



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.

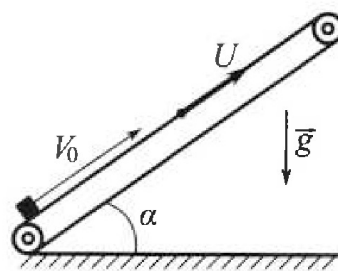
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

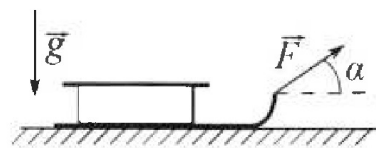
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

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 .

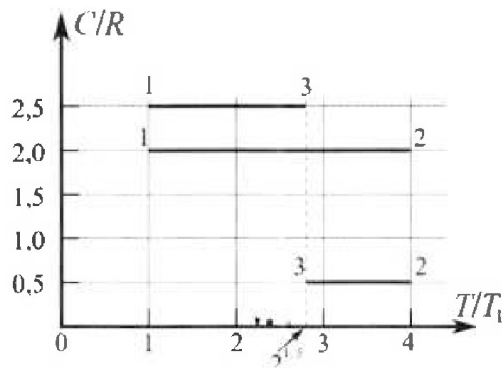
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

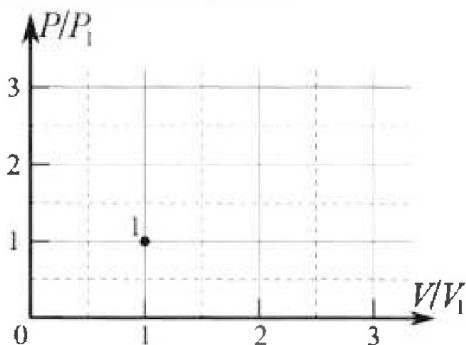
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



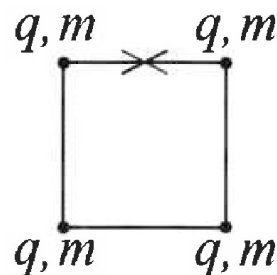
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

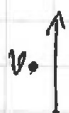
н/

1)

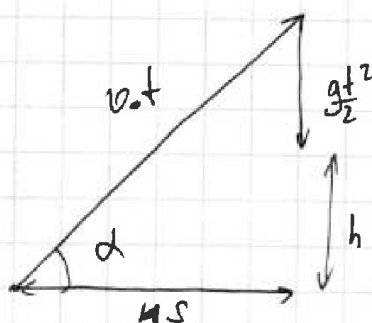
Макс высота - когда останавливается

v_k - конечная = 0

$$v_k = g t = \boxed{20 \text{ м/с}}$$



2)



Нарисуем вектора
перемещения
Путь h - выск
Выразим через угол:

$$v_0 t \cos \alpha = S \quad (1)$$

$$v_0 t \sin \alpha - \frac{g t^2}{2} = h \quad (2)$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

Подставим в (2)

$$\frac{v_0 \cdot S}{v_0 \cos \alpha} \cdot \sin \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = h \quad \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha$$

$$S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = h$$

$$S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot (1 + \tan^2 \alpha) = h$$

$h(\tan \alpha)$ - парабола ветвями вниз

Знайдем максимум в вершине.

Найдем ее взяв производную

и приравняв к 0: $h' = \frac{2 g S^2 \tan \alpha}{v_0^2} - S = 0$

$$\frac{2 g S^2}{v_0^2} \tan \alpha = S \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_0^2}{2 g S}$$

Подставим:

$$h = S \left(\frac{v_0^2}{2 g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \left(1 + \frac{v_0^4}{g^2 S^2} \right) \right) = S \left(\frac{v_0^2}{2 g S} - \frac{v_0^2}{2 g S} \right) =$$

$$= S \left(\frac{v_0^2}{2 g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \right) = 20 \left(\frac{400}{2 \cdot 200} - \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot 400} \right) = \frac{3}{4} \cdot 20 \text{ м} = \boxed{15 \text{ м}}$$

Ответ: 1) 20 м/с 2) 15 м



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!

№2 пробаше №1

1) Если $\sin \alpha = 0,8$, то $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$



Выразим

N - реакцию опоры

2) Скорости u коробки достигнет

когда остановится от ленты

Значит

$$\frac{v_0^2 - u^2}{2a} = L, \text{ заменим, что } u = 0$$

конца проскальзывания $a = g$

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2g} = \frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ м}$$

Существует еще одна точка в

которой скорости равна u .

