



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01



Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.

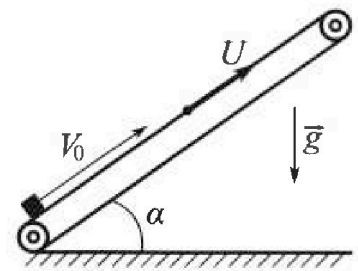
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

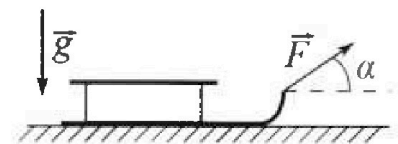
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости  $V_0$  за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

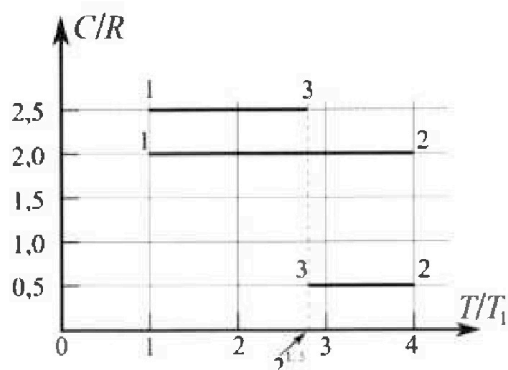
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



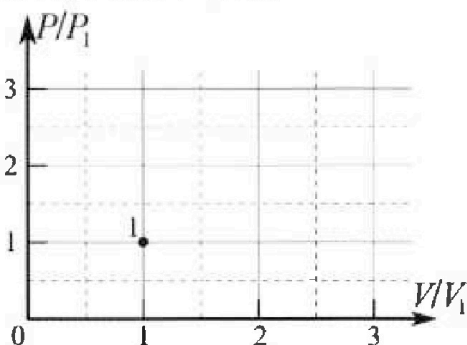
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



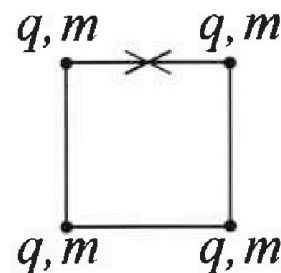
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость  $V$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МОТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№1

за время  $T=2c$  шарик из состояния покоя  
м.д.а.  $v_0=0$  из состояния покоя из состояния покоя

$$a - m \cdot a = -mgT$$

$$v_0 = gT = 20 \frac{m}{c}$$

$$\begin{cases} S = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{где } t \text{ - время полета} \\ \text{шарика до стены} \end{array}$$

$$H = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)$$

возьмем производную этой функции

$$S \operatorname{tg} \alpha - \frac{2gS^2}{2v_0^2} \operatorname{tg} \alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow v_y = 2v_x$$

$$H = 2S - \frac{5gS^2}{2v_0^2} = 15 \text{ м}$$

Ответ:  $v_0 = 20 \frac{m}{c}$      $H = 15 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N 2

Коробка со скоростью начального  $v_0 = 4 \text{ м/с}$

остановится если  $\mu$  пройдя путь  $S = 1 \text{ м}$

$F_{тр} = \mu N$   
 $N = mg \cos \alpha$

$ma = -\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$      $a = -\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$

$0 = v_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1$     где  $S = \text{путь}$

$S_1 = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t_1^2$     *предположим*

$t_1 = \frac{2}{5} \text{ с}$

$S_1 = v_0 t_1 - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1^2}{2}$

$S_1 = \frac{4}{5} \text{ м} = 0,8 \text{ м}$

Тогда оставшийся путь  $S_2 = 0,2 \text{ м}$  коробка

будет использовать и ее ускорение будет

равно  $a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$

$S_2 = \frac{a t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2 S_2}{a}} = \frac{0,2 \cdot 2}{0,6} = \frac{4}{6} \text{ с}$

$T = t_1 + t_2 = \frac{4}{5} + \frac{2}{3} = \frac{32}{30} \text{ с} = 1 \frac{1}{15} \text{ с}$

