

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 14-008

(заполняется секретарём)

Вариант 09-03

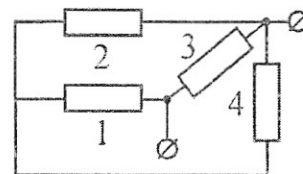
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Найдите скорость V_0 поезда в начале наблюдения. Поезд движется по прямой равнозамедленно.

2 Начальная скорость камня, брошенного под углом к горизонту, равна $V_0 = 10$ м/с, а через $\tau = 0,5$ с величина скорости камня уменьшилась до $V = 7$ м/с. Через какое время T после старта камень находился на максимальной высоте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3 Подвешенному на нити шарiku сообщили начальную скорость в горизонтальном направлении. В тот момент, когда нить отклонилась на угол $\alpha = 30^\circ$ от вертикали, ускорение шарика направлено горизонтально. Какой угол α_{\max} с вертикалью будет образовывать нить в момент остановки шарика?

4 В очень легком калориметре находятся вода массой $M = 0,1$ кг и кусок льда массой $m = 0,05$ кг. Температура воды и льда $t_0 = 0^\circ\text{C}$, температура окружающей среды $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Из-за притока теплоты лед понемногу плавится – за $\tau = 5$ минут в воду превращается $m_1 = 1$ г льда. Какое время T пройдет (оценить) от момента полного плавления льда до увеличения температуры системы на $\Delta t = 1^\circ\text{C}$? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·К).

5 Цепь, схема которой показана на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения $U = 18$ В. Сопротивление каждого резистора равно $r = 5$ Ом. Найдите мощность P_1 , рассеиваемую на резисторе 1.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\tau_1 = 1\text{c}$
 $\tau_2 = 1,5\text{c}$
 $L = 12\text{м}$
 $v_0 = ?$

Генераторы

формула для равнозамедленного движения
 $L = v_0 \tau_1 - \frac{\alpha \tau_1^2}{2} \Rightarrow \alpha = 2 \left(\frac{v_0 \tau_1 - L}{\tau_1^2} \right)$

1) скорость через время τ_1

$$2) v_2 = v_0 - \alpha \tau_1$$

таже формула для равнозамедл

$$L = v_2 \tau_2 - \frac{\alpha \tau_2^2}{2}$$

$$L = (v_0 - \alpha \tau_1) \tau_2 - \frac{\alpha \tau_2^2}{2}$$

$$L = \left(v_0 - 2 \frac{v_0 \tau_1 - L}{\tau_1} \right) \tau_2 - \frac{v_0 \tau_1 - L}{\tau_1^2} \tau_2^2$$

$$L = \left(2 \frac{L}{\tau_1} - v_0 \right) \tau_2 - v_0 \frac{\tau_2^2}{\tau_1} + \frac{\tau_2^2}{\tau_1^2} L$$

$$L = 2 \frac{L \tau_2}{\tau_1} - v_0 \tau_2 \left(1 + \frac{\tau_2}{\tau_1} \right) + \frac{\tau_2^2}{\tau_1^2} L$$

~~Handwritten scribbles and crossed-out work.~~

$$v_0 \frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1} \tau_2 = L \left(2 \frac{\tau_2}{\tau_1} + \left(\frac{\tau_2}{\tau_1} \right)^2 - 1 \right) = 12 \left(-3 + 2,25 - 1 \right) \text{с} = 12 \cdot 4,25 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