Найдем ее по 2-е решение п. 3

3) После конца проскальзывания коробка будет подниматься, но сила трения будет направлена в др. сторону т.е. от ленты она будет скользить в др. сторону.

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha = 0,2 mg$$

$$\text{Значит } F_n = ma = (0,8 - 0,2) mg = ma$$

и

(ускорение) a после достижения скорости будет равно $0,6g$.

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. Поря QR-кода недопустима!



1)

Корпус
и
двигатель
на корабле μN

Если $\sin \alpha = 0,8$, то
 $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$
 $= \sqrt{1 - 0,64} =$
 $= \sqrt{0,36} = 0,6$
 $\cos \alpha = 0,6$

Выразим:
 $mg \cos \alpha = N$ — реакция опоры

Общая сила действует вправо
 $F_H = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$
 $F_H = \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8\right) \cdot mg = mg$
 $a_{\text{вниз}} = g = \frac{F_H}{m} = g$

$(v_0 - v_k) = gT$

Заметим что корабль не унесет
 $S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
 $\text{погонимся на } 1\text{ м} : 1 = 4x - 5x^2$

$v_0^2 - v_k^2 = 2gS$
 $v_k^2 = v_0^2 - 2gS$
 $v_k = \sqrt{v_0^2 - 2gS}$
 $T = \frac{(v_0 - v_k)}{g} = \frac{(v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gS})}{g}$

Итого найдем время погоня:
 $\frac{v_0^2 - v_k^2}{2g} = S$
 $\frac{16 \text{ м}^2}{20 \text{ м/с}^2} = S = 0,8 \text{ м} \Rightarrow T_1 = \frac{v_0}{g} = 0,4 \text{ с}$
 $S_0 = 0,2 \text{ м}$ — еще нужно проехать
 $S_0 = \frac{gt_2^2}{2}$
 $T_2^2 = \frac{2S_0}{g}$
 $T_2 = \sqrt{\frac{2S_0}{g}} = 0,2 \text{ с}$
 $T_{\text{общ}} = 0,2 \text{ с} + 0,4 \text{ с} = 0,6 \text{ с}$

$T_0 = \frac{v_0}{g} + \frac{1}{g} \sqrt{\frac{2gS_0}{g}} = 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{50}} \approx 0,4 \text{ с} + 0,2 \text{ с} = 0,6 \text{ с}$

$T_{\text{общ}} = 0,2 \text{ с} + 0,4 \text{ с} = 0,6 \text{ с}$

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!

№ 2 продолжение № 2

Тогда S которая коробка еще
пройдет по ленте

$$\frac{u^2 - 0^2}{2 \cdot 0,6g} = \frac{u}{1,2 \cdot g} \text{ м} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

Тогда высота подъема:

$$H = (L + S) \sin \alpha = \left(\frac{3}{5} + \frac{1}{3} \right) \cdot \frac{4}{5} =$$
$$= \left(\frac{9}{15} + \frac{5}{15} \right) \cdot \frac{4}{5} = \boxed{\frac{56}{75} \text{ м}}$$

Найдём теперь расстояние
для п. 2:

(коробка) Она достигла скорости 2 м/с ,
ускорение все еще $0,6g$.

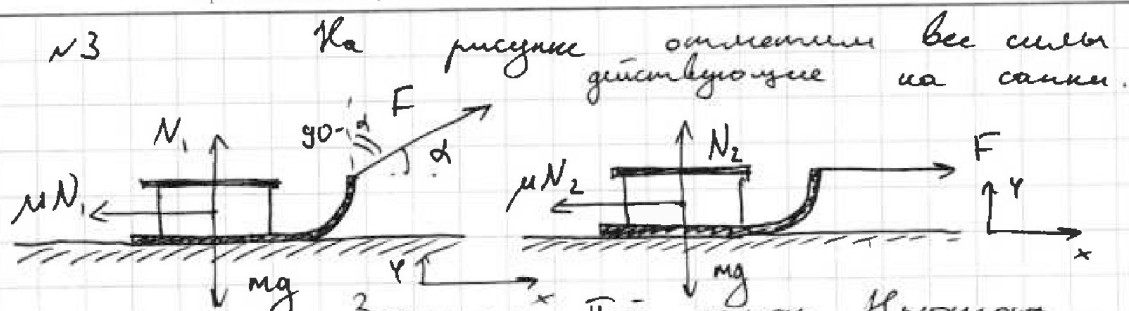
$$\frac{u^2}{2 \cdot 0,6g} = L_2 \Rightarrow L_2 = \frac{1}{3} \text{ м} = S \Rightarrow \text{скорость } u$$

опять достигнет в той же
самой точке.