\* Во втором случае перейдем в СО

транспорта, тогда  $v = v_0 - u$

При этом, если в ЛСО коробка  $u_0$

в СО транспорта  $v = 0$

$0 = (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t$

$t = \frac{v_0 - u}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

по условию запишем 3 вектора  
действующих  
сил Тension

$$\sigma = m \cdot a = - \mu m g \uparrow$$

$$\frac{d\sigma}{\mu g} = \uparrow$$

$$\uparrow = \frac{d\sigma}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g} = \frac{d\sigma \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

$$\text{ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad \uparrow = \frac{d\sigma \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

по оси OX:  $m a = -F \sin \alpha + F_{\text{тр}}$

OY:  $N = mg \cos \alpha + F \cos \alpha$

$$F_{\text{тр}} = \mu N =$$

$$m a_1 = F \cos \alpha - mg \sin \alpha + \mu (mg \cos \alpha + F \cos \alpha)$$

второй случай



$$N = mg$$

$$m a_2 = F \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

запишем закон сохранения энергии

для обоих случаев

$$m v_0 = (1000 - m g)$$

$$\left\{ \begin{aligned} m v_0 &= F \cos \alpha + \mu (mg \cos \alpha + F \cos \alpha) \\ m v_0 &= F \cos \alpha - mg \sin \alpha \end{aligned} \right.$$

$$\text{Тогда } F \cos \alpha - mg \sin \alpha = -mg \sin \alpha + \mu (F \sin \alpha + F \cos \alpha)$$

$$\cos \alpha = \mu \sin \alpha + \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

при прекращении действия

силы  $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha = \mu mg$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

ЛЮТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

из графика видно, что процесс  
1-2  $\bar{L}_{\text{зад}} = 2R$ ,  $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R T_1$ ,  
тогда  $A_{12} + \mu = Q$ ,

$$Q = (\mu_{\text{зад}}) \Delta T = 2R \cdot 3T_1$$

$$A_{12} = Q - \mu = \frac{3}{2} \nu R T_1, \nu = 1,5$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} R T_1 = 4982 \text{ Дж}$$

процесс замкнутой, что видно

из рисунка  $\Rightarrow$   $\Delta U_{\text{цикла}} = 0 \Rightarrow$   
 $\Delta W_{\text{цикла}} = \Delta Q$

$$\eta = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_{\text{цикла}}}$$

Решив уравнение найдем  $T_1$  и процесс

1-2, потому что только в этом  $\Delta U > 0$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$Q_{12} = 6 \nu R T_1$$

$$Q_{23} = 0,5 \nu R (2T_1 - 4T_1)$$

$$Q_{31} = 2,5 \nu R T_1 - 2 \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{6 \nu R T_1 + \sqrt{2} \nu R T_1 - 2 \nu R T_1 + \sqrt{2} \cdot 2,5 \nu R T_1 - 5 \sqrt{2} \nu R T_1}{6 \nu R T_1}$$

$$\eta = \frac{6 - 4\sqrt{2} + 0,5}{6} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6}$$

ответ:  $\eta = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6}$ ;  $A_{12} = 4982 \text{ Дж}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

МФТИ

1 2 3 4 5 6 7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Запишем  $\Delta E$  в эффемах процесса раз  
 атаки из кинетич шариков  
 было стало

$$E_1 + E_2 + E_3 = E_1 + E_2 + E_3 + \frac{m v^2}{2}$$

$E_1$  - энергия шарика в поле верниса левого

$E_2$  - кинетича правого

$E_3$  - энергия шарика в поле верниса левого

и  $E_3$  - поле

$$E_1 = k \frac{q^2}{b}$$

$$E_2 = k \frac{q^2}{b}$$

$$E_3 = k \frac{q^2}{\sqrt{2}b} \quad E_3' = \frac{kq^2}{2b}$$

$$E_3' - E_1 = \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2 \frac{E_3' - E_1}{m}}$$

