



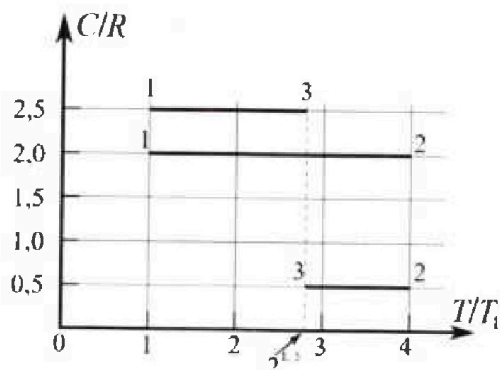
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

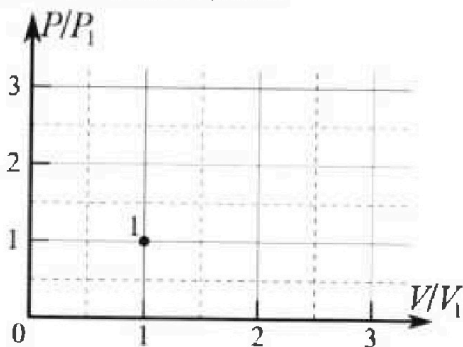
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



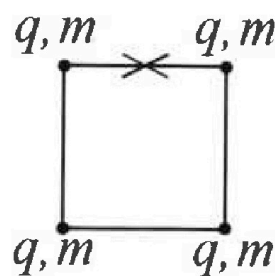
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



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.

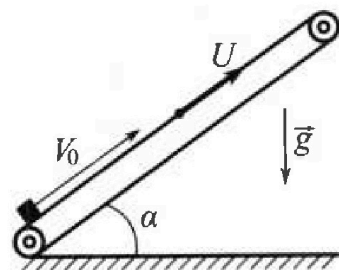
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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 в воздухе 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.

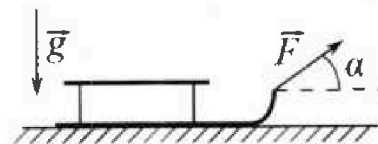
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

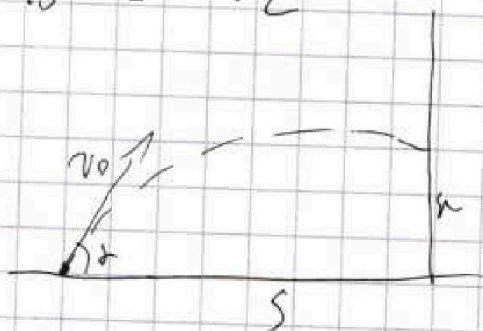
МФТИ

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

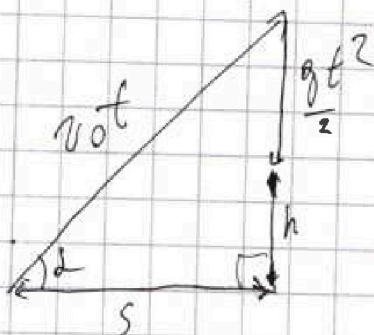
№1.

$$v_0 = gT$$

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$



через промежуток времени t



$$S = v_0 t \cos \alpha$$

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

$$S \cdot \tan \alpha = \frac{gt^2}{2} + h$$

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

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

$$\dot{h} = \frac{S \cos 2\alpha \cdot 2 \cdot v_0^2 \cdot 2 \cos^2 \alpha - 4 v_0^2 \cos \alpha (-\sin \alpha) \cdot (S \sin 2\alpha v_0^2 - g S^2)}{4 v_0^4 \cos^4 \alpha}$$

$$\dot{h} = 0$$

$$\dot{h} = \frac{8 S v_0^4 \cos^3 \alpha \sin \alpha + 8 v_0^4 S \cos \alpha \sin^2 \alpha - 4 v_0^2 S g \cos \alpha \sin \alpha}{4 v_0^4 \cos^4 \alpha}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\begin{cases} \cos 2\alpha \neq 0 \\ 85v_0^4 \cos^3 2\alpha \sin 2\alpha + 85v_0^4 \cos^2 2\alpha \sin^2 2\alpha - \\ - 4v_0^2 g^2 \cos 2\alpha \sin 2\alpha = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2\alpha \neq \frac{\pi}{2} \\ 45v_0^2 \sin 2\alpha \cos 2\alpha (2v_0^2 \cos^2 2\alpha + 2v_0^2 \cos 2\alpha \sin 2\alpha - \\ - g^2) = 0 \end{cases}$$