Ответ: 1) $0,6 \text{ с}$ 2) $0,6 \text{ м}$ 3) $\frac{56}{75} \text{ м}$.

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!



Занесем в таблицу II-й закон Ньютона для каждой ситуации:

$$1) \begin{cases} O_x: & ma_1 = F \cos \alpha - \mu N_1 \\ O_y: & mg = N_1 + F \sin \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} O_x: & ma_2 = F - \mu N_2 \\ O_y: & mg = N_2 \end{cases}$$

$$N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) \quad ma_2 = F - \mu mg$$

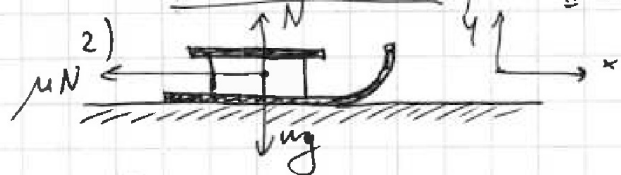
Поскольку в обоих случаях $a = \text{const}$,
то $v_0 = at$, t , $v_0 - \text{одно и то же} \Rightarrow a_1 = a_2$

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

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

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



$$\begin{cases} O_x: & ma = \mu N \\ O_y: & N = mg \end{cases}$$

$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$v_0 = at = \mu g t$$

$$= \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot g t \Rightarrow t = \left[\frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \right]$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ 2) $t = \frac{v_0}{g} \left(\frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \right)$

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!

~ 4 продолжение №2

Распишем (1); (2) для участка 1-2:

$$P dV + V dP = \gamma R dT$$

$$2 \gamma R dT = \frac{3}{2} \gamma R dT + P dV \Rightarrow \frac{1}{2} (P dV + V dP) = P dV \Rightarrow V dP = P dV$$

Можно записать в виде: $\frac{dV}{V} = \frac{dP}{P}$

$$\int_{V_0}^{V_k} \frac{dV}{V} = \int_{P_0}^{P_k} \frac{dP}{P} \Rightarrow \ln \frac{V_k}{V_0} = \ln \frac{P_k}{P_0} \Rightarrow \frac{V_k}{V_0} = \frac{P_k}{P_0}, \text{ где}$$

$V_k; P_k$ - P, V в некоторый
мгн. времени
значит функция $P_k(V) = \frac{P_0}{V_0} V_k$

Распишем то же самое, для
второго участка (2-3)

$$P dV + V dP = \gamma R dT$$

$$\frac{1}{2} \gamma R dT = \frac{3}{2} \gamma R dT + P dV$$

$$\left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right) (P dV + V dP) = P dV \text{ отсюда:}$$

$$2P dV = -V dP \Rightarrow \int_{2V_0}^{V_k} -2 \frac{dV}{V} = \int_{2P_0}^{P_k} \frac{dP}{P}$$

$$e^{-2x} = (e^{-x})^2 = \left(\frac{1}{e^x}\right)^2; e^{-2 \ln x} = (e^{-\ln x})^2 = \left(\frac{1}{e^{\ln x}}\right)^2 = \frac{1}{x^2}$$

Принимая во внимание и получаем:

$$\frac{(2V_0)^2}{V_k^2} = \frac{2P_0 P_k}{2P_0}$$

$$\frac{4V_0^2 \cdot 2P_0}{V_k^2} = P_k$$

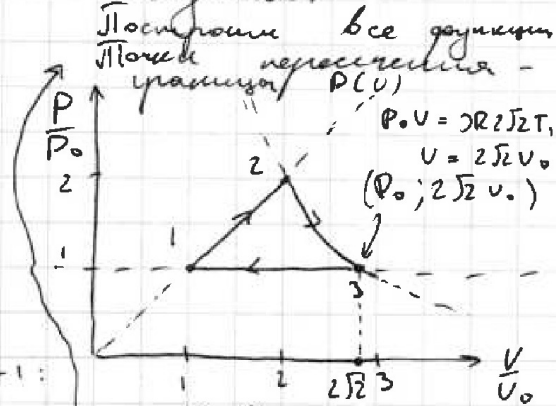
$$\frac{8V_0^2 P_0}{V_k^2} = P_k$$

Распишем то же для 3-1:

$$P dV + V dP = \gamma R dT$$

$$\frac{5}{2} \gamma R dT = \frac{3}{2} \gamma R dT + P dV$$

$$\gamma R dT = P dV \Rightarrow P dV + V dP = P dV \Rightarrow P = \text{const} = P_0$$



Омбем: 1) 4986 Ах

$$2) \frac{13-8\sqrt{2}}{12}$$



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!

