Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

126473

+ 1 шаг

Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету ФИЗИКА

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника КОПЦОВ ЯРОСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Москва; лицей № 1580

Регистрационный номер ШМ4664

Вариант задания № 27

Дата проведения "26" Февраля 20 17 г.

Подпись участника

73 засчитано (подпись)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

126473

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	√	√	0,25	0,25	1	1	0,25	0,75	0,75	
8	8	10	3	3	10	10	3	9	9	73

Шифр ____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

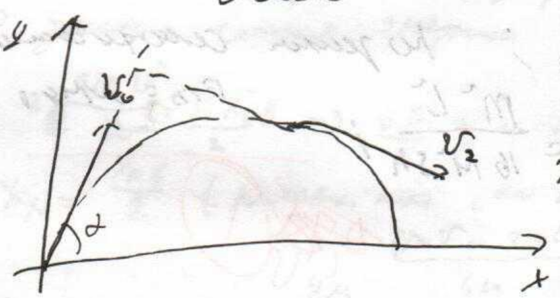
126473

Вариант № 27

Задача №1

Дано:
$\tau = 4c$
$\beta = 90°$
$S - ?$

Решение



1) $v_x = v\cos\alpha$
$v_y = v\sin\alpha - gt$

2) $\vec{v_0} \perp \vec{v_2} \Rightarrow |v_{x_0} v_{x_2} + v_{y_0}\cdot v_{y_2}| = 0$
$v^2\cos^2\alpha + v^2\sin^2\alpha - v\sin\alpha g\tau = 0$
$v^2 - v\sin\alpha g\tau = 0$
$v = \sin\alpha g\tau$

3) $x = v\cos\alpha\tau$
$y = v\sin\alpha\tau - \frac{g\tau^2}{2}$

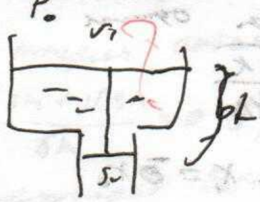
4) $S = \sqrt{x^2+y^2} = \sqrt{v^2\cos^2\alpha\tau^2 + v^2\sin^2\alpha\tau^2 - v\sin\alpha\tau\, g\tau^2 + \frac{g^2\tau^4}{4}} = \sqrt{v^2\tau^2 - v^2\tau^2 + \frac{g^2\tau^4}{4}} = \frac{g\tau^2}{2}$; $S = \frac{10\cdot 4^2}{2} = 80$ м

Ответ: 80 м.

Задача 2

Дано:
S_1;
S_2;
L;
T;
$\rho - ?$

Решение



1) $P_0 S_1 + T - N = 0 \Rightarrow N = P_0 S_1 + T$
$P_1 = \frac{N}{S_1} = P_0 + \frac{T}{S_1}$

2) $T + P_0 S_2 - \rho g L S_2 - P_1 S_2 = 0$
$T + \cancel{P_0 S_2} - S_2\rho g L - \cancel{P_0 S_2} - \frac{T}{S_1}S_2 = 0$
$S_2\rho g L = T\frac{S_1 - S_2}{S_1} \Rightarrow \rho = \frac{T(S_1 - S_2)}{gL S_1 S_2}$;

Ответ: $\rho = \frac{T(S_1-S_2)}{gL S_1 S_2}$;

№ 3

Дано: L; M; S; h; m;

Решение

уравнение движения мяча

1) $\begin{cases} v\cos\alpha\,\tau = L \\ v\sin\alpha\,\tau - \frac{g\tau^2}{2} = 0 \\ 2v\sin\alpha\frac{\tau}{4} - 2\frac{g\tau^2}{8\cdot 4} = 2h \end{cases}$; $\begin{cases} v\cos\alpha\,\tau = L \quad (1) \\ v\sin\alpha - \frac{g}{2}\tau = 0 \\ \frac{g\tau^2}{4} = 2h \quad (2) \end{cases}$;

2) $v_x = v\cos\alpha$; из (1) и (2) => $v_x = \frac{L\sqrt{g}}{\sqrt{8h}}$;

3) по закону сохранения ~~энергии~~ импульса
$0 = Mu_x - mv_x$ => $u_x = \frac{m}{M}\frac{L\sqrt{g}}{\sqrt{8h}}$

4) по закону изменения кинетической энергии
$0 - \frac{Mu_x^2}{2} = -S\mu Mg$; по закону сохранения энергии $F_{тр} = \mu Mg$;
$\frac{m^2 L^2 g}{2M^2 8h} = S\mu g$ => $\mu = \frac{m^2 L^2}{16M^2 Sh}$;

Ответ: $\mu = \frac{m^2L^2}{16M^2Sh}$;

2-

Задача 4

Решение

Дано: m; $4m$; x; Δx_{max} - ?

