



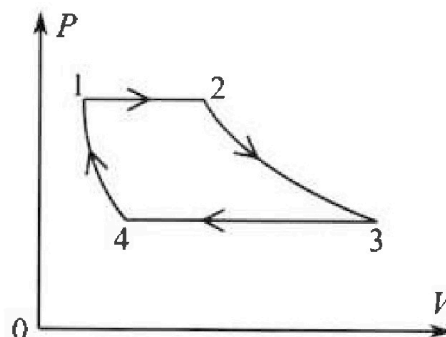
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-04

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



4. В цикле 1-2-3-4-1 тепловой машины две изобары и две изотермы (см. рис). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. В процессе изобарного расширения объем газа увеличивается в четыре раза. В процессах изотермического расширения и изобарического сжатия газ совершает одинаковую по модулю работу A .

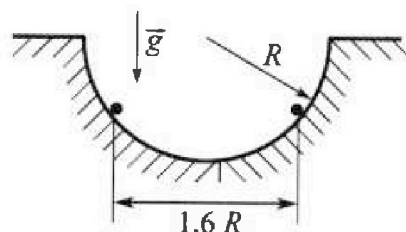


1) Найдите количество Q_{34} теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ($Q_{34} > 0$).

2) Найдите количество $Q_{\text{подв}}$ теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.

3) Найдите КПД η цикла.

5. В гладкой горизонтальной плоскости сделана полусферическая лунка радиуса R , в которой на одном горизонтальном уровне удерживаются два заряженных шарика. Заряд каждого шарика Q , расстояние между шариками $1,6R$. Шарiki одновременно отпускают, и они вылетают из лунки. Отсчитанная от края лунки максимальная высота, на которую поднимается в полете каждый шарик, равна $2R$. Шарiki отрываются от гладких стенок лунки у краев.



1) Через какое время T после отрыва шарiki впервые поднимутся на максимальную высоту?

2) Найдите массу m каждого шарика.

3) Найдите наибольшую скорость V каждого шарика после вылета из лунки. Соударения шариков с горизонтальной плоскостью абсолютно упругие.

Ускорение свободного падения g . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k .



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-04

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



1. Снаряд массой $M = 5$ кг летит по вертикали и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, летящих во всевозможных направлениях с равными по модулю скоростями. Через $t_1 = 0,6$ с после разрыва все осколки находятся в полете, в этот момент один из осколков движется по вертикали вниз, импульс осколка $P_1 = 50$ кг·м/с.

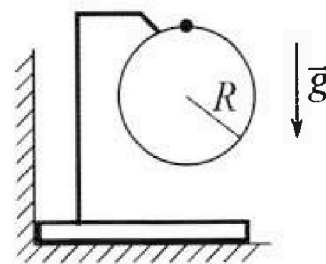
1) Найди те модуль P_2 суммарного импульса $\vec{P}_2$ всех остальных осколков в этот момент времени. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

2) Найдите угол α между векторами $\vec{P}_2$ и $\vec{g}$ в этот момент времени.

Продолжительность полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва, $T = 3$ с.

3) На каком максимальном расстоянии d от точки разрыва такие осколки упали на горизонтальную поверхность? Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Брусок установлен вплотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса $R = 0,6$ м, на которое надет шарик. Массы шарика и бруска одинаковы и равны $m = 0,2$ кг. Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо малой начальной скоростью.



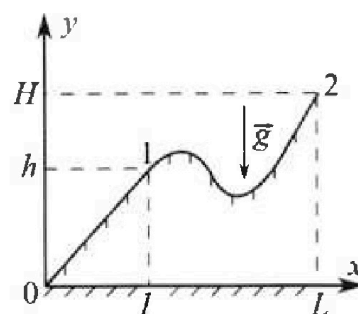
1) Найдите равнодействующую $\vec{F}$ сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда сила, с которой вертикальная стенка действует на брусок, обращается в ноль. В ответе укажите модуль F и направление вектора $\vec{F}$.

2) Найдите горизонтальное перемещение S шарика к этому моменту времени.

