

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
45	14.03.25	Варшавский В	Сидор
1/2/3/4/5/Σ 8/12/11/12/2/45 Шифр 041736			

Задача 1

1) Уравнение кинематики движения тела для случая 1/в горизонтальном направлении с ускорением a

$$\vec{S} = \frac{\vec{a}t^2}{2} + \vec{v}_0 t, \text{ где. } 2$$

S - перемещение тела

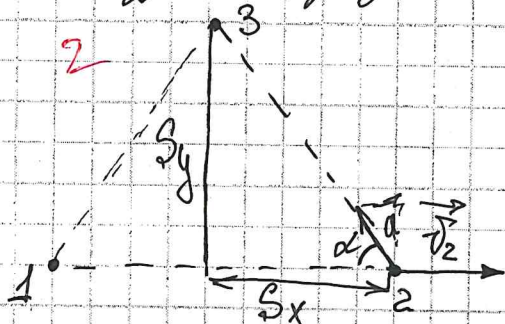
a - ускорение движения тела

v_0 - начальная скорость

В нашем случае $v_0 = 0$, т.к. движение за счет струны реактивной тогда уравнение примет вид:

$$\vec{S} = \frac{\vec{a}t^2}{2} \Rightarrow \vec{S} \parallel \vec{a} \text{ движение в сторону ускорения вектора}$$

2) $S_1 = \frac{at^2}{2}$ в горизонтальном направлении.



1 - начальное положение
2 - через первый интервал t
(ускорение направлено гориз.)

3 - через 2-й интервал t .

$$\alpha = 60^\circ$$

за 1-й интервал t координаты приобретает скорость $\vec{v}_2$ (в м.с.):
 $\vec{v}_2 = \vec{v}_0 + \vec{a}t$, т.к. $v_0 = 0$

S_2 разложим на 2 составляющие S_y и S_x ; a на a_x и a_y

$$S_x = v_2 t - \frac{a_x t^2}{2} = at^2 - \frac{a_x t^2}{2} = at^2 \left(1 - \frac{a_x}{2a}\right) = \frac{3}{4} at^2$$

$S_y = \frac{a_y t^2}{2}$, т.к. вертикальной составляющей скорости не было в начальный момент. S_2 - расстояние от точки 2 до точки 3.

$$S_2 = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{\left(\frac{3}{4} at^2\right)^2 + \left(\frac{1}{4} at^2\right)^2} = \sqrt{(at^2)^2 \left(1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right) + \frac{3a^2 t^4}{16}} =$$

$$= \sqrt{at^4 - \frac{a^2 t^4}{2} + \frac{a^2 t^4}{4}} = at^2 \sqrt{1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = \frac{3}{4} at^2$$

$$S_{13} = \sqrt{S_y^2 + (S_1 - S_x)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{4} at^2\right)^2 + \left(\frac{at^2}{2} - \frac{3}{4} at^2\right)^2} =$$

$$= \sqrt{a^2 t^4 - a^2 t^4 + \frac{a^2 t^4}{4}} = \sqrt{\frac{1}{4} a^2 t^4} = \frac{1}{2} at^2$$

$$= \frac{1}{2} at^2$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись

Шифр

3) $S_3 = S_1$, из обратности равноускоренного движения; a_3 - искомое ускорение

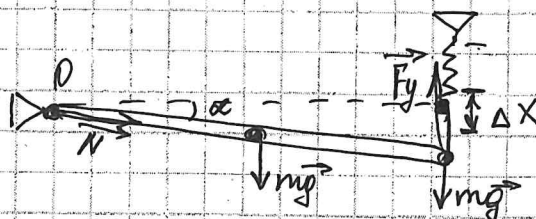
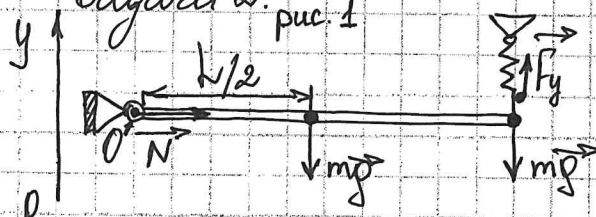
$$S_3 = v_{2t} - \frac{a_3 t^2}{2} = at^2 - \frac{a_3 t^2}{2} = t^2(a - \frac{a_3}{2})$$

$$S_1 = \frac{at^2}{2} = t^2(a - \frac{a_3}{2}) \Rightarrow \frac{a}{2} = a - \frac{a_3}{2} \Rightarrow a_3 = \frac{a}{2} \text{ на ось } x, \text{ а}$$

$$a_{30} = \frac{a}{2 \cos 60^\circ} = a$$

Ответ: 1) $\frac{1}{2} at^2$; 3)

