



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

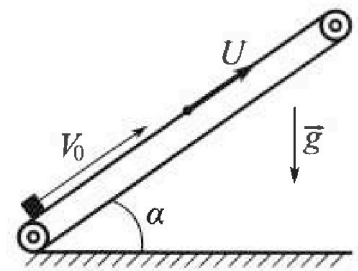


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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/с². 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 α 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?

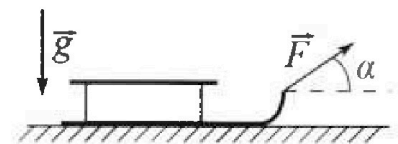
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 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/с². 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 α 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 μ 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.

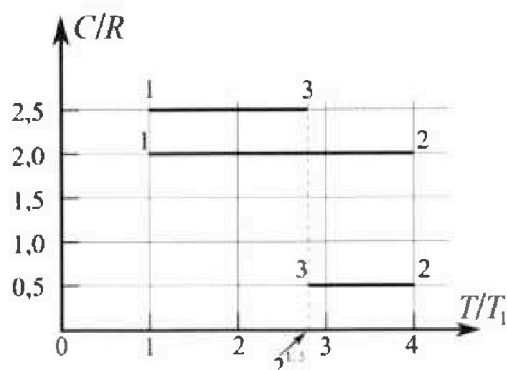
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



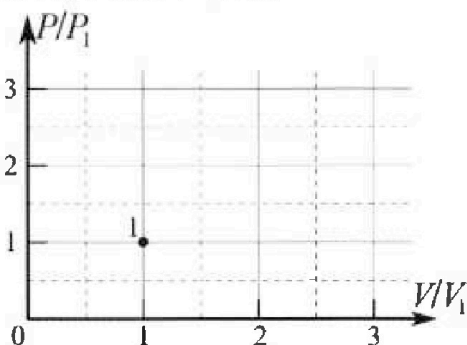
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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 η 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.



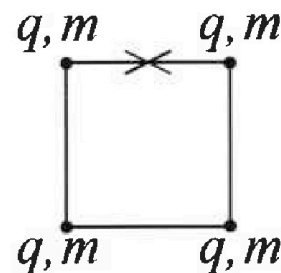
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 $T=20$ секунды мяч изменился с
м до v_0 из закона сохранения энергии

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

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

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

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

возьмем производную этой функции

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow v_y = 20x$$

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

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

МФТИ

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

$$t \leq \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$L = 0,4 - 0,2 = -0,2 \text{ м} + 0,8 \text{ м} = 0,6 \text{ м}$$

В со тракторного $\mu \cos \alpha = -2 \text{ см}$

$$\mu \sin \alpha = 0$$

Запишем $S(t)$ (учитывая работу

силы трения в момент остановки в тракторного $\mu \sin \alpha$
+ $\mu \cos \alpha$) $S = \frac{m g t^2}{2} + \mu g t - \mu g L \sin \alpha$

$$S = (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) \frac{t^2}{2}, \text{ где } t \text{ — время}$$

спуска в со тракторного $\mu \sin \alpha$

$$t = \frac{(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)}{2} = \frac{2}{9,8} = \frac{2 \cdot 10}{9,8}$$

$$S = \frac{4 \cdot 100}{9,8} = \frac{400}{9,8} \text{ м}$$

$$2 \cdot 10 \cdot 12 = 2 \cdot 100 \cdot 10 \Rightarrow 4 + 210 \text{ м} - 2 \cdot 9,8$$

$$20 \text{ м} = \frac{400}{3} - \frac{4 + 1,6}{20} \cdot 20$$

$$K = \frac{400}{3 \cdot 20} - \frac{4 + 1,6}{20} = \frac{400}{60} - \frac{5,6}{20} = \frac{400}{60} - \frac{16}{50} = \frac{400}{60} - \frac{16}{50}$$

$$\text{Ответ: } K = \frac{396}{600} \text{ м} \cdot \downarrow = 0,6 \text{ м}; T = 1,06 \text{ с}$$

$$K = \frac{396}{600} \text{ м}$$

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 же пройдя путь $S = 1 \text{ м}$