$$\sin 2\alpha \cos 2\alpha (2v_0^2 \cos^2 2\alpha + 2v_0^2 \cos 2\alpha \sin 2\alpha - \\ - g^2) = 0$$

$$90^\circ < 2\alpha < 0^\circ \frac{\pi}{2} < 2\alpha < 0^\circ$$

$$2v_0^2 \cos^2 2\alpha + 2v_0^2 \cos 2\alpha \sin 2\alpha - g^2 = 0$$

$$\cos^2 2\alpha + \cos 2\alpha \sin 2\alpha = \frac{g^2}{2v_0^2}$$

$$\cos^2 2\alpha + \cos 2\alpha \sqrt{1 - \cos^2 2\alpha} = \frac{g^2}{2v_0^2}$$

$$\frac{g^2}{2v_0^2} - \cos^2 2\alpha = \cos 2\alpha \sqrt{1 - \cos^2 2\alpha}$$

$$\left(\frac{g^2}{2v_0^2}\right)^2 - 2\frac{g^2}{v_0^2} \cos^2 2\alpha + \cos^4 2\alpha = \cos^2 2\alpha - \cos^4 2\alpha$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$h = \frac{2.5 \sin \alpha \cos \alpha v_0^2 - g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \neq$$

$$h' = \frac{(2.5 \cos^2 \alpha v_0^2 + 2.5 \sin^2 \alpha v_0^2) \cdot 2 v_0^2 \cos^2 \alpha + 4 v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha \cdot (2.5 \sin \alpha \cos \alpha v_0^2 - g s^2)}{(2 v_0^2 \cos^2 \alpha)^2}$$

$$h' = \frac{2.5 v_0^4 \cos^4 \alpha - 4.5 v_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 8.5 v_0^4 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha - 4 v_0^2 s^2 g \sin \alpha \cos \alpha}{(2 v_0^2 \cos^2 \alpha)^2}$$

$$h' = 0$$

$$4.5 v_0^4 \cos^4 \alpha - 4.5 v_0^4 \cos^4 \alpha + 4.5 v_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha - 4 v_0^2 s^2 g \sin \alpha \cos \alpha = 0$$

$$4.5 v_0^2 \cos^2 \alpha (v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha - s g \sin \alpha) = 0$$

$$0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha - s g \sin \alpha = 0$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha - v_0^2 \cos^2 \alpha - s g \sin \alpha = 0$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha - s g \sin \alpha = 0 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_0^2}{s g}$$

$$4.00 \cos \alpha - 2.00 \sin \alpha = 0$$

$$2 \cos \alpha = \sin \alpha$$

$$\tan \alpha = 2, \text{ при } h = h_{\max}$$



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!

$$h_{\max} = 2 \cancel{v_0^2} \operatorname{tg} \alpha - \frac{g \cancel{v_0^2}}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$h_{\max} = 20 \cdot 2 = \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20 \cdot (\cos^2 \alpha \operatorname{tg} \alpha)}$$

$$= 40 - \frac{4000}{800 \cdot \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \alpha} = 40 - \frac{5}{\cos^2 \alpha \operatorname{tg} \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{1}{1 + u} = \frac{1}{5}$$

$$h_{\max} = 40 - \frac{5}{\frac{1}{5}} = 40 - 25 = 15 \text{ (м)}$$

$$\text{Answer: } 20 \text{ м; } h_{\max} = 15 \text{ м.}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

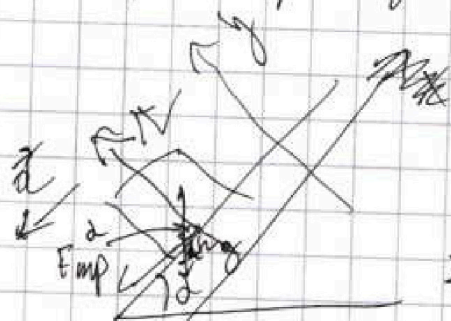
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