3) Найдите скорость V шарика в тот момент, когда скорость бруска наибольшая. Брусок безотрывно движется по гладкой горизонтальной плоскости.

Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². В процессе движения брусок не отрывается от гладкой горизонтальной плоскости.

3. На рисунке к задаче показан в вертикальной плоскости профиль горки, на которую школьник втаскивает санки. Масса санок $m = 7$ кг, вертикальная координата точки 1 $h = 5$ м. Из точки 1 санки съезжают с нулевой начальной скоростью и достигают у основания горки в точке 0 скорости $V = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1) Какую работу A_1 следует совершить, чтобы медленно втащить санки на горку из точки 0 в точку 1 по линии скатывания, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горки?

Школьник медленно перемещает санки по горке из точки 1 в точку 2. На этом перемещении работа внешней силы $A_2 = 1,4$ кДж.

2) На какую высоту H школьник втащил санки?

Горизонтальные координаты точек 1 и 2 связаны соотношением $L = 6l$. На каждом элементарном перемещении вектор силы, которую школьник прикладывает к санкам, и вектор перемещения санок лежат на одной прямой. Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости.

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**

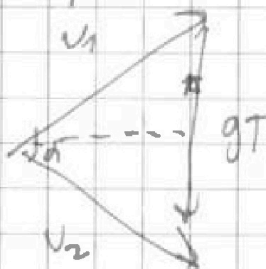
[illegible]

Важнейшие задачи планетарной астрономии:

Apply to Locust.

предп. перенос.!

V_2 -norm. U_2 , V_2 -norm.



$\Rightarrow \frac{d}{T}$ — равно в
нплз. стр.

~~Знаменитый~~ Знаменитый человек!

$$\frac{(a^2+b^2)-c^2}{2} = \frac{a^2+b^2-2cd+ab}{2}, \text{ für}$$

maximal $\omega_{\alpha} \leq 0 \Rightarrow \alpha \leq 90^\circ \Rightarrow d \leq \frac{gr^2}{2} = 48 \text{ m}$

Antenn. 1) 20 mm. 2) 0. 3) 45 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!

$$\Rightarrow \omega L^2 = \gamma z k \Rightarrow \omega \sqrt{z g k}$$

Ответ: 1) 2 А,

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

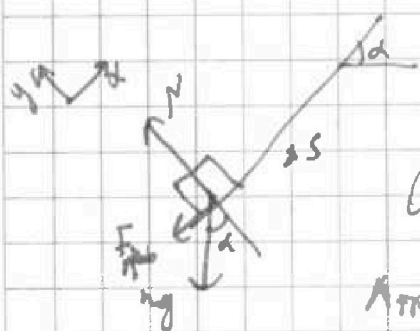
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Важно! Маленький квадратик горит ^{красно} 0.5 секунды, при
её наклон не успеет измениться.



важ. условие: перемещ. не происходит: $\vec{a} = 0$,

н.к. перемещ.: ~~$F_{тр} = \mu N$~~ $F_{тр} = \mu N$

$$\text{Ох! } N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$$

$$A_{тр} = \mu mg \cos \alpha (-0.5) = -\mu mg \cdot 0.5 \cos \alpha, \text{ с } \cos \alpha$$

расст., чтобы тело не было ~~разогнано~~ по вертикали

$$A_{тр} = -\mu mg \cdot 0.5, \text{ т.е. } 0.5 - \text{перемещ. по вер.}$$

$$E_k - E_k = A_{тр} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} - mgh = -\mu mg \cdot 0.5$$

Для мгновенного перемещ. надо запомнить равенств на верш.