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

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

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

$S_1 = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t_1^2$ *предположим что какое-то время движется вверх*

$t_1 = \frac{2}{5} \text{ с}$

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

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

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

будет скользить 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 $v = 0$

$$\begin{cases} (0 \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t \\ t = (v_0 - u) t - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t^2}{2} \end{cases}$$



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 Тренка

$$\vec{a} = m \vec{g} \leftarrow \mu m \vec{g} \uparrow$$

$$\frac{v_0}{\mu g} = T$$

$$T = \frac{v_0}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

$$\text{ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad T = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

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!



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

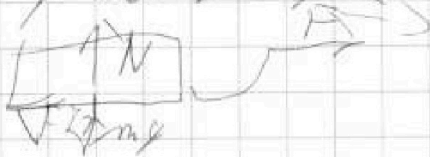
по оси OX: $m a = -F \sin \alpha + F_{\text{тр}}$

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

$$F_{\text{тр}} = \mu N =$$

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

второй случай



$$N = mg$$

$$m a_2 = F - mg \mu$$

запишем закон сохранения энергии

для обоих случаев

$$m v_0 = (1000 - mg \mu) l$$

$$m v_0 = F \cos \alpha + \mu (mg \cos \alpha + F \cos \alpha) l$$

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

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

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

при преобразовании действия

силы $F_{\text{тр}}$ в обоих случаях $= \mu mg$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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 $\dot{U}_{\text{load}} = 2R$, $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R$ и $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R$,
тогда $A_{12} + U = 0$,

$$Q = (U_{\text{load}}) \Delta U = 2R \cdot 3T_1$$

$$A_{12} = Q - U = \frac{3}{2} \Delta R T_1, \quad U = U_{\text{load}}$$

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

процесс замкнутой, что видно

из рисунка \Rightarrow $U_{\text{load}} = 0 \Rightarrow$
 $U_{\text{load}} = \varepsilon \cdot 0$

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q}$$

Результату найдем только процесс

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

Запишем ΔE в эфеме процесс раз
агона из трех шариков
обла обла

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

E_1 - энергия шарика в поле вершины левого

E_2 - минуса правого

E_3 - в поле шарика сверху ^{от} вершины

и E_3 - поле

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

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

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

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

$$v = \sqrt{2 \frac{E_1 - E_2}{m}}$$

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

$$v = \sqrt{k \frac{q^2}{bm} (4 - 1)}$$

$$v = q \sqrt{k \frac{3}{bm}}$$

Ответ: $v = k \frac{q^2}{b^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$, $v = q \sqrt{k \frac{3}{bm}}$

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

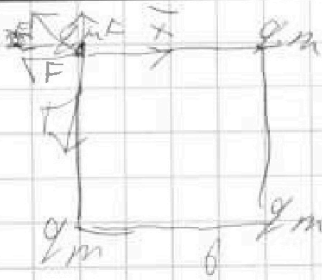
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

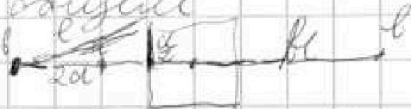
$$F_{\text{сум}} = F_4 + F_3 = K \frac{q^2}{2b^2} + \sqrt{2} K \frac{q^2}{b^2}$$

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

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

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

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 от
каждого, но расстояние от
центра шарика до центра квадрата



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

$$\text{Ответ: } T = K \frac{q^2}{b^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right), \quad l = \frac{\sqrt{17}}{2} a$$

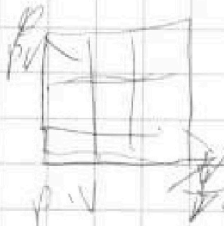
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$l = \frac{5a}{2}$
 $H = 2$

$E_1 = 6 \frac{m m g}{\sqrt{1.5}}$
 $E_2 = k \frac{m m g^2}{2}$
 $F_k = \frac{36}{2} = 18$
 $E = \frac{18 \cdot 1.5}{2} = 13.5$
 $\frac{1.4}{3.18}$

