дата проведения «17» февраля 2019 г.

Подпись участника [подпись]

64 (шестьдесят четыре)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

117280

280

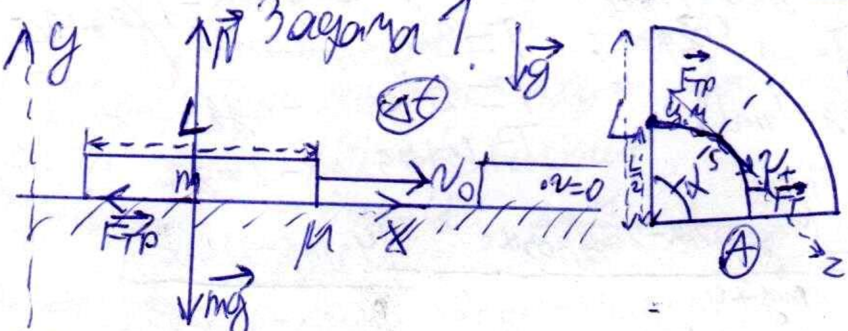
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,78	1	✓	0,26	1					
10	8	16	✓	6	24					64

Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

Задача 1.



Дано: L, Δt, A, стержень однородный, m, α (рад)

v_0 — ?

1) Так как стержень однороден, его центр масс находится в середине. $X_{цм} = \frac{L}{2}$.

2) ~~Вертикально~~ рассмотрим сначала вращение стержня. Сила трения противоположна направлению скорости поворота. По 2-му закону Ньютона $\sum\vec F = m\vec a$, $\vec N + m\vec g + \vec F_{тр} + \vec F_T = m\vec a$

$\vec{OZ} \uparrow\uparrow \vec v_x$ OZ: $F_T - F_{тр} = ma$ $\vec{OY}\uparrow\downarrow\vec g$ OY: $N - mg = 0$, $N = mg$. По формуле силы трения, $F_{тр} = \mu N = \mu mg$. При перемещении стержня движущая сила совершит работу, равную произведению силы трения на пройденный центром масс путь. (Закон сохранения энергии и формулы работы) $A = F_{тр} S$.

$S = \frac{L}{2}\cdot\alpha$, $A = \frac{\mu m g L\alpha}{2}$, $\mu = \frac{2A}{mgL\alpha}$.
(α в радианах)

3) При перемещении стержня вперёд по 2му закону Ньютона: $\sum\vec F = m\vec a$

$m\vec g + \vec N + \vec F_{тр} = m\vec a$, $\vec F_{тр}\uparrow\downarrow\vec v$. $\vec{OX}\uparrow\uparrow\vec v_0$, $\vec{OY}\uparrow\downarrow\vec g$. OY: $N - mg = 0$, $N = mg$, $F_{тр} = \mu mg$.

OX: $-F_{тр} = -ma$, $a = \frac{F_{тр}}{m} = \mu g$. 4) $\Delta v = a\Delta t$

$v_1 = v_0$ $v_2 = 0$, $\Delta v = v_0$, $v_0 = a\Delta t$

$v_0 = \mu g\Delta t = \frac{2A\Delta t}{mL\alpha}$, $\boxed{v_0 = \frac{2A\Delta t}{mL\alpha}}$

5) проверим ед. физ. вел.

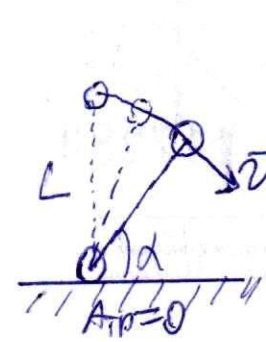
$\left[\frac{м}{с}\right] = \left[\frac{Н\cdot м\cdot с}{кг\cdot м}\right] = \left[\frac{м}{с^2}\cdot с\right] = \left[\frac{м}{с}\right]$

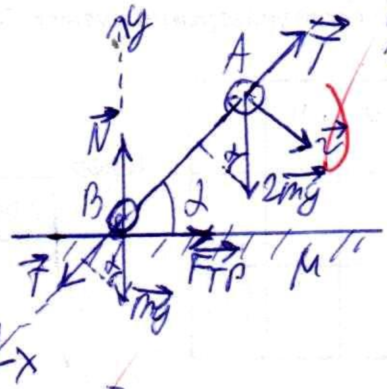
ЧТД.

Ответ: $v_0 = \frac{2A\Delta t}{mL\alpha}$.

1

Задача 2.





Дано: $m_1=2m$, $m_2=m$, жесткий, невесомый стержень, $v_0=0$, $\alpha=60°$

μ – ?