$$v = \sqrt{2 \frac{k \frac{q^2}{2b} - k \frac{q^2}{b}}{m}}$$

$$v = \sqrt{k \frac{q^2}{bm} (1 - 2) = 1}$$

$$v = g \sqrt{k \frac{q^2}{bm}}$$

Ответ:  $v = k \frac{q^2}{b^2} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$ ,  $v = g \sqrt{k \frac{q^2}{bm}}$

$$l = \frac{m v^2}{2} d$$

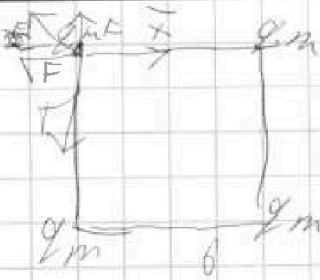
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



на каждой из шариков  
действуют равные силы  
по модулю и сама конструкция  
симметрична, поэтому  
везде сила натяжения будет  
одинаковой

$$F_1 = K \frac{q^2}{b^2} \quad F_2 = K \frac{q^2}{b^2}$$

$$F_3 = K \frac{q^2}{2b^2}$$

$$F_4 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad F_4 \text{ и } F_3 \text{ сонаправлены}$$

Поскольку  $F_1 = F_2 \Rightarrow F_4$  диагональ квадрата  
и  $F_3$  является его

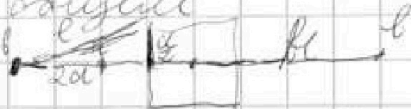
$$F_{\text{сум}} = F_4 + F_3 = K \frac{q^2}{2b^2} + \sqrt{2} K \frac{q^2}{b^2}$$

$$T_{\text{сум}} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = T \sqrt{2}$$

$$F_{\text{сум}} = T_{\text{сум}} \quad T \sqrt{2} = K \frac{q^2}{b^2} \left( \frac{\sqrt{2} + 1}{2} \right)$$

$$T = K \frac{q^2}{b^2} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$$

при взаимной сдвигу шариков их центр масс не  
изменяется поэтому шарик будет находиться  
на линии симметрии квадрата, длина которой  
равна  $\frac{a}{2}$ . В прямоугольнике отрезка  $\frac{a}{2}$  и  $b$   
меньше шарик будет висеть на  
крючке, но расстояние от  
центра шарика до центра квадрата



$$r = \sqrt{\frac{a^2}{4} + b^2} = \frac{a}{2} \sqrt{1 + \frac{4b^2}{a^2}}$$

Ответ:  $T = K \frac{q^2}{b^2} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$ ,  $r = \frac{\sqrt{a^2 + 4b^2}}{2}$

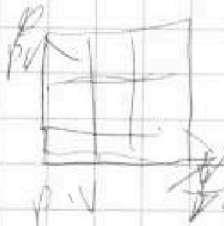
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$L = \frac{5a}{2}$   
 $h = 2$

$E_1 = 6 \frac{m \cdot m \cdot g}{\sqrt{1.5}}$   
 $E_2 = k \frac{m \cdot m \cdot g^2}{\sqrt{1.5}}$   
 $FK^2 = \frac{36}{2} E_{K, \text{св}}$   
 $\frac{36}{2} E_{K, \text{св}} = \frac{36}{2} \cdot \frac{1}{2} m v^2$   
 $18 E_{K, \text{св}} = 18 m v^2$   
 $E_{K, \text{св}} = m v^2$



$(F_{\text{св}} = \mu mg) = m \cdot 0 = \mu$

$13) \frac{P \cdot v}{P_1 v_1} = \frac{1}{1}$      $F_{\text{св}2} = m g \sin \alpha$

$2 P_1 v_1 - P_2 v_2 = \frac{6 \cdot 12}{123}$      $F - F_{\text{св}2} = \mu v \sin \alpha$

