Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

+1 91

117212

105

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Матюхин Никита Дмитриевич

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

Регистрационный номер 6268

Вариант задания 1; 3

Дата проведения «17» февраля 2019 г.

Подпись участника ____________

С работой ознакомлен 26.02.2019

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

117212

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
10	10	15	15	25	~~5~~					~~80~~
					20					~~100~~ 95

Шифр ________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

~~Восемьдесят~~ баллов (Девяносто пять) /Бир

Оценка 95 баллов протокол № 4 от 26.02.

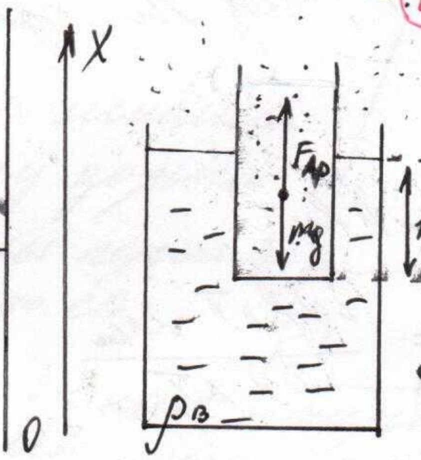
212

Вариант № 1

№1 (10)

Дано:
$m = 1$ кг;
$S = 0,02$ м^2;

Найти:
Δp - ?



Решение:

1) определим глубину погружения h:
по II закону Ньютона для банки, по оси Ox:
$ma = F_{Ap} - mg$, но $a = 0 \Rightarrow$

$mg = F_{Apx}$

2) $F_{Apx} = \rho_{H_2O}\, g\, V_{погруж}$; $V_{погруж} = S \cdot h$,
$\rho_{H_2O}\, g S h = mg$; $h = \frac{m}{\rho_в S}$;

3) по закону Паскаля, давление на дно: $p_{дна\,в} = p_{жид} + p_0$, где p_0 - давление со стороны атмосферы; $p_{жид} = \rho_{H_2O}\, g h$, из п.2. $h = \frac{m}{\rho_в S} \Rightarrow p_{жид} = \rho_{H_2O}\, g \cdot \frac{m}{\rho_в S} = \frac{mg}{S}$.
$p_{дна\,в} = p_0 + \frac{mg}{S}$ - давление от воды;

4) $\Delta p = p_{дна} - p_0 = \frac{mg}{S}$; $\Delta p = \frac{mg}{S} = \frac{1 \cdot 9,8}{0,02} = 490$ Па;
давление от атмосферы.

Ответ: $\Delta p = 490$ Па;

№2 (10)

Дано:

$A_{вн} = 500$ Дж; $\nu = 2$ моль

$\Delta T = 10^\circ C$;

$R = 8,3$ Дж/(кг·К);

Найти:

C_ν - ?

Решение:

1) по I началу термодинамики.

$Q = A_{газа} + \Delta U$; $A_{газа} = -A_{вн} \Rightarrow$

$Q = \Delta U - A_{вн}$; $Q = C_\nu \nu \Delta T$, где

C_ν - малярная теплоёмкость.

2) $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R \Delta T$, газ He, одноатомный

$i = 3$;

3) имеем: $C_\nu \nu \Delta T = \frac{i}{2}\nu R \Delta T - A_{вн}$

$C_\nu \cdot \nu \Delta T = \frac{i\nu R\Delta T - 2A_{вн}}{2}$; $C_\nu = \frac{i\nu R\Delta T - 2A_{вн}}{2\nu\Delta T}$;

$C_\nu = \frac{3\cdot 2\cdot 8,3\cdot 10 - 2\cdot 500}{2\cdot 2\cdot 10} = -12,55$ Дж/(моль·К);

Ответ: $C_\nu = \frac{i\nu R\Delta T - 2A_{вн}}{2\nu\Delta T}$; $C_\nu \approx -12,55$ Дж/(моль·К);

№3 (15)

Дано:

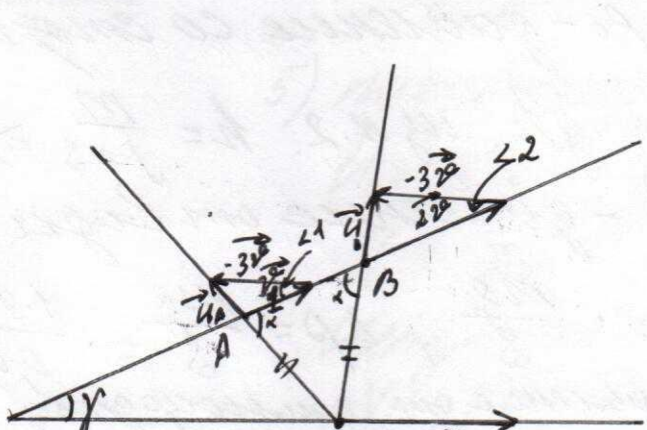
$\vec{v}_A$; $2\vec{v}_B$;

$3\vec{v}_C$; $AC = BC$

Найти:

$\angle\alpha$ - ?

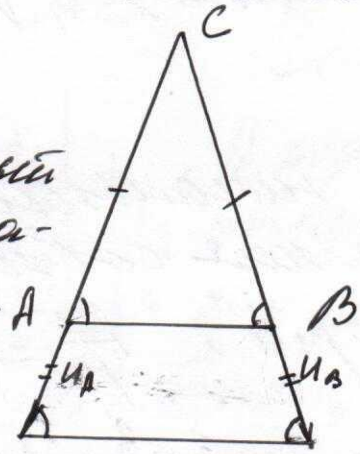
Решение:



1) Перейдём в СО, связанную с мотоциклом (т. С).

НСО - мотоцикл;
ПСО - Земля;
тело №1 - т. А;
тело №2 - т. В;

В этой системе, т. к. т. С. покоится, для того, чтобы $\triangle ABC$ оставался равнобедренным, необходимо равенство относительных скоростей U_1 и U_2.



2) пусть $\angle\gamma$ - искомый угол между дорогами, т.к. мы перешли в другую СО, то $\angle\gamma = \angle 1 = \angle 2$ - как накрестлежащие между $\parallel$ прямыми, тогда для каждого $\triangle$ скоростей запишем Т косинусов.

$$\begin{cases} U_A^2 = 9v^2 + v^2 - 2\cdot 3v\cdot v\cos\gamma \\ U_B^2 = 9v^2 + 4v^2 - 2\cdot 3v\cdot 2v\cos\gamma \\ U_A = U_B \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} U^2 = 10v^2 - 6v^2\cos\gamma \\ U^2 = 13v^2 - 12v^2\cos\gamma \end{matrix}$$

вычтем.

$$13v^2 - 10v^2 - 12v^2\cos\gamma + 6v^2\cos\gamma = 0$$

$$3v^2 - 6v^2\cos\gamma = 0;$$

$$3\cancel{v^2} = 6\cancel{v^2}\cos\gamma$$

$$\cos\gamma = 1/2 \Rightarrow \text{т.к. } \gamma\in(0;\pi/2),\ \angle\gamma = \arccos(1/2) = 60°,$$

Ответ: $\angle\gamma = 60°$

№4. 15

Дано:

p_1, V_1, T_1, U_1

$T_2 = T_1/4;$

$p_3 = p_1/2;$

$pV^n = const;$

Найти:

$n - ?$

Построить:

$p(V) - ?$

$p(U) - ?$

Решение:

1) в процессе 1-2, $p = const \Rightarrow$ по закону Гей-Люссака: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$;

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$; $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = 1/4$; $\boxed{V_2 = 1/4\, V_1}$

2) в процессе 2-3, $V = const \Rightarrow V_3 = V_2 = 1/4 V_1$

$p_3 = p_1/2$

3) т.к. начальные и конечные состояния совпадают $\Rightarrow$

$p_3 V_3^n = p_1 V_1^n$; $\frac{p_3}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^n$; $\frac{0{,}5p_1}{p_1} = \left(\frac{V_1}{1/4 V_1}\right)^n$;

