

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 8-007

(заполняется секретарём)

Вариант 09-03

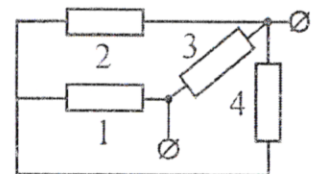
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Найдите скорость V_0 поезда в начале наблюдения. Поезд движется по прямой равномерно.

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 шарик 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).

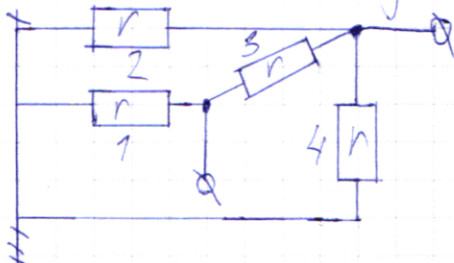
5 Цепь, схема которой показана на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения $U = 18$ В. Сопротивление каждого резистора равно $r = 5$ Ом. Найдите мощность P_1 , рассеиваемую на резисторе 1.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

Дано:
 $U = 18 \text{ В}$
 $r = 5 \text{ Ом}$



$P_1 = ?$

- 1) R_1 с R_3 соединены последовательно.
 R_2 с R_4 соединены параллельно.
 R_1 и R_3 с R_2 с R_4 соединены параллельно.

Значит $U_2 = 18 \text{ В}$ $U_4 = 18 \text{ В}$ и $U_1 + U_3 = 18 \text{ В}$

2) Т.к. $R_1 = R_3$, то $U_1 = U_3 = 18 \text{ В} : 2 = 9 \text{ В}$

3) $P_1 = \frac{U_1^2}{r}$ $P_1 = \frac{9^2}{50 \text{ Ом}}$ $P_1 = \frac{81 \text{ В}^2}{50 \text{ Ом}}$ $P_1 = 18,2 \text{ Вт}$

Ответ: $P_1 = 18,2 \text{ Вт}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{(M \cdot c \cdot \Delta t + m \cdot c \cdot \Delta t)}{m_i \cdot \lambda} \cdot (t_1 - t_0)$$

~~$$T = \frac{(M \cdot c \cdot \Delta t + m \cdot c \cdot \Delta t)}{\lambda} \cdot m_i \cdot \lambda$$~~

~~$$T = \frac{(M \cdot c \cdot \Delta t + m \cdot c \cdot \Delta t) \cdot \lambda (t_1 - t_0)}{m_i \cdot \lambda (t_1 - t_0)}$$~~

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

$$T = \frac{(0,1 \cdot 4200 \cdot 1 + 0,05 \cdot 4200 \cdot 1) \cdot 300}{0,001 \cdot 3,3 \cdot 10^5}$$

$$T = \frac{(420 + 210) \cdot 300}{330}$$

$$T = \frac{630 \cdot 300}{330} = \frac{189000}{330} \approx 573 \text{ с}$$

$$T = 573 \text{ с} = 9,6 \text{ мин}$$

Ответ: $T = 573 \text{ с}$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4

Дано:

$$M = 0,1 \text{ кг}$$

$$m = 0,05 \text{ кг}$$

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

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

$$\tau = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$$

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

$$m_1 = m_2 = 0,001 \text{ кг}$$

$$T = ?$$

1) В этой задаче ведётся речь о мощности теплопередачи, предположим, что можем использовать закон Фурье ($\frac{Q}{\tau} = k \cdot \Delta t$)

2) Рассмотрим случай плавления:

$$\frac{Q_{\text{пл}}}{\tau} = k \cdot \Delta t$$

$$Q_{\text{пл}} = m_1 \cdot \lambda$$

$$\Delta t = t_1 - t_0$$

$$\frac{m_1 \cdot \lambda}{\tau} = k (t_1 - t_0)$$

$$k = \frac{m_1 \cdot \lambda}{\tau (t_1 - t_0)}$$

2) Рассмотрим случай нагревания:

$$\frac{Q_{\text{нагр}}}{T} = k (t_1 - t_в) \Rightarrow T = \frac{Q_{\text{нагр}}}{k (t_1 - t_в)}$$

$$Q_{\text{нагр}} = (M + m) \cdot c \cdot \Delta t = M \cdot c \cdot \Delta t + m \cdot c \cdot \Delta t$$