1) До начала скольжения гантели работа силы трения равна 0, поэтому система консервативна. По ЗСЭ:

$\Delta W_п+\Delta W_к=0$ (для верхнего шарика)

$2mgL=\frac{2mv^2}{2}+2mgL\sin\alpha$

$v^2=2gL(1-\sin\alpha)$

2) рассмотрим верхний шарик, когда угол равен α.

по 2 закону Ньютона $\sum\vec{F}=m\vec{a}_ц$ (центр. движ. по окружности)

введём ось Ox, $\vec{Ox}\uparrow\uparrow\vec{AB}$; $\sum\vec{F}=\vec{T}+2m\vec{g}$.

Ox: $ma_ц=2mg\sin\alpha-T$, $a_ц=\frac{v^2}{L}$

$T=2mg\sin\alpha-ma_ц$

$T=2mg\sin\alpha-2mg+2mg\sin\alpha$

$T=4mg\sin\alpha-2mg$

3) для нижнего шара по II закону Ньютона в момент начала скольжения $\sum\vec{F}=0$, $\vec{OY}\uparrow\downarrow\vec{g}$, $\vec{OZ}\uparrow\uparrow\vec{F}_{тр}$

OY: $N-mg-T\sin\alpha=0$

$N=mg+T\sin\alpha$

$F_{тр}=\mu(mg+T\sin\alpha)$

OZ: $F_{тр}-T\cos\alpha=0$, $\mu(mg+T\sin\alpha)=T\cos\alpha$

$$\mu=\frac{T\cos\alpha}{mg+T\sin\alpha}=\frac{(4mg\sin\alpha-2mg)\cos\alpha}{mg+4mg\sin^2\alpha-2mg\sin\alpha}=\boxed{\frac{(4\sin\alpha-2)\cos\alpha}{4\sin^2\alpha-2\sin\alpha+1}}$$

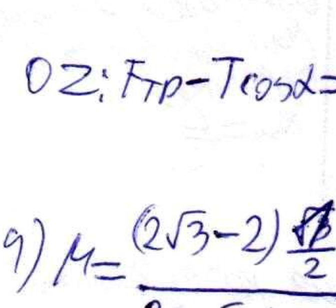
4) $$\mu=\frac{(2\sqrt{3}-2)\frac{1}{2}}{3-\sqrt{3}+1}=\frac{\sqrt{3}-1}{4-\sqrt{3}}=\frac{4\sqrt{3}-3-4+\sqrt{3}}{13}=\frac{5\sqrt{3}-7}{13}\approx0,127\approx0,13$$

$\mu\in(0,1)$, μ имеет физ. смысл.

Ответ: 0,13. $\left(\mu=\frac{(4\sin\alpha-2)\cos\alpha}{4\sin^2\alpha-2\sin\alpha+1}\right)$

0,7

Задача 3.



Дано: $1\to2$: $C=const$, $A_{12}=1200$ Дж

$2\to3$: $Q_{23}=1200$ Дж, $P\sim V$

$T_1=T_3$, $i=3$ (идеал. газ)

Q_{12} – ?

1) запишем 1 закон термодинамики (1ЗТ) $Q=A+\Delta U$, закон Клапейрона–Менделеева (ЗКМ): $PV=\nu RT$, формулу изменения внутр. энергии: $\Delta U=\frac{i}{2}\nu R\Delta T$, $\Delta U=\frac{i}{2}P_xV_x-\frac{i}{2}P_0V_0$ (по ЗКМ).

2) по 1ЗТ: $Q_{12}=A_{12}+\Delta U_{12}$, по изм. внутр. энергии и ЗКМ: $\Delta U_{12}=\frac{3}{2}P_2V_2-\frac{3}{2}P_1V_1$

$i=3$ по усл. $Q_{23}=A_{23}+\Delta U_{23}$, $\Delta U_{23}=\frac{3}{2}P_3V_3-\frac{3}{2}P_2V_2$

Так как по усл. $T_1=T_3$, то $P_3V_3=P_1V_1$

$\Delta U_{23}=\frac{3}{2}P_1V_1-\frac{3}{2}P_2V_2=-\Delta U_{12}$

3) Т.к. в проц. $2\to3$ $P\sim V$, то

$\frac{P_3}{P_2}=\frac{V_3}{V_2}\Rightarrow P_3V_2=P_2V_3$

$A_{23}=\frac{P_2+P_3}{2}(V_3-V_2)=\frac{1}{2}P_2V_3-\frac{1}{2}P_3V_2+\frac{1}{2}P_3V_3-\frac{1}{2}P_2V_2=\frac{1}{2}P_3V_3-\frac{1}{2}P_2V_2$