~4

- 1) Запишем $\dot{Q}$ по закону термодинамики для газа:

$\dot{Q}_{\text{газ}} \text{ отрицательный} \Rightarrow \Rightarrow i=3$

$$\dot{Q}_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

Значит

$$\dot{Q}_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \quad \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} \quad \begin{matrix} \times 8,31 \\ 6 \\ 49,86 \end{matrix}$$

$$\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + A_{12}$$

$$2R(4T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R(4T_1 - T_1) + A_{12}$$

$$\frac{1}{2} \nu R 3T_1 = A_{12}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400}{2} \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} = 600 \cdot 8,31 \text{ Дж} =$$

$$= 4986 \text{ Дж}$$

- 2) Найдем работу газа A_{12} ; A_{23} ; A_{31}

$$A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 \Rightarrow \text{из п. 1}$$

A_{23} :

$$\dot{Q}_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} \quad - \text{аналогично п. 1}$$

$$\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + A_{23}$$

$$- \nu R \Delta T_{23} = A_{23}$$

$$- \nu R (-4T_1 + 2\sqrt{2}T_1) = - \nu R T_1 (4 + \sqrt{8}) =$$

$$= \nu R T_1 (-\sqrt{8} + 4) = 2 \nu R T_1 (\sqrt{2} + 2) = 2 \nu R T_1 (2 + \sqrt{2})$$

A_{31} :

$$\dot{Q}_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \Rightarrow \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + A_{31}$$

$$A_{31} = + \nu R T_{31} = \nu R (T_1 - 2\sqrt{2}T_1) = \nu R T_1 (1 - 2\sqrt{2})$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

№4 продолжение №1

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_n}, \text{ где } Q_n - \text{полученная теплота}$$

для этого цикла Q_n - теплота на
уменьшение 1-2 т.к. на остальных
Т увеличивается, а $C > 0 \Rightarrow dQ < 0$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} \cancel{2RT_1} + 2 \cancel{2RT_1} (2 - \sqrt{2}) + \cancel{2RT_1} (1 - \sqrt{2})}{\frac{3}{2} \cancel{2RT_{12}} + A_{12}} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2} \cancel{2RT_1} + 4 \cancel{2RT_1} - 2\sqrt{2} \cancel{2RT_1} + \cancel{2RT_1} - 2\sqrt{2} \cancel{2RT_1}}{\frac{3}{2} \cancel{2R \cdot 3T_1} + \frac{3}{2} \cancel{2RT_1}} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2} + 4 - 4\sqrt{2} + 1}{6} = \frac{\frac{13}{2} - 4\sqrt{2}}{6} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

3) Запишем малые приращения

для идеального газа:
малые приращения dP ; dV ; dT - малые изменения
в P, V, T .

$$\text{Итого: } PV = \cancel{2RT}$$

$$(P + dP)(V + dV) = \cancel{2R}(T + dT)$$

$$PV + VdP + PdV + dVdP = \cancel{2RT} + \cancel{2RdT}$$

Отсюда: $\downarrow$ очень малое

$$VdP + PdV = \cancel{2R}dT \quad (1)$$

Итак заменим, что

$$\cancel{C}dT = \frac{3}{2} \cancel{2R}dT + PdV \quad (2) \leftarrow \text{начало термодинамики в дифференциальной форме.}$$

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!



$$1) Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\frac{3}{2} C_{\Delta T} = \frac{3}{2} R_{\Delta T} + A_{12}$$

$$\frac{3}{2} R_{\Delta T} (C - \frac{3}{2} R) = A_{12}$$

$$\frac{3}{2} (2R - \frac{3}{2} R) \cdot (4T_1 - T_1) = A_{12}$$

$$\frac{3}{2} (\frac{1}{2} R) (3T_1) = A_{12}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 1 \cdot 400 = 3 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$

$$= 600 \cdot 8,31 = \boxed{4986 \text{ Дж}}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 8,31 \\ 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$2) \eta = \frac{A_{13} + A_{12} + A_{32}}{Q_n} = \frac{\frac{3}{2} R T_1 + 2 R T_1 (\sqrt{2} - 2) + 2 R T_1 (\frac{1}{2} - \sqrt{2})}{2 R (4T_1 - T_1)}$$

$$A_{23} = \frac{\frac{3}{2} + 2\sqrt{2} - 4 + 1 - 2\sqrt{2}}{6} = \frac{-\frac{3}{2}}{6} = \boxed{-\frac{1}{4}}$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$+ \frac{1}{2} R (2\sqrt{2} T_1 - 4T_1) = + \frac{3}{2} R (2\sqrt{2} T_1 - 4T_1) + A_{23}$$