~~Вот так~~
~~Вот так~~

$$v_0 \frac{\tilde{L}_2}{\tilde{L}_1} (\tilde{L}_1 + \tilde{L}_2) = \frac{2\tilde{L}_1\tilde{L}_2 + \tilde{L}_2^2 - \tilde{L}_1^2}{\tilde{L}_1^2} L$$

$$v_0 = \frac{2\tilde{L}_1\tilde{L}_2 + \tilde{L}_2^2 - \tilde{L}_1^2}{\tilde{L}_1\tilde{L}_2(\tilde{L}_1 + \tilde{L}_2)} L =$$

$$= \frac{4,25 \cdot 12}{1,5 \cdot 2,5} = \frac{14 \cdot 12}{3 \cdot 5} = \frac{14 \cdot 4}{5} =$$

$$= ~~13,6 \frac{m}{c}~~$$

$$= 13,6 \frac{m}{c}$$

$$g = 10 \frac{m}{c^2}$$

$$v_0 = 10 \frac{m}{c}$$

$$\tilde{L} = 0,5 c$$

$$v = 4 m/c$$

~~h_0?~~
~~h_0?~~

v^2
Решение:



$$1) v^2 = (v_0 \sin \alpha - g \tilde{L})^2 + v_0^2 \cos^2(\alpha) =$$

$$= (v_0 \sin \alpha - g \tilde{L})^2 + v_0^2 [1 - \sin^2(\alpha)] =$$

$$= (v_0 \sin \alpha)^2 - 2v_0 \sin \alpha g \tilde{L} + (g \tilde{L})^2 + v_0^2 -$$

$$- (v_0 \sin \alpha)^2 =$$

$$= (g \tilde{L})^2 + v_0^2 - 2v_0 \sin \alpha g \tilde{L}$$

по оси ординат

$$2v_0 \sin \alpha g \tilde{L} = (g \tilde{L})^2 + v_0^2 - v^2$$

$$\sin \alpha = \frac{(g \tilde{L})^2 + v_0^2 - v^2}{2v_0 g \tilde{L}}$$

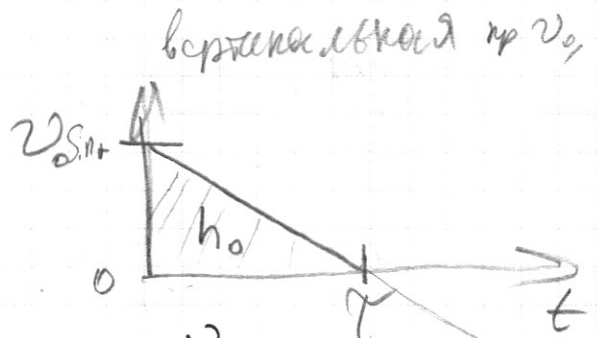
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Тело будет находиться в высшей
точке в тот момент, когда её вертикаль-
ная скорость станет равна нулю:

$$T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

~~$$h_0 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$~~

~~$$v^2 = v_0^2 - 2gh_0$$~~

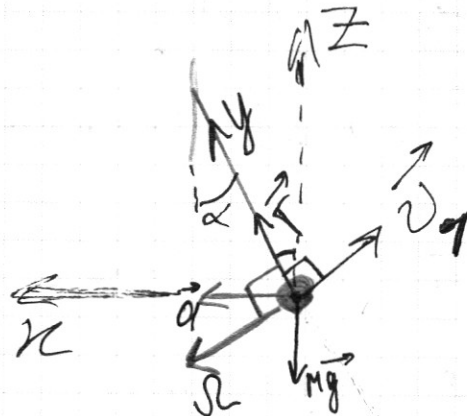
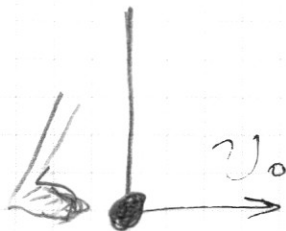


$$T = \frac{(gT)^2 + v_0^2 - v^2}{4g^2T} = \frac{86}{200} \text{ c} = 0,43 \text{ c}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\alpha_{\text{max}} = ?$$



1) ЗСЭ:

$$\frac{mv^2}{2} = L(1 - \cos \alpha) mg + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v^2 = 2L(1 - \cos \alpha)g + v_1^2$$