$$F_{тр} \text{ и } mgh: \mu mg l + mgh = \frac{mv^2}{2} = \frac{7 \cdot 0^2}{2} = 12.6 \text{ Дж}$$

$$\text{Уг } 1 \text{ б } 2: A_2 = \mu mg (L-l) + mgh (H-l) = 5 \mu mg l + mgh - mgh$$

$$= 5 \cdot \frac{mv^2}{2} - mgh + mgh - mgh = mgh \Rightarrow A_2 + 6 mgh - \frac{5mv^2}{2} = 0$$

$$H \cdot 5 \cdot \frac{mv^2}{2} + 6 mgh - \frac{5mv^2}{2} = 5 \left(mgh - \frac{mv^2}{2} \right) + mgh - mgh \Rightarrow$$

$$mgh = A_2 + 5 \frac{mv^2}{2} - 4 mgh \Rightarrow H = \frac{A_2}{mg} + \frac{5v^2}{2g} - 4h = 9 \text{ м}$$

$$\text{Вариант 1) 12.6} \text{ Уг } 0 \text{ б } 1: A_1 = mgh + \mu mg l = 2 mgh - \frac{mv^2}{2}$$

$$= 200 - 12.6 = 187.4 \text{ Дж}$$

$$\text{Вариант 2) 574 Дж 2) 9 м.}$$

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!



$$\begin{aligned}
 P_{12} &= P_1 & 1-2) \quad P &= \text{const} \Rightarrow V \sim T \Rightarrow T_2 = 4T_1, \text{ т.к. } V_2 = 4V_1 \\
 P_{34} &= P_2 & 3-4) \quad P &= \text{const} \Rightarrow V \sim T \Rightarrow V_3 = 4V_1, \text{ т.к. } T_3 = 4T_1 \\
 T_{14} &= T_1 & & \\
 T_{23} &= T_2 & & \\
 & \Rightarrow A_{34} = P_2 (V_3 - V_1) = P_2 \cdot V_1 = -A \text{ (по ум.)}
 \end{aligned}$$

$$dU_{34} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$\text{Значит } P_2 \cdot V_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 \Rightarrow \text{пер}$$

$$\text{по 1-3-4 Терм.} \quad Q_{34} = dU_{34} + A_{34} = \frac{3}{2} \nu R V_1 = \frac{3}{2} A \Rightarrow$$

$$Q_{34} = 2,5 A$$

$$dU_{23} = 0, \text{ т.к. } T \text{ const}, A_{23} = A = P_1 \cdot V_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = 4P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\text{по 2-3 изотерм.} \quad P_1 V_1 = P_2 \cdot 4V_1 \Rightarrow P_1 V_1 = 4P_2 V_1 \Rightarrow$$

$$P_2 \cdot 3V_1 = A = 4P_1 V_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{3}{4}$$

$$A_{12} = P_1 \cdot 3V_1 = 3 \cdot P_2 V_1 = A, \quad dU_{12} = \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \frac{9}{2} \cdot P_1 V_1 = \frac{9}{2} A$$

$$A_{23} = A, \quad dU_{23} = 0 \Rightarrow Q_{12} = A_{12} + dU_{12} + A_{23} + dU_{23} = \frac{7}{2} A$$

$$A_{41} = P_2 \cdot V_1 \cdot \ln \frac{V_1}{V_4} = -P_2 V_1 \cdot \ln \frac{V_1}{V_1} = -\frac{A}{4}$$

$$A_{\text{ср.}} = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41} = A + A - A - \frac{A}{4} = \frac{3A}{4} \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{A_{\text{ср.}}}{Q_H} = \frac{3}{7}$$

$$\text{Ответ: 1) } 2,5 A; 2) 3,5 A; 3) \frac{3}{7}$$

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!

Нормы скорости с верт. скоростью, ~~нужно~~. В силу
анализируем один ~~шаг~~ ^{шаг} не мож. получить более
грубого $\Rightarrow$ F_k действует по горизонтали $\Rightarrow$

$$V_y = gT(t), \quad V_y T - \frac{gT^2}{2} = 2R \quad (1); \quad \frac{V_y T}{2} - \frac{gT^2}{2} = 0$$

$$(2): \quad \frac{V_y T}{2} = 2R \Rightarrow V_y \leq \frac{4R}{T} \Rightarrow \frac{4R}{T} = gT \Rightarrow T \leq 2\sqrt{\frac{R}{g}} = V_y = 2\sqrt{gR}$$

Сила реакции мушкетера всегда была направлена вертикаль.