(A_{23} числ. = S под графиком)

Т. к. $P_3V_3=P_1V_1$, то

$A_{23}=\frac{1}{2}P_1V_1-\frac{1}{2}P_2V_2$,

$A_{23}=\frac{1}{3}\Delta U_{23}$,

~~4) $\Delta U_{23}=Q_{23}-A_{23}=Q_{23}-\frac{1}{2}P_1V_1+\frac{1}{2}P_2V_2$~~

~~$Q_{12}=A_{12}+\Delta U_{12}=A_{12}-\Delta U_{23}=A_{12}-$~~

$\Delta U_{23}=Q_{23}-\frac{1}{3}\Delta U_{23}$

$\Delta U_{23}=\frac{3}{4}Q_{23}$

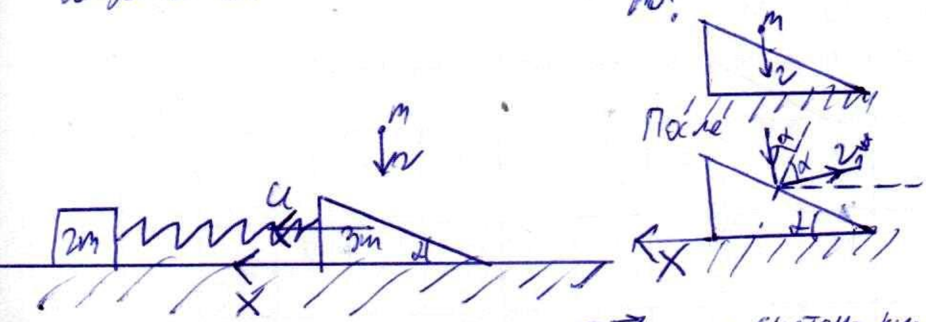
$Q_{12}=A_{12}+\Delta U_{12}=A_{12}-\Delta U_{23}=A_{12}-\frac{3}{4}Q_{23}$, $Q_{12}=A_{12}-\frac{3}{4}Q_{23}$

5) $Q_{12}=1200-900=300$ (Дж)

Ответ: 300 Дж.

1

Задача 5.



Дано: $M_п = 3m$, $M_Ч = 2m$, $\alpha = 60^\circ$, v, k, удар абсолютно упругий.

$A - ?$

удар абс упругий.

1) по закону сохранения импульса $\sum \vec{p} = const$, система консервативна, $\Delta W_п + \Delta W_к = 0$ (ЗСЭ).

$W_{k1} = \frac{mv^2}{2}$, $W_{k2} = \frac{3mu^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$, $m\vec{v} = m\vec{v_1} + 3m\vec{u}$, $Ox \uparrow\uparrow \vec{u}$, Ox: $3mu = mv_1 \cos(90 - 2\alpha)$

угол падения равен углу отражения, равен α (считая удар абс. упр).

$v_1 = \frac{3mu}{\cos(90^\circ - 2\alpha)} = 2\sqrt{3}u$, $\frac{mv^2}{2} = \frac{3mu^2}{2} + \frac{12mu^2}{2}$, $v^2 = 15u^2$, $u = \frac{v}{\sqrt{15}}$

2) цикл частота колебаний пруж. маятника $w = \sqrt{\frac{\sum k}{\sum m}} = \sqrt{\frac{k}{5m}}$

$\Delta x = A\sin wt$ $u(t) = \Delta x' = Aw\cos wt$,

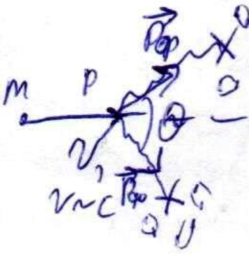
ф-ла ур. колебания $Aw = u$, $A = \frac{u}{w}$ $A = \frac{v}{\sqrt{15}} \cdot \sqrt{\frac{5m}{k}} = v\sqrt{\frac{m}{3k}}$

3) проверим ед. изм. $[м] = [\frac{м}{с} \cdot с]$, $[м] = [м]$ ЧТД.

Ответ: $A = v\sqrt{\frac{m}{3k}}$.

$0{,}75$

Задача 6.



Дано: N, $\theta = 90^\circ$, m_e, c, $v \sim c$

$m_0 - ?$

По ф-ле Эйнштейна о экв. массы и энергии:

1) $W_{1пар} = 2m_e c^2$, $W_{пар} = 2Nm_e c^2$, $W_т = mc^2$,

по преобр. Лоренца: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, $\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2Nm_e$

$mc^2 = 2Nm_e c^2$

$mc^2 = 2h\nu$ (по ф-ле Планка), $h\nu = Nm_e c^2$

2) по закону сохр импульса $\sum \vec{p} = const$

$Ox \uparrow\uparrow \vec{v}$, Ox: $p = 2\frac{h\nu}{c}\cos\frac{\theta}{2}$, т.к. $P_{ф} = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$.