~~$t_в$ возьмём, как среднее арифметическое Δt и t_0~~

~~$$t_в = \frac{\Delta t + t_0}{2} = \frac{1 + 0}{2} = 0,5^\circ \text{C}$$~~

$t_в$ берём, как t_0 , чтобы $(t_1 - t_в)$ было максимальным



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) h = R - R \cdot \cos \Delta_{\max} \quad R - \text{длина нити}$$

$$h = R(1 - \cos \Delta_{\max})$$

$$h = R \cdot \sin \Delta_{\max}$$

$$v_0^2 = 2gR \sin \Delta_{\max}$$

$$\sin \Delta_{\max} = \frac{v_0^2}{2gR}$$



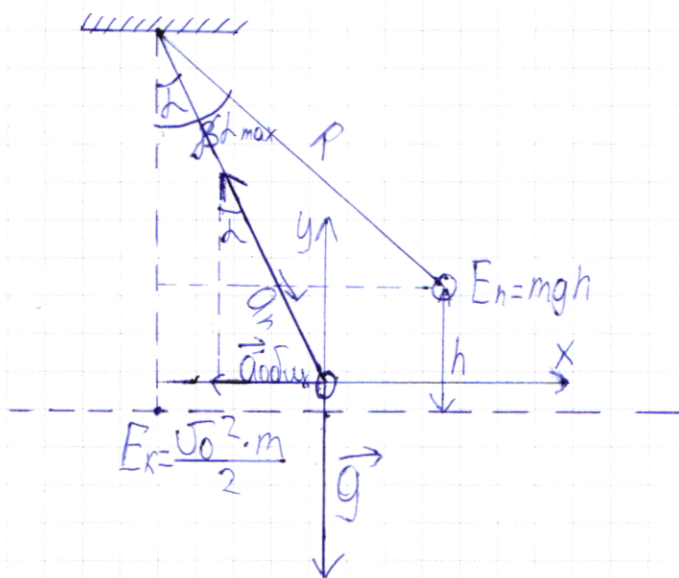
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №43

Дано:
 $\alpha = 30^\circ$
 $\alpha_{\max} = ?$



1) В момент, когда угол отклонения равен 30° общее ускорение равно:

$$\vec{a}_{\text{общ}} = \vec{a}_n + \vec{g}$$

На ось x

$$a_{\text{общ}x} = a_{\text{общ}}$$

$$a_{nx} = a_n \cdot \sin \alpha$$

$$a_x = 0$$

$$\underline{a_{\text{общ}} = a_n \cdot \sin \alpha}$$

2) Закон сохранения энергии:

E_k перешла в E_n

$$E_k = E_n$$

$$\frac{v_0^2 \cdot m}{2} = mgh \quad 2 \cdot v_0^2 = gh$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

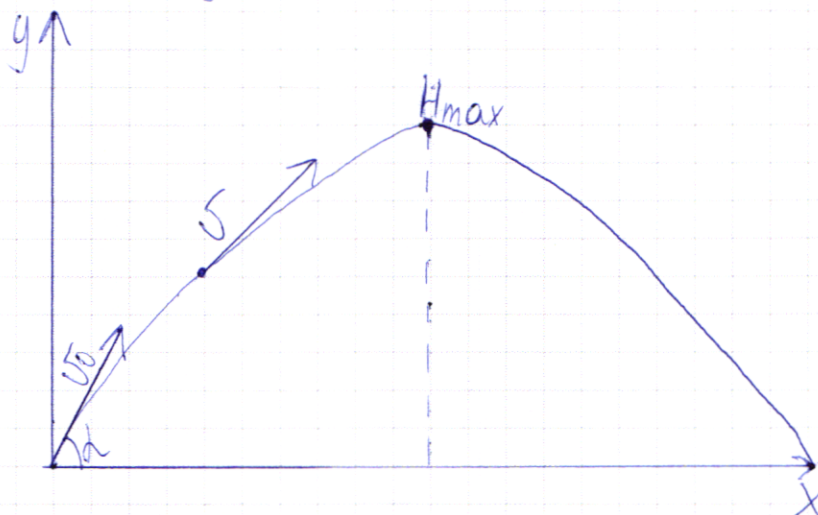
Задача №2

Дано:
 $v_0 = 10 \text{ м/с}$
 $\tau = 0,5 \text{ с}$
 $v = 7 \text{ м/с}$
 $T = ?$