Задача 2. рис. 1



1) Условия равновесия тела (по рис. 1, силы расставить)

1. Геометрическая сумма сил, действующих на стержень, равна 0.

$$mg + mg + Fy + N = 0$$

$$\text{на ось } y: 2mg = Fy$$

2. Сумма моментов сил, ^{вокруг} ~~вокруг~~ центра вращения т. O по часовой стрелке равна сумме моментов, вращающих тело против часовой стрелки.

$$\text{дист. O: } mg \frac{L}{2} + mgL = Fy \cdot L$$

$$1,5mg = Fy \quad (1)$$

2) В состоянии равновесия из ~~тот~~ рис. 2. для точки O запишем правило моментов:

$$\text{дист. O из (1): } 1,5mg = Fy; \text{ з-н Гюка: } Fy = k\Delta x;$$

момент силы реакции опоры равен 0 т.к. точка приложения силы совпадает с центром вращения.

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

$$\frac{3}{2} mg = k \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{3mg}{2k}$$

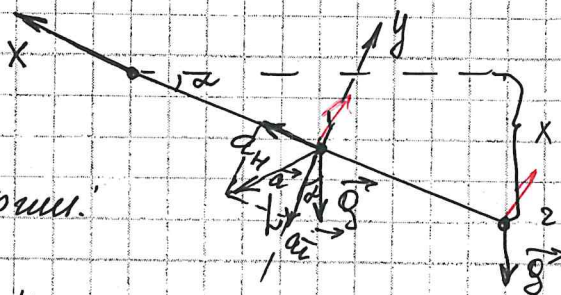
1.05

3) В момент отрыва пружинки, $F_y = 0$, $\sin \alpha = \frac{\Delta x}{L}$, где Δx - смещение в горизонтальном положении. Шарик будет двигаться по дуге окружности относительно шарика. На шарик действует два ускорения: тангенциальное и нормальное.

$$a_t = a_n = g \cos \alpha = g \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta x}{L}\right)^2}$$

$$x_1 = \frac{\Delta x}{2}, x_2 = \Delta x$$

из закона сохранения энергии.



Дан 1. $\frac{m v_1^2}{2} + mg(h - \frac{\Delta x}{2}) = mgh/2$. Изначально была лишь потенциальная энергия, которая перешла в кинетическую и новую потенциальную.

$$m v_1^2 = mg \Delta x \Rightarrow v_1^2 = g \Delta x$$

Дан 2. $\frac{m v_2^2}{2} + mg(h - \Delta x) = mgh/2 \Rightarrow m v_2^2 + 2gh - 2g \Delta x = 2gh \Rightarrow$

$$v_2^2 = 2g \Delta x$$

Нормальное ускорение равно: $a_n = \frac{v^2}{R}$; $R_1 = \frac{L}{2}$; $R_2 = L$

$$a_{n1} = \frac{v_1^2}{L/2} = \frac{2g \Delta x}{L/2}, a_{n2} = \frac{v_2^2}{L} = \frac{2g \Delta x}{L}$$

Тогда: $a_{общ} = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$

$$a_1 = \sqrt{\left(\frac{2g \Delta x}{L/2}\right)^2 + \left(g \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta x}{L}\right)^2}\right)^2} = \sqrt{g^2 \left(\frac{8 \Delta x^2}{L^2} + 1 - \frac{\Delta x^2}{L^2}\right)} = g \sqrt{\frac{7 \Delta x^2}{L^2} + 1}$$

$$a_2 = \sqrt{\left(g \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta x}{L}\right)^2}\right)^2 + \left(\frac{2g \Delta x}{L}\right)^2} = g \sqrt{\frac{27}{4} \left(\frac{mg}{kL}\right)^2 + 1}$$

Ответ: 2) $\Delta x = \frac{3mg}{2k}$

3) $a_1 = a_2 = g \sqrt{\frac{27}{4} \left(\frac{mg}{kL}\right)^2 + 1}$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

Задача 3.

1) Молярная теплоемкость газа - физ. величина, характеризующая кол-во теплоты, необходимое для изменения температуры 1 моля вещ-ва на 1 К.