№2
Пусть при фрикции вверх



$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$234. \mu \cos \alpha \cdot N = mg \cos \alpha$$

$$234. \text{ по ОХ: } ma = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

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

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

пусть при фрикции вверх:

$$S_{\text{вверх}} = v_0 t - \frac{g \cos \alpha \mu + g \sin \alpha}{2} t^2$$

$$a = \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot \sqrt{1 - 0.8^2} + 10 \cdot 0.8 =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0.6 + 8 = 10 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$S_{\text{вверх}} = 4t - \frac{10t^2}{2} = 4t - 5t^2$$

и максимальный путь при фрикции

максимум вверх: $(v_0 = at) t = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} \text{ (с)}$

$$S_{\text{вверх max}} = 4 \cdot \frac{4}{10} - 5 \cdot \frac{4^2}{10^2} = 1.6 - \frac{80}{100} = 0.8$$

$$= 1.6 - \frac{80}{100} = 0.8 \text{ (м)}$$

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!

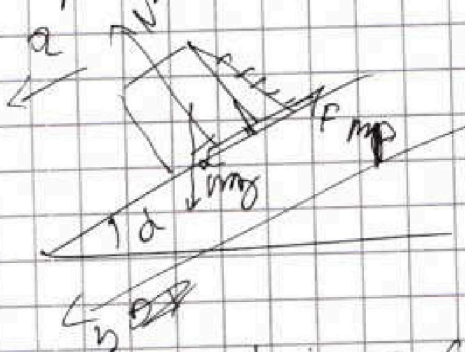
МФТИ



т.к. $S > S_{\text{верх макс}}$, то кривая
идет вниз ($S_{\text{низ}}$ - путь вниз)

$$S = S_{\text{верх макс}} + S_{\text{низ}}$$

нм элементу вниз



23 нм $\circ /$: $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = m a_{\text{низ}}$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = m a_{\text{низ}}$$

$$a_{\text{низ}} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha =$$

$$= 10 \cdot 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 =$$

$$= 8 - 2 = 6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

$$S_{\text{низ}} = \frac{a_{\text{низ}} t_{\text{низ}}^2}{2}; \quad t_{\text{низ}} - \text{время спуска вниз}$$

$$S = S_{\text{верх макс}} + S_{\text{низ}}$$

$$S = S_{\text{верх макс}} + \frac{a_{\text{низ}} t_{\text{низ}}^2}{2}$$

$$t_{\text{низ}} = \sqrt{\frac{(S - S_{\text{верх макс}}) \cdot 2}{a_{\text{низ}}}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 2}{6}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,4}{6}} \text{ (с)}$$

$$t_{\text{низ}} = t_{\text{вн}} + t = \sqrt{\frac{2}{30}} + \frac{4}{10} \text{ (с)} \quad (\text{используем время для пути 1})$$



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. Печать QR-кода недопустима!

Перейдём в С.О. транспорта.
показат движения в момент

С.О. будет такой же как и в
мгнутах 1, т.е. (мгнов v_0 меньше на

$$S_{\text{верт}} = 4t - 5t^2 \quad (v_0 = 4)$$

$$S_{\text{верт}} = 70t(20-4)t - \frac{g(\cos 2\mu + g \sin \mu)t^2}{2}$$

$$S_{\text{верт}} = 2t - 5t^2$$

Учитывая скорость в области
С.О. равна 4, то в момент

мгнута она равна 0 км
24, но непрерывно в обратном

$$v_0 = 4 \quad v_0 = 4, \text{ м/с}$$

1) 1 м/с, $v = 4$ ~~состояние~~ с ~~исходом~~

$a t_{21} = (v_0 - 4)$; t_{21} - время для 2 м/с

$$t_{21} = \frac{v_0 - 4}{a} = 0,2 \text{ (с)}$$

$$d = d_{21} = 2t_{21} - 5t_{21}^2 = 0,4 - 5 \cdot 0,2^2 =$$

$$= 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ (м)}$$

2) ~~мгнута~~:

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. Печать QR-кода обязательна!