$$1) T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$\sin \alpha = ?$



2) Время, за которое камень изменил свою скорость от v_0 до v можно выразить так:

$$\tau = \frac{(v_0 - v) \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$\sin \alpha = \frac{\tau \cdot g}{v_0 - v}$$

$$\sin \alpha = \frac{0,5 \cdot 10}{10 - 7}$$

$$\sin \alpha = \frac{5}{3}$$

3) Найдем T

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

$$T = \frac{10 \cdot \frac{5}{3}}{10}$$

$$T = \frac{5}{3} \text{ с} \approx 1,67 \text{ с}$$

Ответ: $T = \frac{5}{3} \text{ с}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} 12 = v_0 + \frac{a}{2} \cdot 1 \cdot 2 \\ 12 = 1,5v_0 + 1,5a + \frac{a \cdot 2,25}{2} \cdot 1 \cdot 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24 = 2v_0 + a \cdot 1 \cdot 3 \\ 24 = 3v_0 + 3a + a \cdot 2,25 \cdot 1 \cdot 2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 42 = 6v_0 + 3a \quad (1') \\ 48 = 6v_0 + 10,5a \quad (2') \end{cases}$$

$$(1') - (2')$$

$$24 = -7,5a$$

$$a = -\frac{24}{7,5}$$

$$a \approx -3,2 \text{ м/с}^2$$

$$24 = 2v_0 - a$$

$$a = -3,2 \text{ м/с}^2$$

$$24 = 2v_0 - 3,2$$

$$2v_0 = 24 + 3,2$$

$$v_0 = \frac{27,2}{2}$$

$$\underline{v_0 = 13,6 \text{ м/с}}$$

Ответ: $v_0 = 13,6 \text{ м/с}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

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

1) Вагоны движутся равноускоренно \Rightarrow напишем уравнение для первого случая

$$S = v_0 \cdot \tau_1 + \frac{a \cdot \tau_1^2}{2} \quad S = L$$

$$L = v_0 \cdot \tau_1 + \frac{a \cdot \tau_1^2}{2} \quad (1)$$

2) Во втором случае начальная скорость будет другой $v_0' - v_0'$

$$L = v_0' \cdot \tau_2 + \frac{a \cdot \tau_2^2}{2}$$

$$v_0' = v_0 + a \cdot \tau_1$$

$$L = (v_0 + a \cdot \tau_1) \cdot \tau_2 + \frac{a \cdot \tau_2^2}{2}$$

$$L = v_0 \cdot \tau_2 + a \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 + \frac{a \cdot \tau_2^2}{2} \quad (2)$$

3) Составим систему уравнений

$$\begin{cases} L = v_0 \cdot \tau_1 + \frac{a \cdot \tau_1^2}{2} \\ L = v_0 \cdot \tau_2 + a \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 + \frac{a \cdot \tau_2^2}{2} \end{cases}$$

Подставим значения

$$\begin{cases} 12 = v_0 \cdot 1 + \frac{a \cdot 1^2}{2} \\ 12 = v_0 \cdot 1,5 + a \cdot 1 \cdot 1,5 + \frac{a \cdot 1,5^2}{2} \end{cases}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$S = v_0 \cdot t_1 + \frac{a \cdot t_1^2}{2} \quad (1)$$

$$S = v_0' \cdot t_2 + \frac{a \cdot t_2^2}{2} \quad (2)$$

$$v_0' = v_0 + a \cdot t_1, \quad S = (v_0 + a \cdot t_1) \cdot t_2 + \frac{a \cdot t_2^2}{2}$$

$$\begin{cases} S = v_0 \cdot t_1 + \frac{a \cdot t_1^2}{2} \\ S = v_0 \cdot t_2 + a \cdot t_1 \cdot t_2 + \frac{a \cdot t_2^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12 = v_0 \cdot 1 + \frac{a}{2} \quad \text{из } (1) \\ 12 = 1,5v_0 + 1,5a + \frac{2,25a}{2} \quad \text{из } (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 24 = 2v_0 + a \\ 24 = 3v_0 + 3a + 2,25a \end{cases}$$