$\frac{1}{2} = 4^n$; $n = \log_4 1/2 = \log_{2^2} 2^{-1} = -\frac{1}{2}\log_2 2 = -0{,}5$

$\boxed{n = -0{,}5}$

4) построим $p(V)$, занесём рассчитанные ранее параметры в таблицу:

	①	②	③
p	p_1	p_1	$\frac{1}{2}p_1$
V	V_1	$\frac{1}{4}V_1$	$\frac{1}{4}V_1$

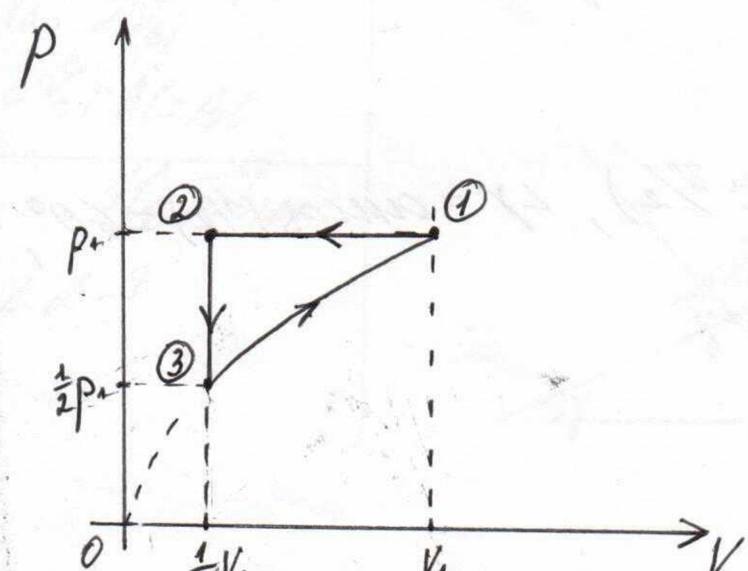
1-2 → изобара;

2-3 → изохора;

3-1 → гр. $pV^{-1/2}$;

$p \cdot V^{-1/2} = k$

$p = k\sqrt{V}$ - корневая



5) построим $p(U)$;

$U_м = \frac{i}{2}kT$; $U_г = \frac{i}{2}\nu RT$

$T = \frac{2U_г}{i\nu R}$; по уравнению Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$, подставим T

$pV = \nu R \cdot \frac{2U_г}{i\nu R}$; $pV = \frac{2}{i}U_г$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 117212

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1

№4 (продолжение)

б) $pV = \frac{2}{i} U_г$;

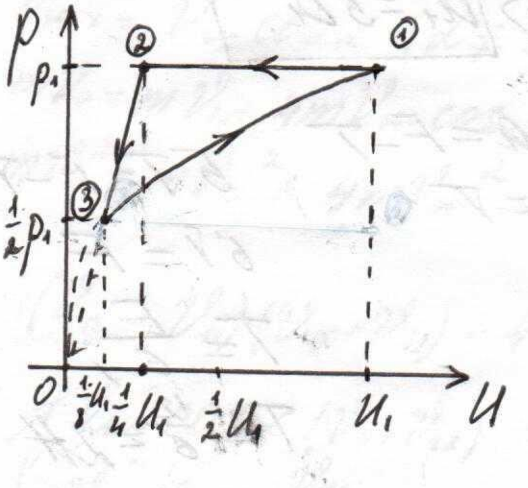
- 1-2 → $p = const$; $V_2 = 1/4\, V_1 \Rightarrow U_{г2} = 1/4\, U_{г1}$
- 2-3 → $V = const$; $p = \frac{2}{Vi} U_г$; $p = \alpha U_г$ – прямая

$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$; $p_3 = 1/2\, p_1$; $T_2 = 1/4\, T_1$; $\frac{p_1}{1/4\, T_1} = \frac{1/2\, p_1}{T_3}$; $T_3 = \frac{1}{8} T_1 \Rightarrow U_{г3} = \frac{1}{8} U_{г1}$

- 3-1: → $pV^n = \beta$; $n = -0{,}5$; $p = \beta\sqrt{V}$; $p^2 = \beta^2 V$;

$V = \frac{p^2}{\beta^2}$; $p \cdot \frac{p^2}{\beta^2} = \frac{2}{i} U_г$; $p^3 = \frac{2\beta^2}{i} U_г$

$p = \gamma \sqrt[3]{U_г}$ – корневая.