$\mu = \frac{1 - \cos 2}{\sin 2}$

$m v^2 = \mu m g s$

$s \mu v^2 = \mu m g t$   
 $t = \mu g = (1 - \cos 2) g$

$6 R T_1 = 123$   
 $2400 = 4902$   
 $-3600$

$24) \frac{P_1 v_1 - P_2 v_2}{2400 \times 12} + \Delta U = 0$

$\frac{P}{P_1} \cdot \frac{v}{v_1} = \frac{vRT}{v_1 T_1}$

$A_{25} = 5000$      $A_{12} = \mu z \cdot \Delta T = 0 = C_{\text{св}2} \Delta T$      $38 \text{ B}$   
 $792,7$

$2 P_1 v_1 - P_2 v_2 = 1200 \cdot 2$   
 $2400 \times 12 + \Delta U = 0$

$A_{12} = -2 R 3 T_1 + 2 R 3 T_2$   
 $A_{12} + 125 \times 17$   
 $3 R T_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$

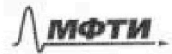
$40 - 12 + 4 \times 3 = \mu u + 0$   
 $28 = \mu u + 0$   
 $32,7$

$0,11 \times 2,1 \times 10^4$   
 $2297$   
 $32 \cdot 41$   
 $750 = 45$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5) T

$$C \cdot \sqrt{R} \cdot \frac{A \cdot K}{R} = C \cdot R$$

$$\frac{PV}{P \cdot V_A} \cdot \frac{R}{T} = \frac{A \cdot K}{R} = C \cdot R$$

$$P \cdot V_2 = A \cdot C \cdot \frac{R}{T}$$

$$P \cdot V_1 = A \cdot C \cdot \frac{R}{T}$$

$$P_2 \cdot V_2 = P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{T_1}{T_2} \quad P \cdot V = Q_1$$

$$\frac{P \cdot V}{P \cdot V_A} = \frac{V}{V_A}$$

$$A_{23} = Q_{22}$$

$$P \cdot V = \frac{P \cdot V_A}{T}$$

$$P \cdot V = \frac{P \cdot V_A}{T}$$

$$P \cdot V = \frac{P \cdot V_A}{T}$$

5) 2 0,45 1,5 (1) 5

5) 2 0,45 1,5 (1) 5

$$F_2 = F_1$$

$$W_T = K \frac{Q^2}{20^2} + \sqrt{2} \frac{Q^2}{6^2} K$$

$$T = K \frac{Q^2}{6^2} \left( \frac{1}{20^2} + \sqrt{2} \right)$$

$$T = K \frac{Q^2}{6^2} \left( \frac{1}{4} + \sqrt{2} \right) = K \frac{Q^2}{6^2} \left( \frac{1 + 4\sqrt{2}}{4} \right)$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = F \cdot S \cdot K \frac{Q^2}{R} \left( \frac{1}{20^2} + \sqrt{2} \right) = K \frac{29}{6} + \frac{Q}{\sqrt{2} \cdot 6}$$

$$E = \sqrt{K \frac{29}{6} + \frac{Q}{6}}$$

$$K = \frac{29}{20^2} (1 + 4\sqrt{2})$$

$$K = \frac{29}{20^2} (1 + 4\sqrt{2})$$

$$K = \frac{29}{20^2} (1 + 4\sqrt{2})$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

МФТИ

- 1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$m g \cos \alpha = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} + m g S \sin \alpha$$

$$- \mu m g \cos \alpha \cdot l = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} + m g S \sin \alpha$$

$$\mu m g \cos \alpha = \frac{m g S \sin \alpha + \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}}{l}$$

$$m g l = g S \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha \cdot l$$

$$g = g \cdot \sin \alpha + \mu \cos \alpha \cdot l$$

$$- 8 = \frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} - \frac{g S \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \cdot l}{2}$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{v - v_0}{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}$$

$$v = v_0 + a t = v_0 + (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 a S = v_0^2 + 2 (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) S$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2 (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) S}$$

$$v = \sqrt{20^2 + 2 \cdot 10 \cdot (0,8 - 0,1 \cdot 2)}$$

$$v = \sqrt{200 + 200} = \sqrt{400} = 20$$

$$v = 20 \text{ м/с}$$