$$(\frac{3}{2} - \frac{1}{2}) R T_1 (2\sqrt{2} - 4) = A_{13} = 2 R T_1 (\sqrt{2} - 2)$$

$$A_{321} :$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\frac{5}{2} R \Delta T_3 = \frac{3}{2} R \Delta T_3 + A_{31}$$

$$(\frac{5}{2} - \frac{3}{2}) R (-2\sqrt{2} T_1 + T_1) = A_{31} = 2 R (\sqrt{2} - \frac{1}{2}) T_1$$

$$A_{31} = 2 R T_1 (\frac{1}{2} - \sqrt{2})$$

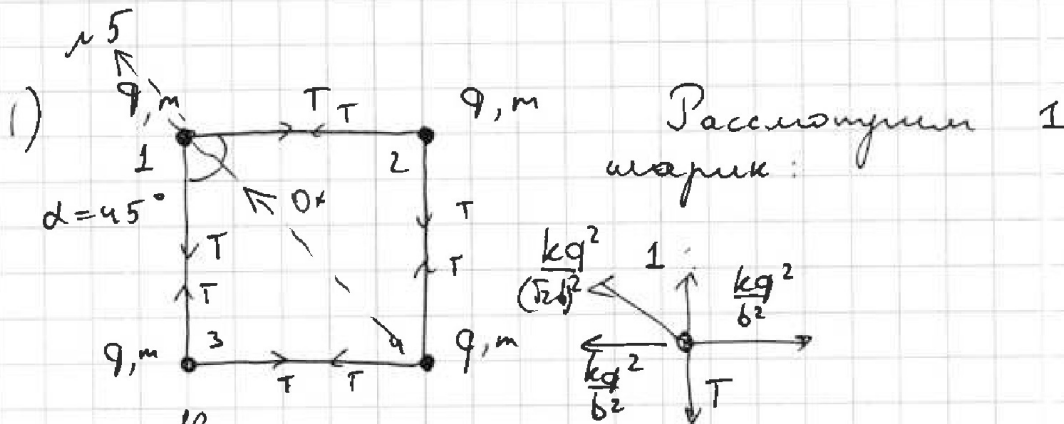
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



На него действуют силы со стороны 3-х других шариков

и 2 силы натяжения на O_x (шарик еще в равновесии)

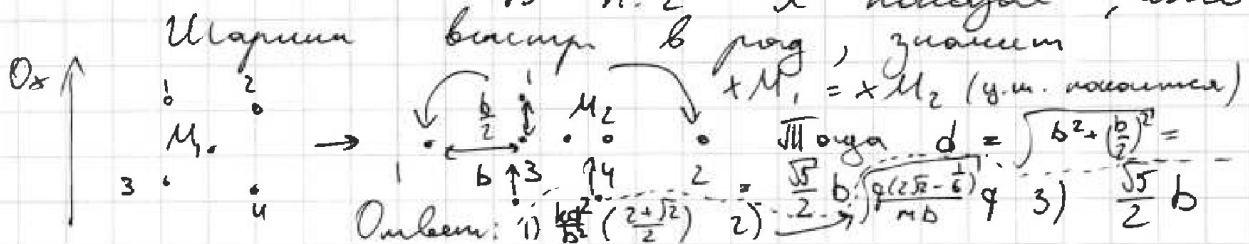
$$2T \cos 45 = \frac{2kg^2}{b^2} \cdot \cos 45 + \frac{kg^2}{(\frac{\sqrt{2}b}{2})^2}$$

$$\frac{2T\sqrt{2}}{2} = \frac{2\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kg^2}{b^2} + \frac{kg^2}{b^2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\sqrt{2}T = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \frac{kg^2}{b^2} \Rightarrow T = \frac{kg^2}{b^2} \cdot \frac{(\sqrt{2} + \frac{1}{2})}{\sqrt{2}} = \frac{kg^2}{b^2} \cdot \left(\frac{2+\sqrt{2}}{2}\right)$$

3) пункт 2) решен по формуле Бланше
• Центр масс такой квадрата
• посередине и покоится (нет
• внешних сил)

В п. 2 я показал, что



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

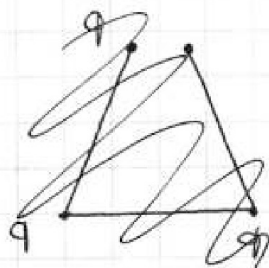
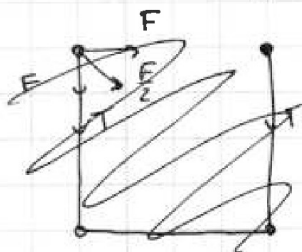
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