МФТИ

2 секунды

$$d \cdot t_{k1} + a_{k1} \cdot t_{k1}^2 = 2$$

$$a_{k1} \cdot t_2 = 24$$

$$t_2 = \frac{24}{a_{k1}} = \frac{2 \cdot 2}{6} = \frac{2}{3} (c)$$

$$L = L_2 = S_{kuz2} - L_1$$

$$L = \frac{21}{9} \cdot \frac{1}{2} \cdot 6 - 0,2 = \frac{4}{3} - 0,2 =$$

$$= \frac{4}{3} - \frac{2}{10} = \frac{4}{3} - \frac{1}{5} = \frac{20}{15} - \frac{3}{15} = \frac{17}{15} (m)$$

3) Если шарик брошен в ось.

т.е. с.о. равна 0, то в нашей с.о.

в шарик в этот момент будет

$v = u$ и направлена вниз.

L_3 - расстояние от старта до

мгновенной остановки (по модулю)

$$L_3 = |S_{kuz3} - L_1| = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot t_{kuz3}^2 - 0,2$$

$$a_{k3} = \frac{L_1}{t_{k3}^2}$$

$$t_{k3} = \frac{1}{3} (c)$$

$$L_3 = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot \frac{1}{9} - 0,2 = \frac{1}{3} - 0,2 = \frac{1}{3} - \frac{1}{5} =$$

$$= \frac{5-3}{15} = \frac{2}{15} (m); H = L_3; H = L_3 = \frac{2}{15} \cdot \frac{1}{0,8} = \frac{1}{6} (m)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$H = \frac{1.6}{15} \text{ (m)}$$

$$H = L_3 \cdot \sin \alpha$$

$$\text{ответ: } H = \frac{1.6}{15} \text{ м; } L = 2.2 \text{ м; } T = \sqrt{\frac{2}{30} + \frac{1}{10} L}$$

$$L = \frac{1.4}{15} \text{ м, } \text{интервал}$$

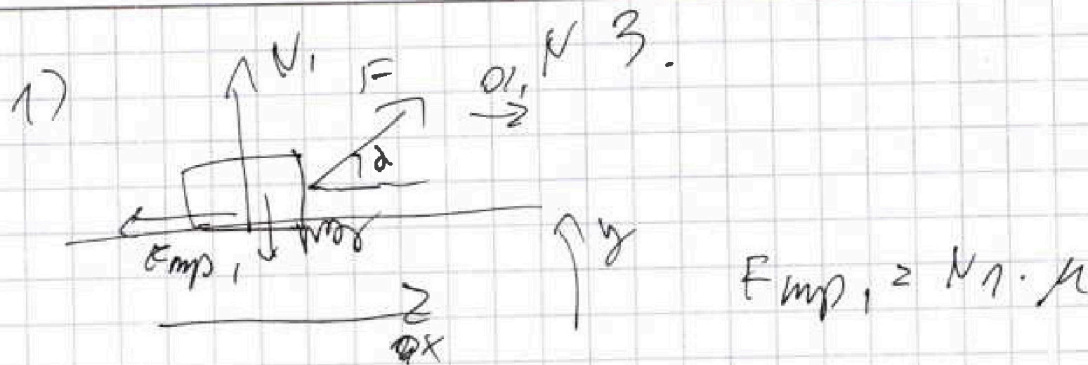
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



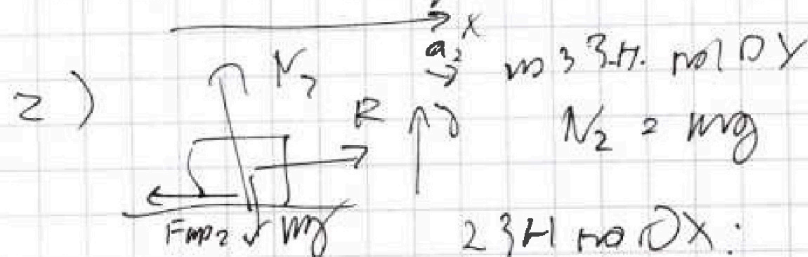
2 3 H. OX:

$$m a_1 = F \cos \alpha - F_{mp1}$$

2 3 H. OY:

$$N1 + F \sin \alpha = mg$$

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



2 3 H. OX:

$$F = F_{mp2} \quad m a_2 = F - F_{mp2}$$

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

$a_1 \geq a_2$, т.к. первая группа тел имеет преимущество

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

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

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

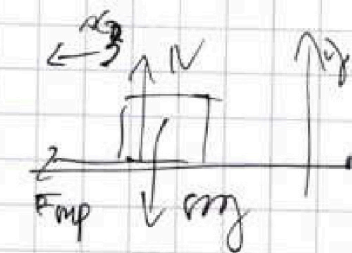
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$F_{mp} = N \cdot \mu$$

$$23 \text{ Н. } N = mg$$



$$23 \text{ Н. } mg = F_{mp}$$

$$ma_3 = \mu mg$$

$$T \sin \alpha = v_0$$

$$\alpha_3 = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g$$

$$\alpha_3 = \frac{v_0}{g}$$

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

$$\text{Итак: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} ; T = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) \cdot g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

106.

$$Q_{12} = A_{12} + U_{12}$$

$$Q_{12} = C_{12} \cdot V \cdot \Delta T_{12}$$

$$U_{12} = \frac{\dot{Q}}{2} \cdot V R \cdot \Delta T_{12} = \frac{3}{2} V R \Delta T_{12}$$

$$A_{12} = Q_{12} - U_{12} = C_{12} V \Delta T_{12} - \frac{3}{2} V R \Delta T_{12}$$

$$C_{12} = 2R$$

$$\Delta T_{12} = 3T_1$$

$$\begin{aligned} A_{12} &= 2R V \cdot 3T_1 - \frac{3}{2} V R \cdot 3T_1 = \\ &= 2 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 8,31 - \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400 = \\ &= 8,31 (1200 \cdot 2 - 1200 \cdot \frac{3}{2}) = \\ &= 8,31 \cdot 600 (\text{Дж}) \end{aligned}$$

$$Q = A + U;$$

$$Q = C \cdot V \cdot \Delta T$$

$$U = \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$Q_{31} = A_{31} + U_{31}$$

$$C_{31} = 2,5R; C_{23} = 2,5R$$

$$\Delta T_{31} = -(4 - 2^{1/5})T_1; \Delta T_{23} =$$

$$\Delta T_{23} = (2^{1/5} - 1)T_1$$

$$T.н. \Delta T_{31} \neq 0 \Delta T_{23} < 0, \text{ т.е. } Q_{23} \neq Q$$

$Q_{23} < 0; Q_{31} < 0$, значит весь
материал охлажден.

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!

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

$$A_{31} = C_{31} V \Delta T_{31} - \frac{3}{2} V R \Delta T_{31}$$

$$A_{31} = 2,5 R V \cdot \Delta T_{31} - \frac{3}{2} V R \Delta T_{31} =$$

$$= 2,5 R V \cdot (4 - 2^{1,5}) T_1 + \frac{3}{2} V R (4 - 2^{1,5})$$

$$A_{23} = -0,5 R \cdot V \cdot (2^{1,5} - 1) T_1 +$$

$$+ \frac{3}{2} V R (2^{1,5} - 1) T_1$$

$$\eta = \frac{2 V R \cdot 3 T_1 - \frac{3}{2} V R \cdot 3 T_1 - 2,5 R V (4 - 2^{1,5}) T_1 +$$

$$+ \frac{3}{2} V R (4 - 2^{1,5}) - 0,5 R \cdot V (2^{1,5} - 1) T_1 +$$

$$+ \frac{3}{2} V R (2^{1,5} - 1) T_1}{Q_{12}} =$$

$$= \frac{V R T_1 (6 - \frac{3}{2} \cdot 3 - 2,5 \cdot 4 + 2,5 \cdot 2^{1,5} +$$

$$+ \frac{3}{2} \cdot 4 - \frac{3}{2} \cdot 2^{1,5} - 0,5 \cdot 2^{1,5} + 0,5 + \frac{3}{2} \cdot 2^{1,5} - \frac{3}{2})}{Q_{12}}$$

$$= \frac{V R T_1 (6 - 4,5 - 10 + 2^{1,5} \cdot 2 + 6 + 0,5 - 1,5)}{Q_{12}} =$$



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!