$$12 = 13,6 - \frac{3,2}{2}$$

$$12 = 13,6 - 1,6$$

$$\begin{cases} 24 = 2v_0 + a \\ 24 = 3v_0 + 5,25a \end{cases}$$

$$\begin{cases} 48 = 6v_0 + 3a \\ 48 = 6v_0 + 10,5a \end{cases} \quad \ominus$$

$$24 = -7,5a$$

$$a = -\frac{24}{7,5}$$

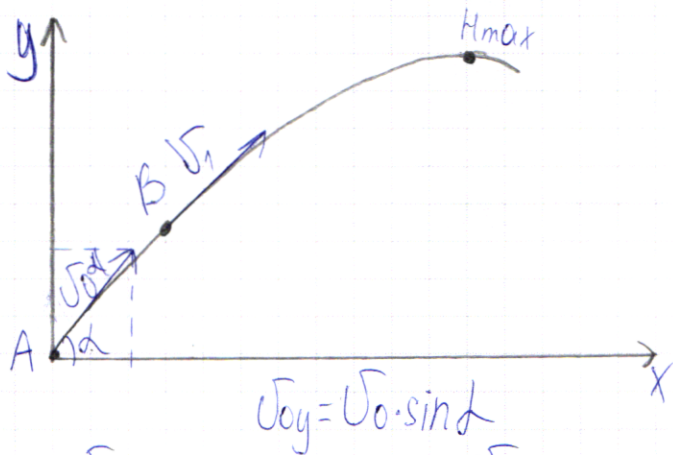
$$a \approx -3,2$$

$$24 = 2v_0 - 3,2$$

$$2v_0 = 24 + 3,2$$

$$v_0 = \frac{27,2}{2}$$

$$v_0 \approx 13,6 \text{ м/с}$$



$$U_{0y} = U_0 \cdot \sin \alpha$$

$$T = \frac{U_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad T = \frac{U_{0y}}{g}$$

$$\gamma = U_0 \sin \alpha - U_1 \sin \alpha$$

$$\gamma = \frac{3 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$0,5 = \frac{3 \cdot \sin \alpha}{10}$$

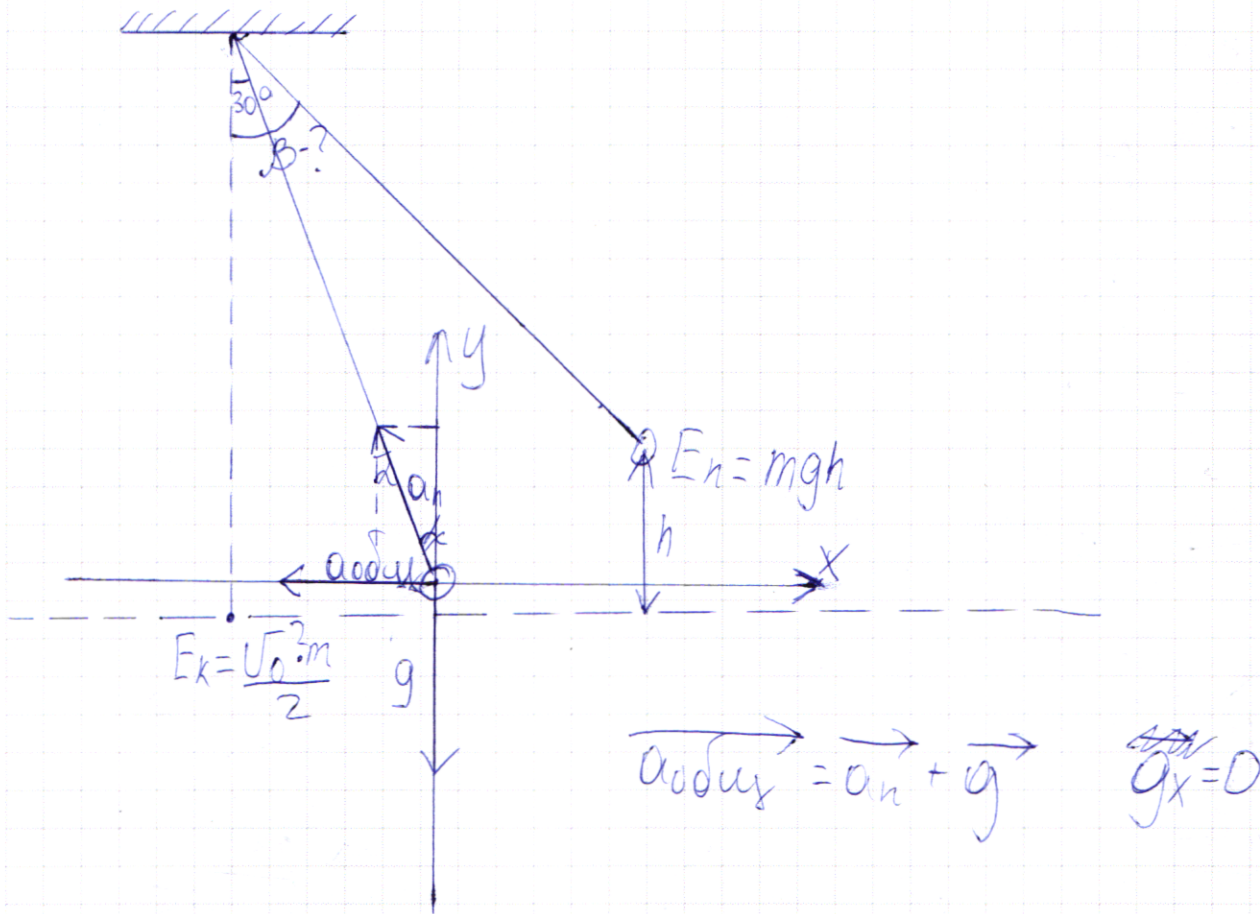
$$5 = 3 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{5}{3}$$