$p = 2Nm_e c\cos\frac{\theta}{2}$.

3) $p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, $\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2Nm_e v$, $2Nm_e v = 2Nm_e c\cos\frac{\theta}{2}$,

$v = c\cos\frac{\theta}{2}$.

4) $\frac{m_0}{\sqrt{1 - \cos^2\frac{\theta}{2}}} = 2Nm_e$ $m_0 = 2Nm_e \sin\frac{\theta}{2}$

$[кг] = [кг]$ ЧТД.

Ответ: $m_0 = 2Nm_e \sin\frac{\theta}{2}$.

1^-

15 (пятнадцать)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

117280

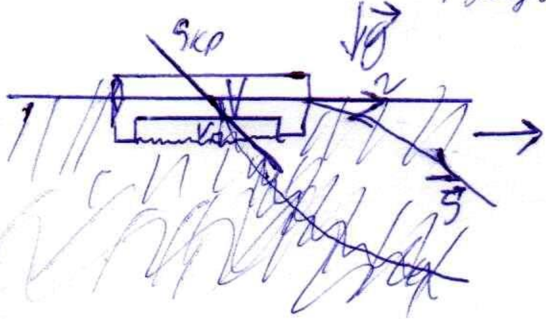
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
						15				15

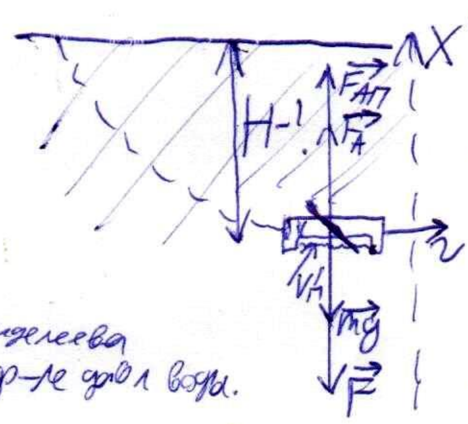
Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

Ситуационная задача.





Дано: $m = 1000$ кг, $V = 0{,}55\ м^3$, $V_П = 0{,}05\ м^3$, $\mu = 0{,}029 \frac{кг}{моль}$, $T = const = 20°C$, $S_{кр} = 0{,}1\ м^2$, $C_y = 0{,}8$, $F_{под} = C_y S_{кр} \frac{\rho v^2}{2}$, $g = 10 \frac{м}{с^2}$.

$H - ?$

1) По закону Клапейрона-Менделеева в изотерм процессе и ф-ле давл воды.

$P_0 V_П = \nu RT$,

$(\rho g H + P_0) V_П' = \nu RT$, $V_П' = \frac{V_П P_0}{P_0 + \rho g H}$.

2) по 2-з-ну Н $\sum \vec{F} = 0$ (когда тело потеряет плавучесть)

$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F}_{AП} = 0$

$OX \uparrow\downarrow \vec{g}$ OX: $F + mg = \frac{\rho g V_П P_0}{P_0 + \rho g H} + \rho g V$

$\frac{\rho g V_П P_0}{P_0 + \rho g H} = F + mg - \rho g V$

$P_0 + \rho g H = \frac{\rho g V_П P_0}{F + mg - \rho g V}$

$H = \frac{V_П P_0}{F + mg - \rho g V} - P_0$

3) по ЗСЭ:

$\frac{mv^2}{2} = mgH - A_{арх} - A_{архП} + A_F$

$F_{АП}^{(H)} = \frac{\rho g V_П}{P_0 + \rho g h} = \rho g V_П (P_0 + \rho g h)^{-1}$

$A_{АП} = \int_0^H F_{АП} dH = \frac{V_П}{\ln(P_0 + \rho g H)} \Big|_0^H = \frac{V_П}{\ln(P_0 + \rho g H)} - \frac{V_П}{\ln P_0}$

$A_A = \frac{1}{2} \rho g V H$

$F_{АП}(V) = ?$

$\frac{1}{2} FH = \frac{mv^2}{2} - mgH - A_A - A_{АП}$

$F = \ldots$

4) далее приравним и дифференцируем $H(v^2)$ полученную в п. 2,

$(v^2)_{max} = \ldots$

$H = H(v^2_{max}) = \ldots$

$F_{АП} \sim V$.

15