Ответ: $n = -0{,}5$

№5 (25)

Дано:

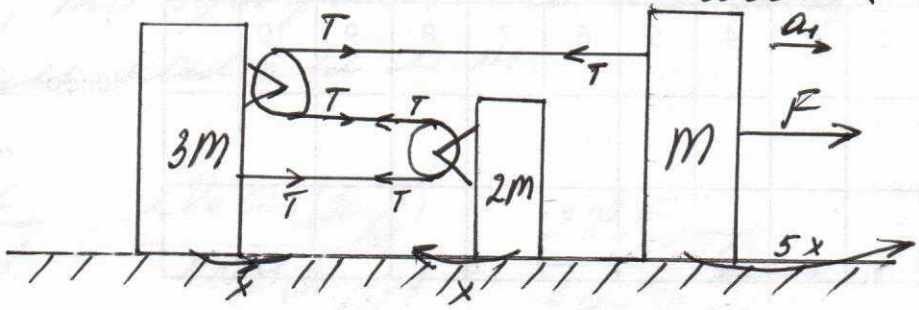
$3m;\ 2m;\ m;$

$F = 12\ Н;$

Найти:

$T - ?$

Решение:



1) Запишем II закон Ньютона для каждого блока:

$ma_1 = F - T$, где a_1 - ускорение блока m

$$\begin{aligned} 2ma_2 &= 2T \\ 3ma_3 &= 3T \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} ma_2 &= T \\ ma_3 &= T \end{aligned}$$

, где a_2 и a_3 - ускорения блоков 2m и 3m, заметим $ma_2 = T = ma_3 \Rightarrow a_2 = a_3 = a$.

3) Найдём соотношение между a и a_1: нить нерастяжима, пусть блок 3m пройдёт расстояние x $\Rightarrow$ блок 2m пройдёт x ему навстречу $\Rightarrow$ нить за это время отмотается на $3x + 2x = 5x$, тогда т.к. $s = \frac{at^2}{2}$ - от начала движения, то $\frac{a_1}{a} = \frac{s_1}{s} = \frac{5x}{x} \Rightarrow \boxed{a_1 = 5a}$.

4) имеем: $\begin{cases} ma_1 = F - T \\ a_1 = 5a \\ ma = T \end{cases}$; $\begin{cases} 5ma = F - T \\ ma = T \end{cases}$; $5T = F - T$

$6T = F$

$T = \frac{F}{6}$;

$T = \frac{12}{6} = 2Н$

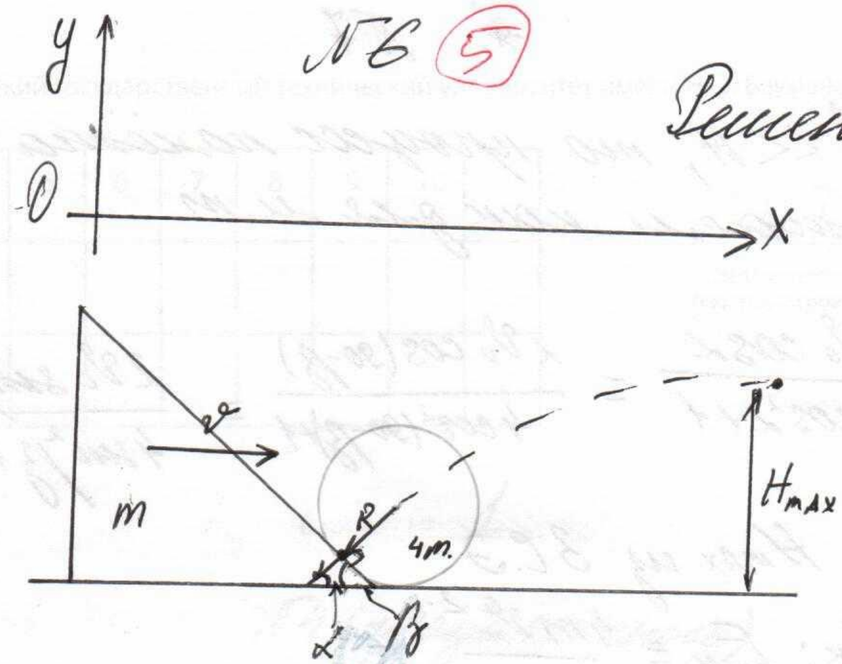
Ответ: $T = \frac{F}{6}$; $T = 2Н$;