$$\text{горизонтально} \Rightarrow E = \cos \alpha; \quad E_0 = \frac{kQ^2}{1,6R}; \quad E_1 = \frac{kQ^2}{2R} + \frac{mv_y^2}{2}$$

$$E_k - E_n \leq \Delta E_n \Rightarrow \frac{kQ^2}{1,6R} - \frac{kQ^2}{2R} - \frac{2mv_y^2}{2} = 0$$

$$h \leq \sqrt{R^2 - \left(\frac{1,6R}{2}\right)^2} = 0,6R$$

$$s) \quad \frac{kQ^2}{R} \cdot \frac{1}{8} - \cos \alpha \cdot R - 2mg \cdot 0,6R = 0$$

$$\Rightarrow \frac{kQ^2}{R} \cdot \frac{1}{8} = 5,2 \text{ нГР} \Rightarrow \frac{kQ^2}{R} = 8,52 \cdot gR$$

Каноническая скорость будет, когда заряды на h замкнут. Заряд
равен нулю при мин. высоте: $\frac{kQ^2}{1,6R} - 12mgR = \frac{2mv^2}{2}$

$$\frac{k^2 Q^2}{1,6R} - \frac{1,6kQ^2}{8,52R} = \frac{kQ^2}{8,52 \cdot gR} \cdot v^2 \Rightarrow \frac{1}{1,6} - \frac{1,6}{8,52} = \frac{v^2}{8,52 \cdot gR}$$

$$v^2 \leq (26 - 1,6) \cdot gR \Rightarrow v \leq \sqrt{24,4gR}$$

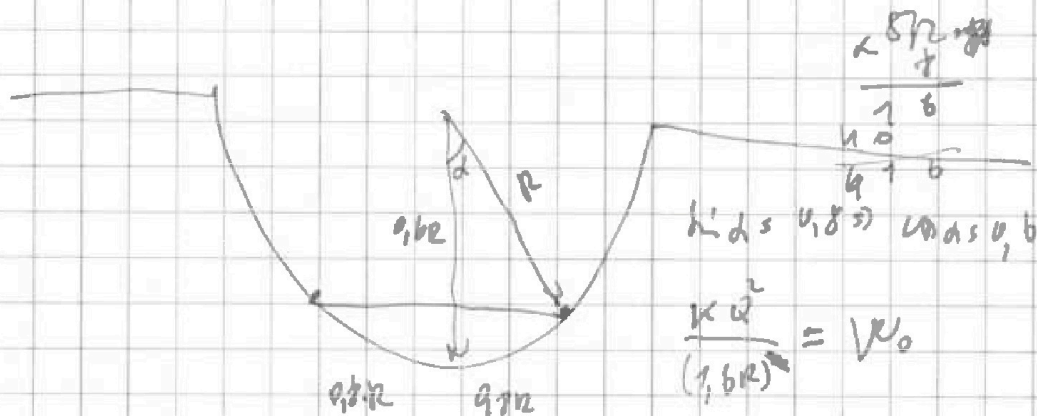
$$\text{Ответ: } 1) 2\sqrt{\frac{R}{g}}; 2) \frac{kQ^2}{4,25gR^2}; 3) \sqrt{24,4gR}$$

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!



$$V - g_b = 0 \Rightarrow \frac{K}{L} - \frac{g^2}{L} = 0$$

$$V_b - \frac{q_b}{\epsilon} = 2R \quad \text{or} \quad \frac{V_b}{\epsilon} + b\left(\frac{V_b - q_b/h}{\epsilon}\right) = \frac{V_b}{\epsilon} = 2R$$

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2$$

$$\bullet W_0 = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$-mgR + \frac{kQ^2}{r_1 R} = \frac{kQ^2}{2R} + \frac{2mv^2}{2}$$

$\frac{mv^2}{2} = mgh$, $V = gh$, $V \frac{1}{2} = L + \frac{gh}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2L}{g}} \sqrt{\frac{gh}{2}}$

$$\frac{kQ^2}{1.6R} - 42mgR = \frac{kQ^2}{2R} + \frac{2mv^2}{2}$$

$$\frac{Kd^2}{\bar{K}} \left(\frac{21,6}{2 \cdot 1,6} \right) = 5,2 \text{ mg/l}$$

$$\frac{4 \cdot 10^2}{98 \cdot 41,5} \approx 1 \text{ м}$$

$\frac{\ln 1}{16}, \frac{3^1}{2}$
 $\frac{\ln 1}{16}, \frac{5^2}{2}$
 $\frac{\ln 1}{16}, \frac{6^2}{2}$

[illegible]

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!