2) $\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$, где i - степень свободы и $i = 5$ для двухатомного газа

по закону $pV^2 = \text{const}$ и из закона Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R} = \frac{p_1 V_1^2 V_2}{V_2^2 \nu R} = \frac{p_1 V_1^2}{V_2 \nu R}$$

$$p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2 \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_1^2}{V_2^2}$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \left(\frac{p_1 V_1^2}{V_2 \nu R} - \frac{p_1 V_1^2}{V_1 \nu R} \right) \cdot \nu R = \frac{5}{2} \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) p_1 V_1 = \frac{5}{2} \cdot \left(\frac{1 \text{ м}^3}{2 \text{ м}^3} - 1 \right) \cdot$$

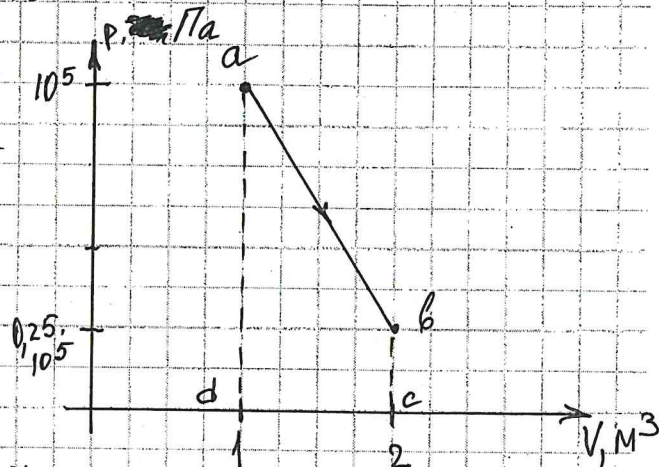
$$\cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}^3 = -125000 \text{ Дж}$$

Знак "-" показывает, что работу расширялся ~~газ~~ ^{сжимался} газ, следовательно его внутренняя энергия уменьшалась.

$$3) p_2 = \frac{p_1 V_1^2}{V_2^2} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot (1 \text{ м}^3)^2}{(2 \text{ м}^3)^2} = 0,25 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Построим график зависимости $p(V)$ для процесса. Работа газа положительна и равна площади под графиком.

$$A = S_{abcd} = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot (V_2 - V_1) = \frac{(0,25 + 1) \cdot 10^5 \text{ Па}}{2} \cdot 1 \text{ м}^3 = 62,5 \text{ кДж}$$



Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

4) $Q + \Delta U = A$

$Q = A - \Delta U$ т.е. кол-во теплоты пошло на совершение работы и изменение энергии ушло на работу газа.

$$Q = A - \Delta U = 62,5 \text{ кДж} + 125 \text{ кДж} = 187,5 \text{ кДж}$$

$Q = cm\Delta t = C \frac{m}{\mu} \Delta T = C \nu \Delta T$, Определим молярную теплоемкость:

$$C = \frac{Q}{\nu \Delta T} = \frac{Q}{\nu (T_1 - T_2)} = \frac{Q}{\nu p_1 V_1 \left(\frac{1}{\nu R} - \frac{V_1}{V_2 \nu R} \right)} = \frac{Q R}{\nu p_1 V_1 \left(1 - \frac{V_1}{V_2} \right)} =$$

$$= \frac{187,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}{10^5 \text{ Па} \cdot 1 \text{ м}^3 \left(1 - \frac{1 \text{ м}^3}{2 \text{ м}^3} \right)} = 31,16 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

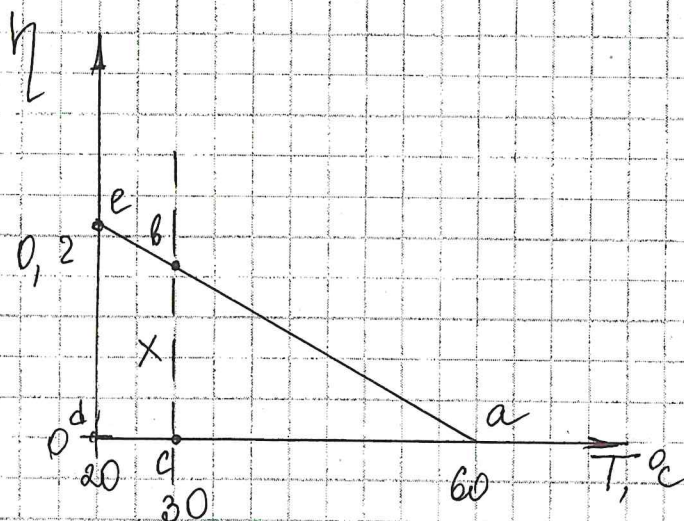
Ответ: 2) $\Delta U = -125 \text{ кДж}$; 3) $A = 62,5 \text{ кДж}$; 4) $31,16 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