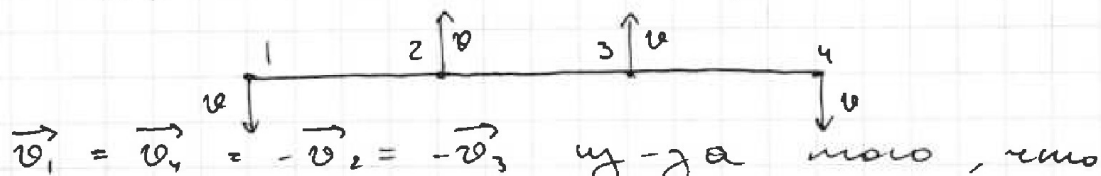


~ 5 продолжение



Заметим, что изначально шарик направку будут сближаться у д о л я т в о с я

т.к. из отталки-
а в а ю т в р а з н ы е
с т о р о н ы с и л ы
в з а и м о д е й с т в и я и
н и к о г д а н е п р а в и л ь-
н о (с и л ы в с e г д а о т т а л-
к и в а ю т д р у г о т д р у г о в р а з н ы е
с т о р о н ы)



$$\vec{v}_1 = \vec{v}_4 = -\vec{v}_2 = -\vec{v}_3 \text{ из-за того, что}$$

центр масс не покоится

Полная механическая энергия

$$\Delta E_{кин} = \Delta E_{пот}; \text{ где } E_n = \frac{kq^2}{b}$$

$$\frac{4mv^2}{2} = \left(\frac{2kq^2}{b} + \frac{kq^2}{12b} \right) 4 - 2 \left(\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} \right) - 2 \left(\frac{2kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} \right)$$

$$2mv^2 = \left((8 + 4\sqrt{2}) - 2 - 4 - 2 - 1 - \frac{2}{3} \right) \frac{kq^2}{b} =$$

$$= \left(8 - 7\sqrt{2} - \frac{2}{3} \right) \frac{kq^2}{b} = \left(4\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) \frac{kq^2}{b}$$

$$v^2 = \left(2\sqrt{2} - \frac{1}{6} \right) \frac{kq^2}{mb}$$

$$v = q \sqrt{\frac{k(2\sqrt{2} - \frac{1}{6})}{mb}}$$

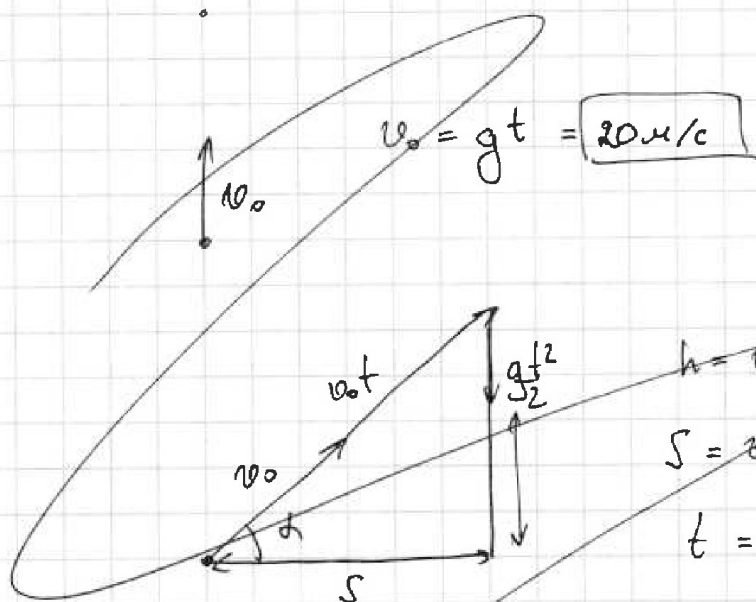
$$\text{Ответ: } 1) \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{2\sqrt{2}}{2} \right), 2) q \sqrt{\frac{4(2\sqrt{2} - \frac{1}{6})}{mb}}, 3) \frac{\sqrt{51}}{2} b$$

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!



$$h = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$h = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \cdot \sin \alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$h = S \left(\frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S}{2 v_0^2 (g^2 S^2 + 1)} \right)$$

$$h = S \left(\tan \alpha - \frac{g S}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)$$

$$= S \left(\frac{v_0^2}{g S} - \frac{v_0^2}{2 g S} - \frac{g S}{2 v_0^2} \right) = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1 = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{S}{2} \left(\frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S}{v_0^2} \right)$$

$$h = S \left(\tan \alpha - \frac{g S}{2 v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1) \right)$$

$$= \frac{20}{2} \left(\frac{400}{10 \cdot 20} - \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot 400} \right) = h' = 0$$

$$8 - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot 2 \tan \alpha = 0$$

$$= 10 \left(2 - \frac{1}{2} \right) = 7.5 \text{ m}$$

$$1 = \frac{g S}{v_0^2} \cdot \tan \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$= 15 \text{ m}$$