1) в этот момент вр. по III закону Ньютона тело прижимается к стенке, тело m не участвует ... тело на ...
=> движется только тело 4m,
по II закону Ньютона.

① $4m\ddot{x} = -k(x+x_0)$
$\ddot{x} + \frac{k}{4m}(x+x_0) = 0$
$L = x + x_0$; $\ddot{L} = \ddot{x}$; $\dot{L} = \dot{x}$;
$\ddot{L} + \frac{k}{4m}L = 0$ уравнение гармонических колебаний
$\omega^2 = \frac{k}{4m}$; $\omega = \sqrt{\frac{k}{4m}}$
$L = L_0\cos(\omega t + \varphi)$;

2) система ① верна при $x + x_0 \geq 0$; => при $x_1 = x_0$
$L_1 = 0$; $0 = L_0\cos(\omega\tau_1 + \varphi)$
$x_0 = L_0\cos(\varphi)$

3) из закона сохранения энергии; $\frac{kx_0^2}{2} = \frac{4m\dot{x}_1^2}{2}$; $\dot{L}_1 = x_0\sqrt{\frac{k}{4m}}$
$\dot{L}_1 = L_0\omega = L_0\cdot\sqrt{\frac{k}{4m}}$ => $L_0 = x_0$

4) $x_0 = x_0\cos(\varphi)$ => $\varphi = 0$

5) $x + x_0 = x_0\cos(\omega t)$ => $x = x_0\cos\omega t - x_0$

0,25

6) $\Delta x = |x| = |-x_0 - x_0| = 2x_0$ когда $\cos\omega t = -1$;

Ответ: $2x_0$

Задача 6

Решение

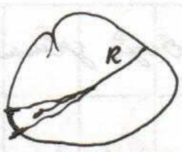
Дано:

Q;

R;

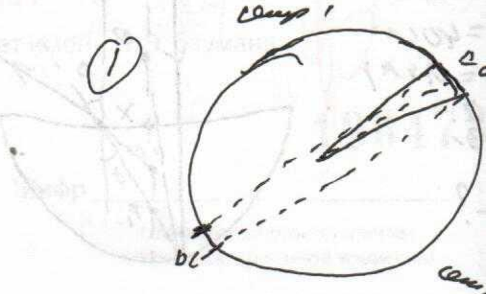
Δl;

E - ?



1) $\gamma = \frac{Q}{2\pi R}$

2) $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\gamma\, dl}{R^2} \frac{\vec{R_i}}{R}$



3) Так как ΔL - мал по отношению к кругу, ΔL можно считать малым и будет прямолинейным ...

$\vec{E_2} = \vec{E}_{сим_1} + \vec{E}_{сим_2} = 0$ ~~компенсируют~~ Компенсируются противоположными зарядами;

$\vec{E} = \vec{E_1}$ - поле части 3

$E_{iy} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\gamma R \sin\frac{dl}{R}\, dl}{R^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\gamma\, dl^2}{R^3} \to 0$; $dl \to 0$

$\sin\frac{dl}{L} \approx \frac{dl}{L}$

$\cos\frac{dl}{R} \approx 1$

$E_{ix} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\gamma \cos\frac{dl}{R}\, dl}{R^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\gamma\, dl}{R^2}$

$E_1 = \int_0^{\Delta l} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\gamma}{R^2} dl = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\gamma}{R^2} L \Big|_0^{\Delta l} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q\, \Delta l}{2\pi R^3}$;

Ответ: $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q\,\Delta l}{2\pi R^3}$;

Задача 7

Решение

Дано:

$R_1 = R$;

$R_2 = 3R$;

C;

E;

Q_{R_2} - ?

1) $Q = I^2 R \tau$; закон Джоуля-Ленца.

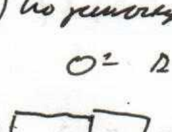
2) $I_0 = \frac{E}{R_1 + R_2}$;

3) $I_0 R_2 = U_k \Rightarrow U_k = \frac{E R_2}{R_1 + R_2}$

4) Ключ разомкнули 2; $W_H = \frac{C U_k^2}{2}$; $W_k = 0$;

5) по закону сохр. энергии

$0 = \Delta W + Q$

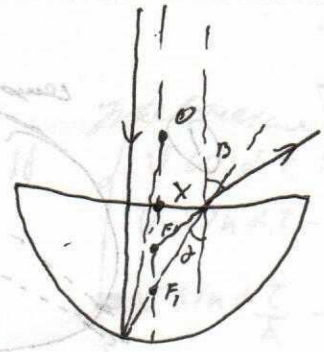
6)  $U_1 = U_2$; $\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_1 R_2}{R_1 U_2} = \frac{R_2}{R_1}$