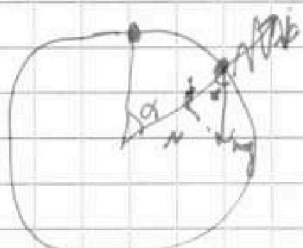


$$\frac{7.36}{2} = 12.6 = 12.6 / 350$$

$$mg = 224$$

$$mg = 1120$$

$$1 - h \cdot g \cdot m \cdot s (h - h) \cdot 20 \cdot s \cdot 20 \cdot s \cdot h - h \cdot s \cdot 4 \cdot s \cdot h \cdot s \cdot g \cdot m$$



$$mg \cdot \sin \alpha = N(d)$$

$$N(d) \leq 0 \text{ km } \alpha = \pi/4$$

$$20 + 50 = \frac{740}{20} s$$

$$1) mg = 2h \quad 2) R$$

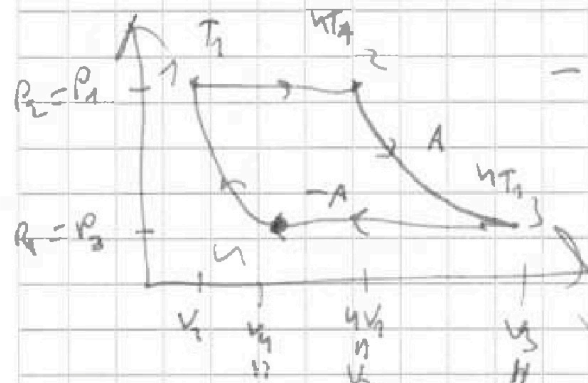
$$mgR = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v \leq \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 90} \leq 25.3 \text{ m/s}$$

$$mV = p = mgh \quad mV_1 + mV_2 = mV \Rightarrow \sqrt{2gh} + \sqrt{2gh} = \sqrt{2gh}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = mghR$$

$$v_1^2 + v_2^2 - v^2 = 2ghR$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_3 \quad P_3 V_3 = \nu R T_3 \cdot A$$



$$-P_3 (V_3 - V_1) = A$$

$$P_3 \leq \frac{2R T_3}{V} \Rightarrow A \leq P_3 V_3 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$P_3 V_3 - P_3 V_1 \leq P_3 V_3 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$V_3 - V_1 \leq \ln \frac{V_2}{V_1} = \ln V_2 - \ln V_1$$

$$V_3 \ln V_2 - V_1 \ln V_1 \leq V_2 - V_1$$

$$Q = \nu U + A = \nu R (T_2 - T_1) - A = 2.5 \text{ J}$$

$$7.21 Q_{12} = \nu U_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + P_1 \cdot 3V_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$P_1 V_1 \leq \nu R T_1 \Rightarrow \frac{3}{2} \nu R T_1 \leq Q_{12}$$

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!



$$u^2 = \sqrt{8gR} \quad u = \sqrt{gR(\cos^2 \alpha + \cos^3 \alpha)} \quad \cos \alpha$$