$$= \frac{V R T_1 (2^{2,5} - 3,5)}{2 R V \cdot 3 T_1} =$$
$$= \frac{2^{2,5} - 3,5}{6}$$

Пример: $A_{1-2} = 8,31 \cdot 600$ Дж; $P =$

$$\eta = \frac{2^{2,5} - 3,5}{6} \cdot 100\% = \frac{2^{2,5} - 3,5}{6} \cdot 100\%$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

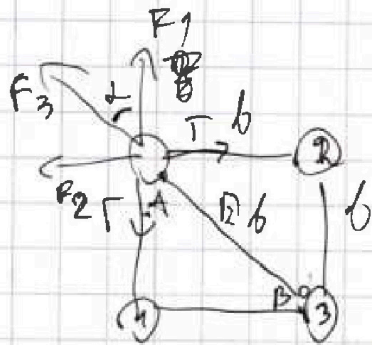
Отметьте крестиком номер задачи.

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. Печать QR-кода недопустима!



X 5.

теорема

F_1 - сила действующая на равноправильный заряд со стороны 1

относительно F_2 и F_3 со стороны 2 и 3.

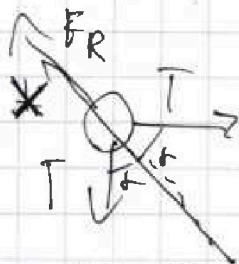
$$F_1 = F_2 = k \frac{q^2}{b^2}$$

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

т.к. силы симметричны относительно AB , то равнодействующая направлена по AB : $\alpha = 45^\circ$

$$F_R = F_3 + F_1 \cos \alpha + F_2 \cos \alpha =$$

$$= \frac{k q^2}{2b^2} + k \frac{q^2}{b^2} \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{k q^2}{2b^2} (1 + 2\sqrt{2})$$



сила действующая со стороны второй заряда в силу симметрии.

т.к. F 23 Н. по α :

$$F_R = T \cos \alpha + T \cos \alpha$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

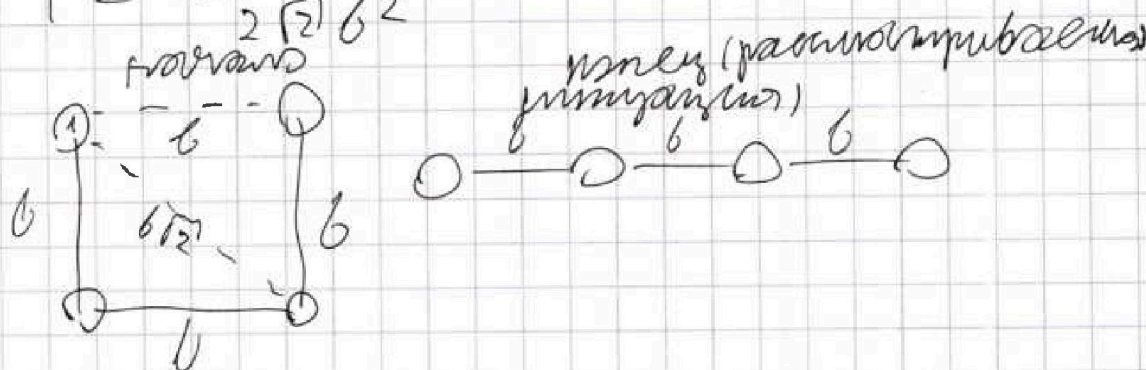
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

$$\frac{kq^2}{2b^2} (1+2\sqrt{2}) = 2T \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$T = \frac{kq^2 (1+2\sqrt{2})}{2\sqrt{2}b^2}$$



3 (7) для заряда 1 (представим энергию
после как суперпозицию зарядов 3 заряда)

$$\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

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

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

$$v = \sqrt{\frac{2kq^2}{bm} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

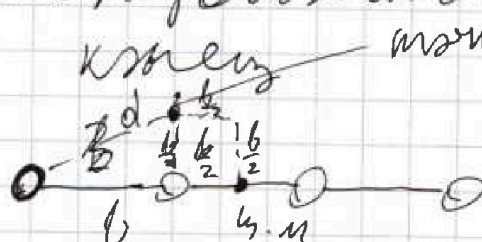
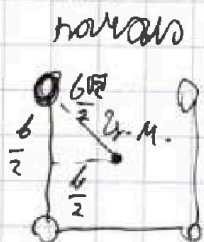
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