7) $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{I_1^2 R_1 \tau}{I_2^2 R_2 \tau} = \frac{R_2^2 R_1}{R_1^2 R_2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow Q_1 = Q_2 \frac{R_2}{R_1}$;

8) $\frac{C E^2 R_2^2}{2(R_1+R_2)^2} = Q_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1} \Rightarrow Q_2 = \frac{C E^2 R_1 R_2^2}{2(R_1+R_2)^3}$; $Q = \frac{C E^2 R \cdot 9R^2}{2 \cdot 64 R^3} = \frac{9 C E^2}{128}$

Ответ: $\frac{9CE^2}{128}$;

Дано:
$R = 40$ см $= 0{,}4$ м;
$n = \frac{4}{3}$;
$F - ?$



Задача 8

Решение

1) при нормальном падении на воду преломления не происходит

2) от зеркала луч в воде уходит в фокус линзы F_1; $F_1 = \frac{R}{2}$

3) далее при переходе преломляется по закону синуса

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{1}{n}$$

4) $\frac{F}{x} = \operatorname{ctg}\beta$; $\frac{F_1}{x} = \operatorname{ctg}\alpha$ | при $\alpha \to 0$, $\beta \to 0$ то | $\frac{F}{x} \approx \beta$; $\frac{F_1}{x} \approx \alpha$ и $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{1}{n}$

$$\frac{F}{F_1} = \frac{\beta}{\alpha} = n \Rightarrow F = n F_1 = n\frac{R}{2};$$, $F = \frac{4}{3}\cdot\frac{0{,}40}{2} \approx 0{,}2(6)$ м $= 27$ см

0,28

Ответ: 27 см

Задача 9

Дано:
R;
B;
$\alpha_0 = 0°$
$\alpha = 90°$;
A;
$L - ?$

Решение

1) $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \Rightarrow d\Phi = L\,dI \Rightarrow dI = \frac{d\Phi}{dt}$

$d\Phi = B\cdot S\,\sin(\alpha + d\alpha)$;

*($\sin(\alpha + d\alpha) = \sin\alpha\cos d\alpha + \cos\alpha\sin d\alpha =$; $d\alpha \to 0 \Rightarrow \sin d\alpha \approx d\alpha$, $\cos d\alpha \approx 1$

$= \sin\alpha + \cos\alpha\,d\alpha$; но $\sin\alpha_0 = 0$)

$d\Phi = B\cdot S\cdot\cos\alpha\,d\alpha$;

$dI = \frac{BS}{L}\cos\alpha\,d\alpha$;

$\dot{I} = \frac{dI}{dt} = \frac{BS}{L}\cos\alpha\frac{d\alpha}{dt}$

$I = \int_0^{\pi/2}\dot{I}\,dt = \frac{BS}{L}\int_0^{\pi/2}\cos\alpha\frac{d\alpha\,dt}{dt} = \frac{BS}{L}\int_0^{\pi/2}\cos\alpha\,d\alpha = -\frac{BS\sin\alpha}{L}\Big|_0^{\pi/2} = -\frac{BS}{L}$

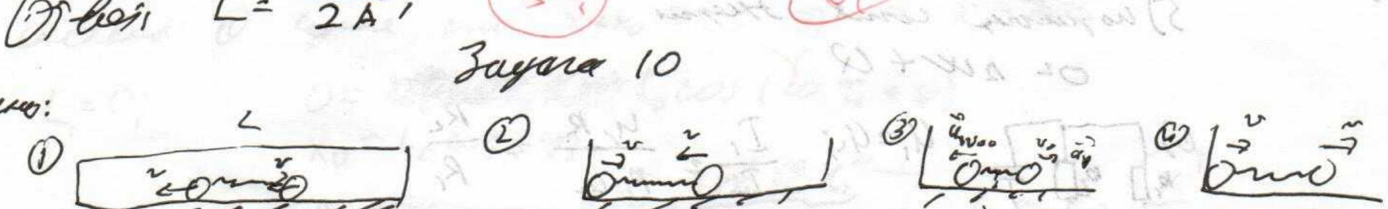
2) $A = \frac{I^2L}{2} = \frac{B^2S^2L}{2L^2} \Rightarrow L = \frac{B^2S}{2A}$

S-? 0,78

Ответ: $L = \frac{B^2S^2}{2A}$;

Задача 10

Дано:
$3m$;
k;
L;
$T - ?$



1) II з-н Ньютона (система одного шарика и пружины, [illegible] от центра берем из симметрии системы)

$3m\ddot{x} = -2kx \Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{2k}{3m}x = 0 \Rightarrow \begin{cases}\omega^2 = \frac{2k}{3m};\\ x = x_0\cos(\omega t + \varphi);\end{cases}$

(2 взято из того, что [illegible] на центр)

2) $0 = x_0\cos(0 + \varphi) \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = x_0\sin(\omega t)$ и $v = x_0\omega\cos(\omega t)$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 126473

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 27

Задача 10 (продолжение).