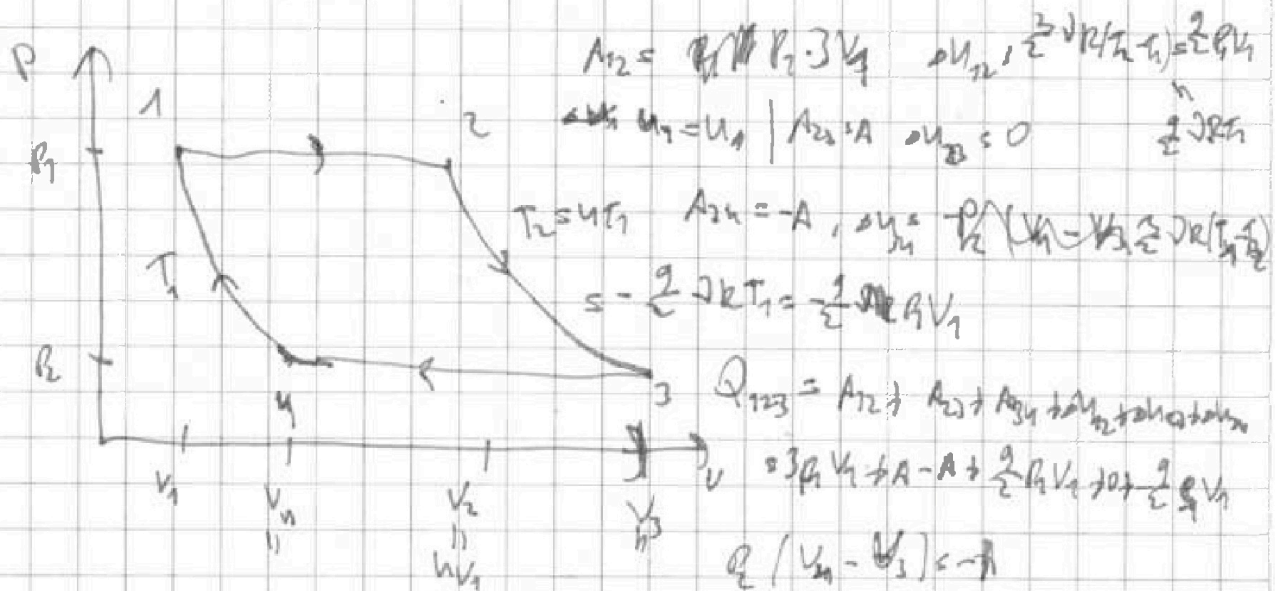
$$\text{т.е. } 2 \cdot 8gR = u \cdot 1 \cdot (-gR(\cos^2 \alpha + \cos^3 \alpha - 2))$$

$$= 8gR + gR(u \cos^2 \alpha + u \cos^3 \alpha - 2) = gR(u \cos^2 \alpha + u \cos^3 \alpha)$$