№6 (5)

Решение

Дано:
$v = 4$ м/с; m
$4m$; $\angle\beta = 30°$;

Найти:
H - ?



1) запишем ЗСИ по оси O_x:

$\vec{p}_н = \vec{p}_к$, $\quad p_{нx} = p_{кx}$; $\quad p_{нx} = m v_0$

$p_{кx} = m v_{1x} + 4m v_{ш.x}$

$m v_0 = m v_{1x} + 4m v_{шx}$ (1)

2) т.к. столкновение упругое выполняется ЗСЭ: $K_н = K_к$; $\dfrac{m v_0^2}{2} = \dfrac{m v_{1x}^2}{2} + \dfrac{4m v_ш^2}{2}$ (2)

3) решим совместно (1) и (2) но учтём, что $v_{шx} = v_ш \cdot \cos\alpha$, но т.к. это шар, то при ударе он получит скорость, под $\angle(90-\beta)$ к горизонту $\Rightarrow$

$$\begin{cases} v_{шx} = v_ш \cos\alpha \quad (\alpha \neq 30°!) \\ m v_0 = m v_{1x} + 4m v_ш \cos\alpha \\ m v_0^2 = m v_{1x}^2 + 4m v_ш^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 = v_{1x} + 4 v_ш \cos\alpha \to v_0 - v_{1x} = 4 v_ш \cos\alpha \\ v_0^2 = v_{1x}^2 + 4 v_ш^2 \to v_0^2 - v_{1x}^2 = 4 v_ш^2 \\ \alpha = 90 - \beta = 90 - 30 = 60° \end{cases}$$

$$(v_0 - v_{1x})(v_0 + v_{1x}) = 4 v_ш^2$$

$$4 v_ш \cos\alpha (v_0 + v_{1x}) = 4 v_ш^2$$

$$\begin{cases} v_0 + v_{1x} = \dfrac{v_ш}{\cos\alpha} \\ v_0 - v_{1x} = 4 v_ш \cos\alpha \end{cases} \Rightarrow 2v_0 = v_ш \left(4\cos\alpha + \frac{1}{\cos\alpha}\right)$$

$$2v_0 = v_ш \left(\frac{4\cos^2\alpha + 1}{\cos\alpha}\right); \quad \frac{2 v_0 \cos\alpha}{4\cos^2\alpha + 1} = v_ш.$$

4) т.к. $R \ll H$, то процесс полёта шара рассчитаем как для м.т.

$$v_ш = \frac{2v_0 \cos\alpha}{4\cos^2\alpha+1} = \frac{2v_0\cos(90-\beta)}{4\cos^2(90-\beta)+1} = \frac{2v_0 \sin\beta}{4\sin^2\beta+1};$$

Найдём H_{max} из З.С.Э.:

$$E_н = E_к; \; E_н = \frac{4mv_н^2}{2}$$

$$E_к = П + К = 4mgH_{max} + \frac{4mv_x^2}{2}$$

$$\frac{4mv_н^2}{2} = 4mgH_{max} + \frac{4mv_x^2}{2}; \quad 2gH_{max} = v_н^2 - v_x^2$$

$$2gH_{max} = v_н^2(\underbrace{1-\cos^2\alpha}_{\sin^2\alpha}) -$$

по основному тригонометрическому тождеству $\Rightarrow$ $2gH_{max} = (v_н \sin\alpha)^2$; $\sin\alpha = \sin(90-\beta) = \cos\beta$