2) 234 В пр. на ось z:

$$T \cos \alpha - mg = 0$$

$$T \cos \alpha = mg \Rightarrow m = \frac{T \cos \alpha}{g}$$

В пр. на ось y:

$$T - mg \cos \alpha = m a_y = \frac{m v_1^2}{L}$$

$$T - \frac{T \cos \alpha}{g} = \frac{v_1^2}{L g} T \cos \alpha$$

$$T \sin^2 \alpha = \frac{v_1^2}{L g} T \cos \alpha$$

$$v_1^2 = \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha \cdot L g$$

$$v_0^2 = 2L(1 - \cos \alpha) + L g \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha =$$

$$= L g (2 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha - 2 \cos \alpha) \Rightarrow L g = \frac{v_0^2}{2(1 - \cos \alpha) + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}$$

3) Число ЗЦЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g l (1 - \cos \alpha_{\max})$$

$$\frac{v_0^2}{2 g l} = 1 - \cos \alpha_{\max}$$

$$\frac{2(1 - \cos \alpha) + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}{2} = 1 - \cos \alpha_{\max}$$

$$\cos \alpha_{\max} = 1 - \frac{1 + \cos \alpha - \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}{2}}{2} = \cos \alpha - \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}{2} =$$
$$= \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{4\sqrt{3}} = \frac{5}{4\sqrt{3}} = \frac{5\sqrt{3}}{12}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ:

$$\cos \alpha_{\max} = \cos \alpha - \frac{\epsilon g \alpha \cdot \sin \alpha}{2} = \frac{5\sqrt{3}}{12}$$

$$\alpha_{\max} = \cos^{-1} \left(\cos \alpha - \frac{\epsilon g \cdot \sin \alpha}{2} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{5\sqrt{3}}{12} \right)$$

$$M = 0,1 \text{ кг}$$

$$m = 0,05 \text{ кг}$$

$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$t_1 = 20^\circ \text{C}$$

$$\tau = 5 \text{ мин}$$

$$n = 12$$

$$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$\Delta t = 1^\circ \text{C}$$

$T = ?$

нч

Решение:

1) Будем считать мощность теплопередачи постоянной, т.к. $\Delta t = 1^\circ \text{C}$ очень малое изменение температуры

$$N = \frac{m_1 \lambda}{\tau} \quad (\text{а мощность теплообмена } \sim \text{ разности температур})$$

2) ~~...~~

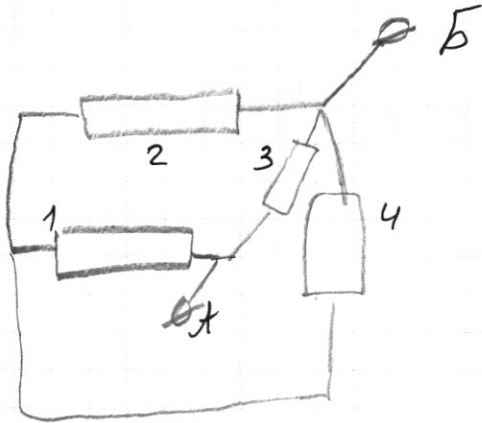
$$N T = c(M+m) \Delta t$$

$$\frac{m_1 \lambda}{\tau} T = c(M+m) \Delta t$$

$$T = \frac{c(M+m) \Delta t}{m_1 \lambda} \quad T = \frac{4200 \cdot 0,15 \cdot 1}{0,001 \cdot 330 \cdot 10^3} \cdot 5 \text{ мин} =$$

$$= \frac{42 \cdot 15}{330} \cdot 5 = \frac{21}{11} \cdot 5 \text{ мин} \approx 10 \text{ мин}$$