3) Из закона сохр. энергии

$$2\frac{3mv^2}{2} = \frac{kx_{ab}^2}{2} \Rightarrow \frac{6m}{k}v^2 = x_{ab}^2 \Rightarrow x_{ab} = v\sqrt{\frac{6m}{k}}$$

$x_M = \frac{x_{ab}}{2}$ (половина, так как центр пружины в точке цм не дв.)

$$v_{цм} = \frac{3mv - 3mv}{6m} = 0; \quad a_{цм} = \frac{3ma_1 - 3ma_2}{6m}; \text{ но! } a_1 = a_2 \Rightarrow a_{цм} = 0;$$

уравнение центра масс

$x_M = v\sqrt{\frac{3m}{2k}}$; $\left(x_M = \frac{v}{\omega};\right)$ (или τ_1, где $v = 0$

4) $\begin{cases} v\sqrt{\frac{3m}{2k}} = x_0 \sin(\omega\tau_1) \\ 0 = x_0\omega\cos(\omega\tau_1) \end{cases}$; $\begin{cases} v\sqrt{\frac{3m}{2k}} = x_0; \\ \omega\tau_1 = \frac{\pi}{2} + 2\pi n, n \in \mathbb{Z}; \\ (|\sin(\omega\tau_1)| = 1 \end{cases}$

5) $x = v\sqrt{\frac{3m}{2k}}\sin\left(\sqrt{\frac{2k}{3m}}\,t\right)$;

из ур. ③ и ④ система совершает полное колебание ⇒ проходящее время

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{3m}{2k}}$$

6) Между концами актами колебаний система движется между стенками со ск.

$v_{цм_2} = \frac{v3m + v3m}{6m} = v$; $a_{цм_2} = \frac{0+0}{6m} = 0$; на расстоянии $\Delta L = L - \frac{L}{3} = \frac{2L}{3}$ равно

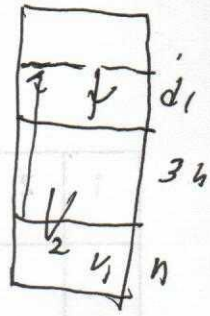
его совершает движение вперёд обратно; ⇒

$$\Rightarrow T = 2\cdot\left(T_1 + \frac{2L}{3v}\right) = 2\cdot 2\pi\sqrt{\frac{3m}{2k}} + \frac{4L}{3v} = 4\pi\sqrt{\frac{3m}{2k}} + \frac{4L}{3v};$$

Ответ: $4\pi\sqrt{\frac{3m}{2k}} + \frac{4L}{3v}$;

0,75

Задача №5



Дано:

$\frac{V_2}{V_1} = 4;$

$\frac{P_2}{P_1} - ?$

Решение

1) P - мощность теплоты от нагрева, S - пл. пор.

2) по I началу термодинамики

$$Q_1 + (3h+d)P = A_1 + \Delta U_1$$?

$$dP = Q_1 - (3h+d)P = A_2 + \Delta U_2$$

Т.к. p = const, то $A_1 = P_1(V_2 - V_1) = P_1 S(3h+d)$

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} P_1 S(3h+d)$$

3) $Q_1 + (3h+d)P = \frac{5}{2} P_1 S(3h+d)$

$$-Q_1 - 3h = A_2 + \Delta U_2$$

4) $T_1 = \frac{P_1 S h}{\nu R}$; $T_2 = \frac{P_2 S 4h}{\nu R}$ из уравн. Менделеева-Клапейрона

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 4h}{P_1 h}$; $\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 4}{P_1} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_2}{4T_1}$

5) $dP = \frac{5}{2} \nu R(T_{22} - T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + A_2$

$$dP = A_1 + A_2 + \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$$

$$A_1 = P_1(3h+d)S$$

$$A_2 = \int p dV \approx \frac{1}{2}(P_2 + P_1)dS$$

$$A_1 + A_2 = P_1 3hS + P_1 dS + \frac{P_2 dS}{2} + \frac{P_1 dS}{2} = P_1 3hS + \frac{dS}{2}(P_1 - P_2)$$

$$dP = P_1 3hS + \frac{dS}{2}(P_1 - P_2) + \frac{3}{2} P_2 4hS - \frac{3}{2} P_1 hS$$

Ответ: 1.

0,25