$$H = \frac{(v_0\cos\beta)^2}{2g} = \frac{1}{2g}\left(\frac{2v_0\sin\beta\cos\beta}{4\sin^2\beta+1}\right)^2 = \frac{1}{2g}\left(\frac{v_0 \sin 2\beta}{4\sin^2\beta+1}\right)^2$$

$$H = \frac{1}{2\cdot 9{,}8}\cdot\left(\frac{4\cdot\sin(2\cdot 30)}{4\sin^2(30)+1}\right)^2 \approx 0{,}15 \text{ м};$$

$H \approx 0{,}15$ м.

Ответ: $H \approx 0{,}15$ м; $H = \frac{1}{2g}\cdot\left(\frac{v_0\sin 2\beta}{4\sin^2\beta+1}\right)^2$?

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

25 (двадцать пять) БУ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
						25				

Шифр 117212

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

Дано:

$d = 1{,}0$ м;

$m_1 = 0{,}1$ кг;

$h = 50 \cdot 10^{-3}$ м;

$S_{осн} = 100 \cdot 10^{-6}$ м^2;

$\nu = 10000$ об/мин;

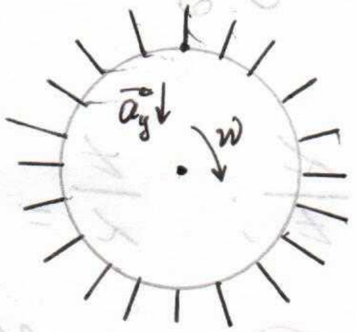
$\sigma = \frac{\alpha}{t}$; $[t] = {}^\circ C$;

$\alpha = 240000 \cdot 10^6$ Па/$^\circ$C;

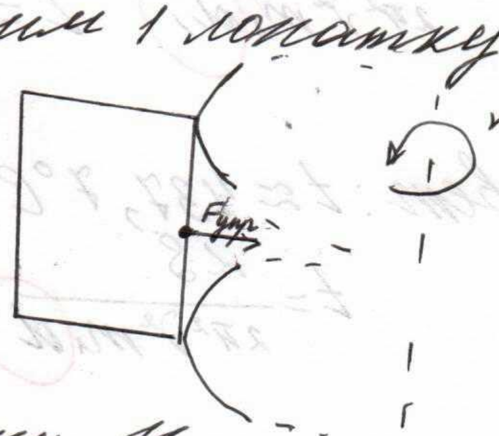
Найти:

t

Решение:



1) изобразим 1 лопатку сбоку:



по II закону Ньютона для 1 лопатки: $m a_ц = F_{упр}$, где $F_{упр}$ - сила упругости, возникающая в металле.

$a_ц = \omega^2 R = \frac{\omega^2 d}{2}$; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \Rightarrow a_ц = \frac{4\pi^2\nu^2 d}{2}$

итого: $m \cdot \frac{4\pi^2\nu^2 d}{2} = F_{упр}$.

2) Собственно говоря, если превысить макси-

малыную t, тогда в слабом месте турбины (место крепления лопаток к ротору) произойдёт разрыв.

Возьмём предельный случай, тогда

$\sigma = \frac{F_{упр}}{S}$, $F_{упр} = \sigma S$ подставим:

$m_л \cdot \frac{4\pi^2 \nu^2 d}{2} = \sigma S$

$\frac{2\pi^2 \nu^2 m_л d}{S} = \frac{\alpha}{t}$; $\cdot \frac{t}{\alpha} = \frac{S}{2\pi^2 \nu^2 m_л d}$;

$t = \frac{\alpha S}{2\pi^2 \nu^2 m_л d}$; $t = \frac{240\,000 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3{,}14^2 \cdot (\frac{10\,000}{60})^2 \cdot 0{,}1 \cdot 1} \approx 437{,}7°C$

Ответ: $t \approx 437{,}7°C$;

$t = \frac{\alpha S}{2\pi^2 \nu^2 m_л d}$