$(F_{\text{связ}} = \mu(mg \cos \alpha - F_{\text{норм}})) = m \cdot a = \mu$

$13) \frac{P \cdot V}{P_1 P_2} = \frac{T}{T_1}$ $F_{\text{связ}} = \mu mg \cos \alpha = m \cdot a$

$2 P_1 V_1 - P_2 V_2 = \frac{P_1 V_1}{T_1} - \frac{P_2 V_2}{T_2}$ $F - F_{\text{связ}} = \mu V \sin \alpha$

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

$m \cdot a^2 = \mu m g s$

$s \cdot \mu m g \cos \alpha = \mu m g s$
 $s = \mu g = (1 - \cos \alpha) g$

$6 R T_1$
 $6 R T_2 = 123$
 $2400 = 4902$
 -3600

$24) \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{2400 \times 12} + \Delta U = 0$

$\frac{P_1 \cdot V_1}{P_1} = \frac{v_1 \cdot R T_1}{v_1 \cdot 2450}$

$A_{25} = 5000$
 $A_{12} = 1200 \cdot 2$
 $2400 \times 12 + \Delta U = 0$

$A_{12} = \mu z \cdot \Delta T = 0 = C_{\text{мол}} \Delta T$
 $A_{12} = -2 R T_1 + 2 R T_2$
 $A_{12} + 1251 \cdot 17$
 $40 - 12 + 4 \cdot 23 = \mu u + 0$
 $28 = \mu u + 0$

$28 = \mu u + 0$
 $32,8$
 $32,8$
 $750 = 45$

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!

$$1) - \vec{v} \cdot m \vec{g} = - m \dot{v}_0$$

$$F = m \dot{v}_0 = m g \cos \alpha$$

$$2) \dots$$

$$H = \dots$$

$$H = S (t g \alpha - \dots)$$

$$-4l = (t g \alpha - \dots)$$

$$= t g \alpha$$

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

$$H = v_0 \cos \alpha \sin \alpha \dots$$

$$H = \dots$$

$$H = S t g \alpha - \dots$$

$$H = m \frac{1}{\cos^2 \alpha} (t + t g^2 \alpha)$$

$$H = S t g \alpha - \dots$$

$$0 = \dots$$

$$t g \alpha = \dots$$

$$L = 0, 2$$

$$L = 0, 2, \sqrt{4}$$

$$L = 0, 2, 4$$

$$0 = \dots$$

$$t g \alpha = \dots$$

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!

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

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

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

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

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

$$- 8 = \frac{v^2}{20} - \frac{20^2}{2}$$

$$v^2 = 20 \sqrt{20^2 - 160} = 20 \sqrt{200} = 20 \cdot 10 \sqrt{2} = 200 \sqrt{2}$$

$$v = 10 \sqrt{2}$$

$$v = \frac{v_0^2 - 2gR(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2}$$

$$10 \sqrt{2} = \frac{20^2 - 2 \cdot 10 \cdot (\sin 45^\circ + \mu \cos 45^\circ)}{2}$$

$$20 \sqrt{2} = 20 - 10(\sin 45^\circ + \mu \cos 45^\circ)$$

$$2\sqrt{2} = 2 - (\sin 45^\circ + \mu \cos 45^\circ)$$

$$2\sqrt{2} - 2 = -(\frac{\sqrt{2}}{2} + \mu \frac{\sqrt{2}}{2})$$

$$2(\sqrt{2} - 1) = -\frac{\sqrt{2}}{2}(1 + \mu)$$

$$4(\sqrt{2} - 1) = -\sqrt{2}(1 + \mu)$$

$$4\sqrt{2} - 4 = -\sqrt{2} - \mu \sqrt{2}$$

$$4\sqrt{2} - 4 + \sqrt{2} = -\mu \sqrt{2}$$

$$5\sqrt{2} - 4 = -\mu \sqrt{2}$$

$$\mu = \frac{4 - 5\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$$