III. х. Система замкнутого, но
центр масс не действует
внутренне силы, но центр
масс всей системы будет
отклоняться неравномерно: ①



$$d = \sqrt{b^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{5}{4} b^2} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

$$\text{Отбросим: } T = \frac{\kappa g^2 (1 + 2\sqrt{2})}{2\sqrt{2} b^2}; \quad v = \sqrt{\frac{2\kappa g^2}{b \cdot m} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{2}\right)}$$

$$d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

① шары будут располагаться
на горизонтальной прямой в
линейном порядке относительно
вертикальной оси проходящей
через центр масс.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

☐☐☐☐☐☐☐

МФТИ

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

$$\tan 45^\circ = 1$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} =$$

$$\tan^2 \alpha = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha \tan^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{1 + \tan^2 \alpha}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

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

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

$$2 \cos^4 \alpha - \cos^2 \alpha \left(1 + \frac{g}{v_0^2}\right) + \left(\frac{g}{2v_0^2}\right)^2 = 0$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1 + \frac{g}{v_0^2} \pm \sqrt{\left(1 + \frac{g}{v_0^2}\right)^2 - 4 \cdot 2 \left(\frac{g}{2v_0^2}\right)^2}}{4}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1 + \frac{10 \cdot 20}{20^2} \pm \sqrt{\left(1 + \frac{10 \cdot 20}{20^2}\right)^2 - \frac{2 \cdot 10 \cdot 20}{20^2}}}{4}$$

$$= \frac{1 + 2,5 \pm \sqrt{1,5^2 - 0,5}}{4}$$

$$= \frac{1,5 \pm \sqrt{2,25 - 0,5}}{4} \quad \begin{matrix} \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \cos 60^\circ = \frac{1}{2} \end{matrix}$$

$$= \frac{1,5 \pm \sqrt{1,75}}{4} \quad \begin{matrix} \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \\ \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \end{matrix}$$

$$\frac{g t^2}{2} = \frac{20^2}{2g}$$

$$g^2 t^2 = v_0^2$$

$$\log 45 = 1$$

$$\log 60$$

$$\log 60 = 1,3$$

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!

$$\frac{v_0}{1 - \cos 2\alpha} = T$$

$$\frac{x^2}{x} = \frac{2x^2 - x^2}{x^2} = \frac{1x^2}{x^2} = 1$$

$$C = \frac{Q}{V \Delta T} = \frac{V R \Delta T}{V \Delta T} = R$$

Дж
моль·К

$$a \cdot b^{-1} = a^2 \cdot b^{-1}$$

$$a \cdot \frac{1}{b} = a^2 \cdot b^{-1} = b^{-2} \cdot b^1 a$$

$$\frac{1}{2} V R \Delta T$$

$$C = \frac{Q}{V \Delta T}$$

$$Q = C V \Delta T$$

$$A_{12} - A_{32} - A_{13}$$

Q₁₂

$$\frac{\frac{3}{2} V R \Delta T + \int p dV}{V R \Delta T}$$

N 3.

$$25 \cdot \cos 2\alpha \cdot v_0^2 - 2v_0^2 \cos^2 \alpha - (5 \sin 2\alpha \cdot v_0^2 - g \cdot 5^2) \cdot \frac{1}{2} v_0^2 - 2(-1) v_0^2 \sin \alpha \cdot \frac{1}{2} v_0^2 \cdot \cos 2\alpha \cdot (-\sin 2\alpha) = 5 v_0^2 \cdot \cos 2\alpha \cdot \cos^2 \alpha + 4$$

$$\frac{C}{V} = \text{const}$$

$$C V^{\gamma} = \text{const}$$

$$C V \Delta T - \frac{1}{2} V R \Delta T$$

$$p = \frac{V R T}{V} \quad \frac{\int p dV}{V R \Delta T}$$

$$\frac{\int p dV}{V R \Delta T} = \text{const.}$$

$$\frac{A}{Q} \frac{T}{dT}$$

$$\frac{3}{2} + \frac{\frac{p R T}{V} dV}{p R T} = \frac{3}{2} + \frac{T dV}{V \Delta T}$$

$$= \frac{3}{2} + \frac{\int p dV}{V R \Delta T} = \text{const.}$$



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!