$$T = \frac{10 \cdot \frac{5}{3}}{10}$$

$$T = \frac{5}{3} \text{ c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$a_{\text{обш}} = a_n \cdot \sin \alpha$ (если $a_{\text{обш}}$ горизонтально)

Шар остановится, когда $a_{\text{обш}} \cdot T = U_0$

~~$a_n \cdot \sin \alpha \cdot T = U_0$~~

$a_n \cdot \sin \alpha =$

$\frac{U_0^2 \cdot m}{2} = mgh$

$h = R - R \cos \beta$

$h = R(1 - \cos \beta)$

$U_0^2 = 2gh$

$U_0 = a_{\text{обш}} \cdot t$

~~$h = R \cdot \cos$~~

$h = R \cdot \sin \beta$

~~$a_n \cdot \sin^2 \alpha \cdot R = 2gh$~~

$U_0^2 = 2gR \cdot \sin \beta$

~~$\frac{U_0^2}{R^2} \cdot \sin^2 \alpha \cdot t^2 = 2gh$~~

$$\frac{Q}{\tau} = K (t_1 - t_0)$$

$$Q_2 = 0,001 \text{ Kz} \cdot 3,3 \cdot 10^5$$

$$Q = 1 \cdot 3,3 \cdot 10^2$$

$$Q = 330 \text{ Dmc}$$

~~330~~

$$\frac{330 \text{ Dmc}}{300^\circ\text{C}} = K \cdot 20^\circ\text{C}$$

$$\frac{110 \text{ Dmc}}{100^\circ\text{C}} = K \cdot 20^\circ\text{C}$$

$$1,1 \text{ Dmc} = K \cdot 20^\circ\text{C}$$

$$K = \frac{1,1 \text{ Dmc}}{20^\circ\text{C}}$$

$$K = \frac{0,55}{10}$$

$$K = \frac{11}{200}$$

$$K = \frac{5,5}{100}$$

$$T \approx 9,8 \text{ мин}$$

$$T \approx 587 \text{ c}$$

$$T = \frac{630}{1,0425}$$

$$K = 0,055 \frac{\text{Dmc}}{^\circ\text{C}}$$

$$K = 0,055$$

$$T = \frac{630 \cdot 0,0000}{55 \cdot 195}$$

$$Q_2 = (M + m) \cdot C \cdot 1$$

$$Q_2 = 0,15 \cdot 4200 \cdot 1$$

$$Q_2 = 15 \cdot 42$$

$$Q_2 = 420 + 210$$

$$Q_2 = 630 \text{ Dmc}$$

$$\frac{630 \text{ Dmc}}{T} = K$$

630

$$T = \frac{630}{0,055}$$

$$T = \frac{630}{K}$$

$$T = \frac{630}{0,055 \cdot 19,5}$$

$$\frac{630}{T} = K \cdot 19,5$$