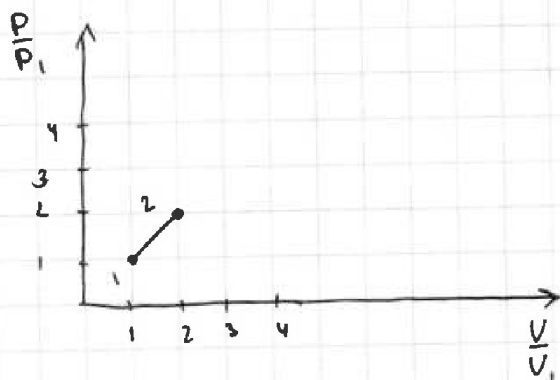
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

МФТИ



$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$p^2 \frac{V_0}{p_0} = 4 \nu R T_0 = 4 p_0 V_0$$

$$p^2 = 4 \frac{p_0^2}{2}$$

$$p = 2 p_0$$

$$23: p dV + V dp = \nu R dT$$

$$\frac{1}{2} \nu R dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$p dV = - \nu R p dT$$

$$p dV = - p dV - V dp$$

$$2 p dV = - V dp$$

$$\frac{dp}{dV} = - \frac{2p}{V}$$

$$\frac{dV}{V} = - \frac{dp}{p}$$

$$\ln \frac{V}{V_0} = - \ln \frac{p}{p_0}$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{dp}{2p}$$

12:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

через

$$2 \nu R (T - T_0) = \frac{3}{2} \nu R (T - T_0) +$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$2 \nu R dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\frac{1}{2} \nu R dT = p dV$$

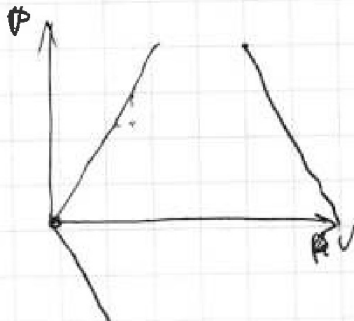
$$\nu R dT = 2 p dV$$

$$V dp = p dV$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{dV}{V}$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0}$$

$$p \cdot \frac{V_0}{p_0} = V$$



$$dQ = dU + dA$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$2 \nu R dT = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

$$\frac{1}{2} \nu R dT = p dV$$

$$\frac{1}{2} p dV + \frac{1}{2} V dp = p dV$$

$$V dp = p dV$$

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!



$$2 \frac{dV}{V} = - \frac{dP}{P}$$

$$\int 2 \frac{dV}{V} = \int \frac{dP}{P}$$

$$2 \cdot \int \frac{dV}{V} = \int \frac{dP}{P}$$

$$d \ln \frac{V_k}{V_0} = \ln \frac{P_k}{P_0}$$

$$\frac{V_k^2}{V_0^2} = \frac{P_k}{P_0}$$

$$V^2 = \frac{V_0^2}{P_0 \cdot P}$$

$$P = \frac{P_0 V_0^2}{V^2}$$

$$\frac{V_0^2}{V_k^2} = \frac{P_k}{P_0}$$

$$2P_0 2V_0 = 8R \cdot 4T_0$$

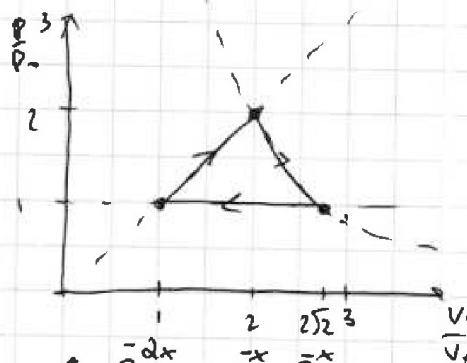
$$\frac{8P_0 V_0^2}{V^2} \cdot V = 8RT$$