Задача 4.

$$\eta = \frac{P_n}{P_3} \cdot 100\% = \frac{P_n}{P_n + P_{\text{погр}}} \cdot 100\%$$

$P_{\text{погр}} = \frac{Q}{t} = \alpha (T - T_{\text{окр}})$, где Q - кол-во теплоты, поступающее двигателем

$$\eta = \frac{P_n}{P_n + \alpha (T - T_{\text{окр}})} \cdot 100\%$$



из графика $\eta(T)$ возьмем точку с $T = 30^\circ \text{C}$

тогда из подобия треугольников $асв$ и $аде$:

$$\frac{x}{60 - 30} = \frac{0,2}{60 - 20} \Rightarrow x = 0,15$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

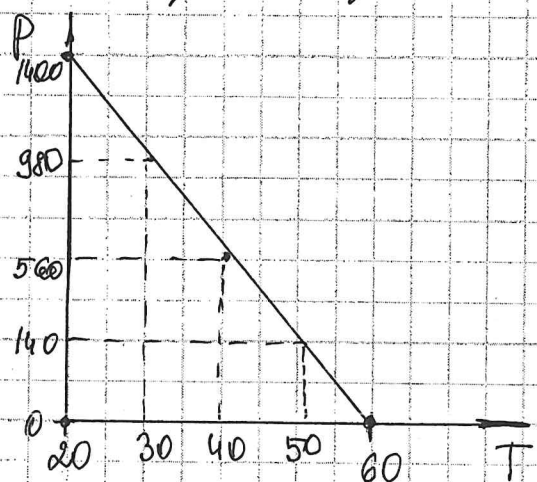
тогда можно найти полезную мощность, выделяемую при сгорании топлива т.к. по условию мощность всегда одинакова и равна 1400 Вт

$$1400 = P_n + \alpha (T - T_{\text{окр}})$$

$$1400 = P_n + 42T - 840$$

$P_n = 2240 - 42T$, получим, что P_n зависит от температуры линейно.

Построим график $P(T)$



$$P_1 (T = 20^\circ) = 1400 \text{ Вт}$$

$$P_2 (T = 30^\circ) = 980 \text{ Вт}$$

$$P_3 (T = 40^\circ) = 560 \text{ Вт}$$

$$P_4 (T = 50^\circ) = 140 \text{ Вт}$$

$$P_5 (T = 60^\circ) = 0$$

Видим, что график мощности описывает график КПД теплового двигателя подтверждаем ответ

Ответ: Полезная мощность, выделяемая при сгорании топлива будет линейно уменьшаться по закону

$$P_n = 2240 - 42T, \text{ где } T - \text{температура окружающей среды}$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

Задача 5.

1) закон Джоуля-Ленца:

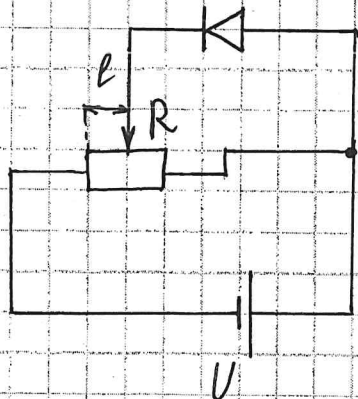
$Q = I^2 R t$ - кол-во теплоты, выделяемое во внешней части цепи ^{квадрата} равно произведению силы тока, сопротивлении нагрузки времени прохождения этого тока.

I - сила тока в цепи (одн. значение, проходящая через источник) $I = [A]$

R - сопротивление нагрузки внешней части цепи, $R = [Ом]$

t - время прохождения тока или промежуток времени, рассматриваемый для прохождения тока. $t = [с]$

2) Диод - устройство, способное проводить силу тока только в одном направлении.



$R = \rho \frac{l}{S}$, при увеличении l от l_0 до l_{max}

$R \uparrow$

При $l = l_0$ диод открывается, т.к. в этом случае он будет соединён с источником тока параллельно и параллельно потен-

циометру и след. напряжение на них будет равно U , а на потенциометре $\pm U$.

$$3) \eta = \frac{P_{\text{диода}}}{P_{\text{цепи}}} \cdot 100\%$$

$$E = U = IR,$$

$P = UR$, пренебрегаем сопротивлением внутренним.

По графику зависимости, определяем, что U_0 - максимальное напряжение на диоде, следовательно при нем максимальная мощность.