№5

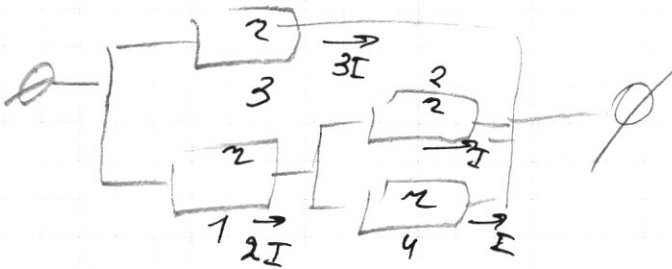


$$U = 18 \text{ В}$$

$$z = 5 \text{ }\Omega$$

$$P_1 = ?$$

1) Преобразую схему:



$$3Iz = 2Iz + Iz = U$$

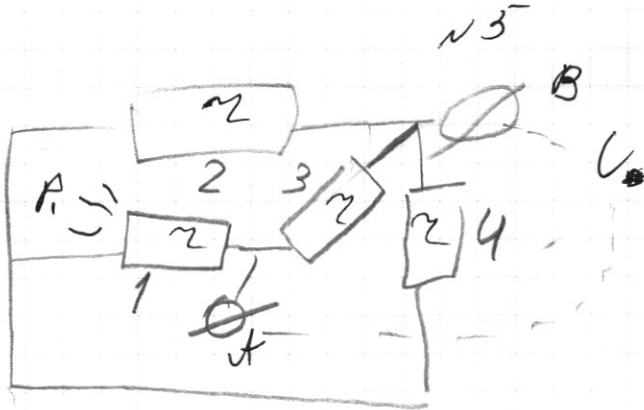
$$\Rightarrow \frac{U}{3z} = I$$

2) По зак. Ом.-ленца:

$$P_1 = 2I \cdot U = 2I \cdot 2Iz = 4I^2z = \frac{4U^2}{9z} = \frac{4 \cdot 18^2}{9 \cdot 5} = 576 \text{ Вт}$$

Ответ: $P_1 = 576 \text{ Вт}$

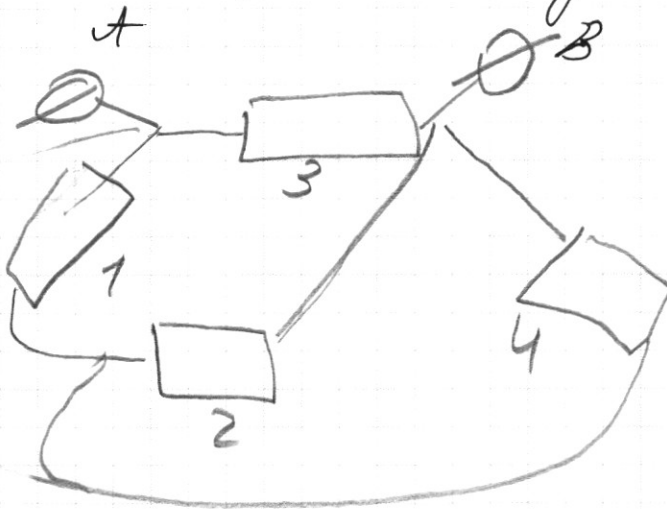
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



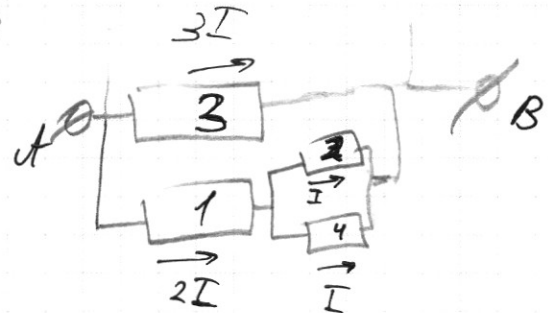
$r = 5 \Omega$
 $U = 18 \text{ В}$

$P_1 = ?$

Преобразуем схему:



Еще раз:



$U_{AB} = 3I r = U \Rightarrow$

$I_1 = \cancel{2I} = 2I r$

$P = (2I)^2 r = 4I^2 r = \frac{4U^2}{9r} = \frac{4 \cdot 18^2}{9 \cdot 5} \text{ Вт} = 57,6 \text{ Вт}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

14-008

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)