$$\frac{8P_0 V_0^2}{V} = 8R \cdot 2\sqrt{2} T_0$$

$$\frac{8P_0 V_0^2}{V} = 2\sqrt{2} P_0 V_0$$

$$8V_0 = 2\sqrt{2} V$$

$$2\sqrt{2} V_0 = V$$



$$e^{-2x} = e^{-x} \cdot e^{-x}$$

$$e^{\ln x} = (e^{\ln x})^2 = x^2$$

$$\frac{1}{e^x \cdot e^x} = \frac{1}{(e^x)^2} = \frac{1}{x^2}$$

$$P = P_0 V_0'^2 \cdot \frac{1}{V^2}$$

$$P_0' = 2P_0 \quad V_0' = 2V_0$$

$$P = \frac{8P_0 V_0^2}{V^2}$$

$$P = \frac{8P_0 V_0^2}{9V_0^2} = \frac{8}{9} P_0$$

$$P = \frac{8P_0 V_0^2}{4 \cdot 2 V_0^2} = P_0$$

$$2,5JRdT = 1,5JRdT + PdV$$

$$JRdT = PdV$$

$$PdV + VdP = PdV$$

$$dP = 0; P = \text{const}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

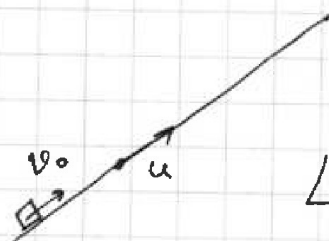
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

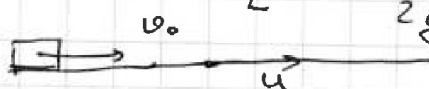
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$v_0 \rightarrow u$$

$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2g} = \frac{16^2 - 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ м}$$

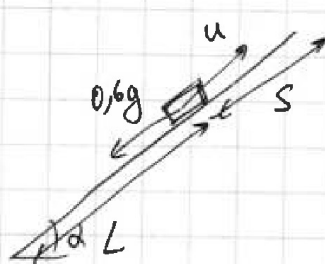
$$L = \frac{(v_0 - u)^2}{2g} + u\tau$$



$$\frac{(v_0 - u)}{g} \quad L = \frac{(v_0 - u)^2}{2g} + \frac{u(v_0 - u)}{g} =$$

$$= \frac{(v_0 - u)(v_0 + u + 2u)}{2g} = \frac{v_0^2 - u^2}{2g}$$

$mg \sin \alpha > \mu mg \cos \alpha$
 $0,8 > 0,2$



$$\frac{u^2 - 0^2}{2g} = S$$

$$\frac{4 \cdot 10}{12 \cdot 10} = S = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$(L + S) \sin \alpha = H$$

$$(0,6 + \frac{1}{3}) / 0,8$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = F_{\text{тр}}(L + S) + mgh$$

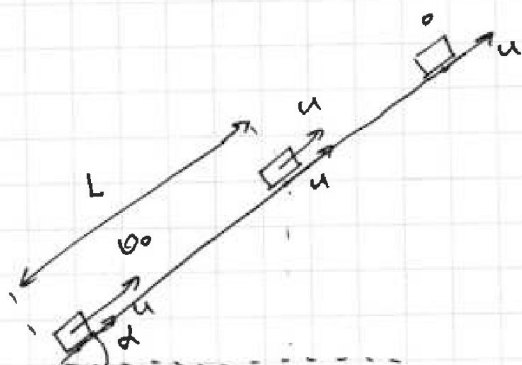
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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. Поря QR-кода недопустима!

МФТИ

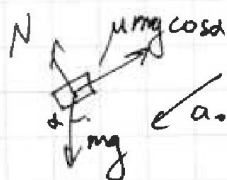


$$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2a}$$

$$a = \frac{mg \sin \alpha + \frac{1}{3} mg \cos \alpha}{m} =$$

$$= g$$

$$L = \frac{16 - 4}{20} = 0,6 \text{ м}$$



$$a = 0,6g \quad \frac{u^2}{2 \cdot 0,6g} = S = \frac{4}{12} \text{ м} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$u = (L + S) \sin \alpha = \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) 0,8 =$$

$$= \left(\frac{9}{15} + \frac{5}{15}\right) 0,8 = \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} = \boxed{\frac{56}{75} \text{ м}}$$

$$\frac{0,6gt^2}{2} = S_2$$

$$v_1 = gt = u$$

$$t = \frac{u}{g}$$

$$S_2 = \frac{0,6 u^2}{2g} = \frac{0,6 \cdot 4}{10} = 0,12 \text{ м}$$

$$L_2 = \left(0,6 + 0,12 + \frac{1}{3}\right) = 0,48 + \frac{1}{3} =$$

$$= \frac{12}{25} + \frac{1}{3} = \frac{36}{75} + \frac{25}{75} = \boxed{\frac{61}{75} \text{ м}}$$

$$E = mgh$$

$$g = \frac{GM_2}{r^2}$$

$$\frac{kq}{b^2} \cdot q \cdot b = \frac{kq^2}{b}$$