Handwritten solution on graph paper:

Top left: A diagram showing a vector $\vec{r}$ and a vector $\vec{F} = \frac{Kq^2}{r^2}$. Below it, a vector triangle with sides $\frac{Kq^2}{b^2}$, $\frac{Kq^2}{b^2}$, and $\frac{Kq^2}{b^2}$.

Top right: $2^{1.5} \sqrt{23}$ and $2^{\frac{3}{2}}$.

Middle left: A diagram showing a vector $\vec{r}$ and a vector $\vec{F} = \frac{Kq^2}{r^2}$. Below it, a vector triangle with sides $\frac{Kq^2}{b^2}$, $\frac{Kq^2}{b^2}$, and $\frac{Kq^2}{b^2}$.

Middle right: $\frac{\sqrt{2}}{2}$ and $\frac{Kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$.

Bottom left: A diagram showing a vector $\vec{r}$ and a vector $\vec{F} = \frac{Kq^2}{r^2}$. Below it, a vector triangle with sides $\frac{Kq^2}{b^2}$, $\frac{Kq^2}{b^2}$, and $\frac{Kq^2}{b^2}$.

Bottom right: A diagram showing a vector $\vec{r}$ and a vector $\vec{F} = \frac{Kq^2}{r^2}$. Below it, a vector triangle with sides $\frac{Kq^2}{b^2}$, $\frac{Kq^2}{b^2}$, and $\frac{Kq^2}{b^2}$.

Bottom center: $\gamma = \frac{Lp}{Lv}$ and $\gamma = \frac{L+2}{L-2} = \frac{5}{3}$.

Bottom right: $\gamma = \frac{L+2}{L-2} = \frac{5}{3}$ and $\gamma = \frac{L+2}{L-2} = \frac{5}{3}$.



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!

N 1.

$$\frac{gt^2}{2} = h$$

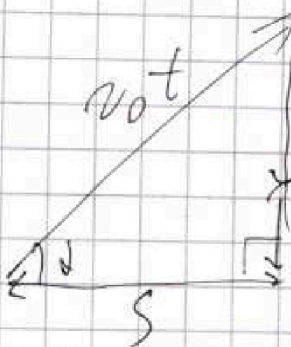
$$\frac{gt^2}{2} = \frac{v^2}{2g}$$

$$gt^2 = v^2$$

$$v_0 = gt$$

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$1 - \sin^2 \alpha$$



$$v_0 t \cdot \cos \alpha = S$$

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

$$\frac{gt^2}{2} + h = S \cdot \tan \alpha$$

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

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

$$\begin{aligned} S v_0^2 &= \\ S v_0^2 &= 20^3 = 8000 \\ g S^2 &= 1000 \\ \sin 2\alpha &= \frac{1}{2} \\ 2\alpha &= 30^\circ \\ \alpha &= 15^\circ \end{aligned}$$

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!



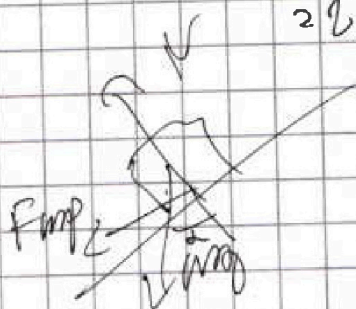
N2

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

$$S = v_0 t - g$$

$$S = v_0 t -$$

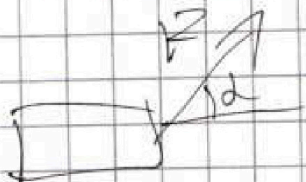
$$175 = 25 \cdot 7$$



$$m g \cos \alpha + \mu + g \sin \alpha$$

$$\frac{(g \cos \alpha + \mu + g \sin \alpha) t^2}{2} + v_0 t = S$$

N3



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

$$F \cos \alpha = m a$$

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

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

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 МФТИ

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