$$u = \frac{8gR \pm \sqrt{gR \cdot u \cos^2 \alpha (1 + \cos \alpha)}}{2}$$

$$u = \sqrt{8gR} = 2\sqrt{2gR}$$

$$V_{1c} = \sqrt{2gR} - \sqrt{gR} = -\sqrt{gR}$$

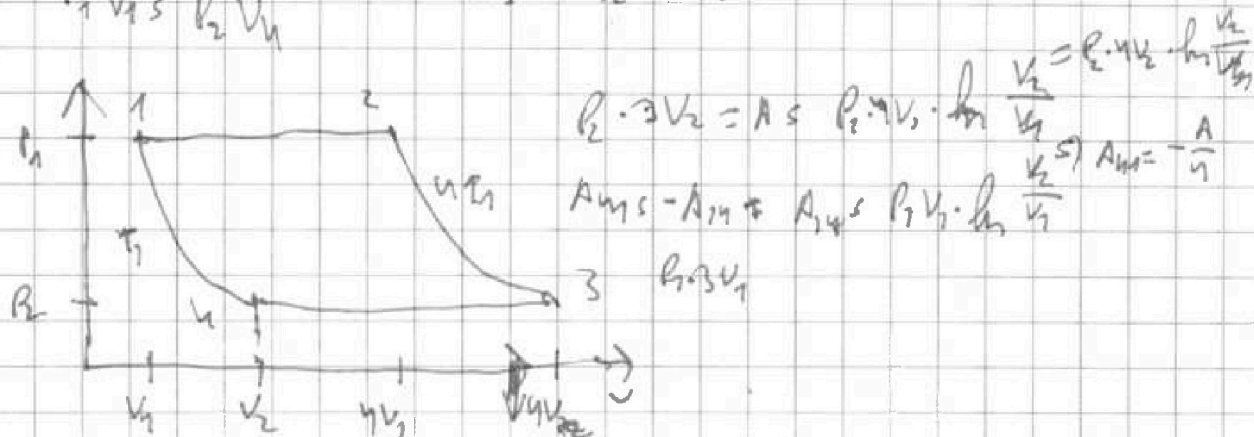


$$P_1 \cdot uV_1 = P_2 \cdot V_3$$

$$P_1 V_1 \leq P_2 V_3$$

$$\int P_1 dV_1 = \int P_2 dV_2 = \int P_3 dV_3$$

$$P_1 V_1 \leq P_2 V_3$$



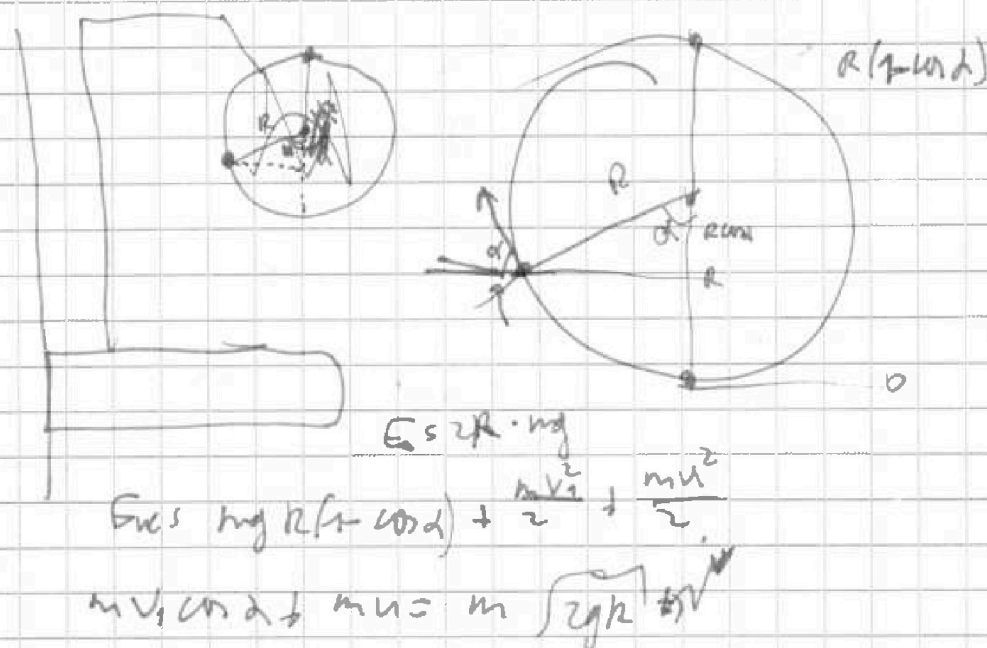
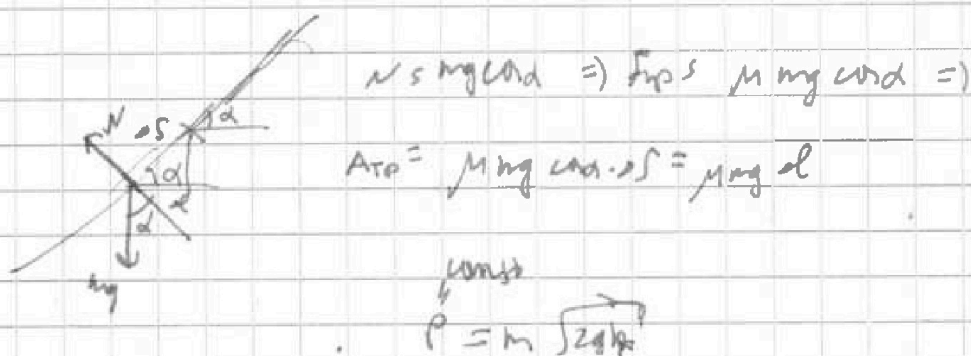
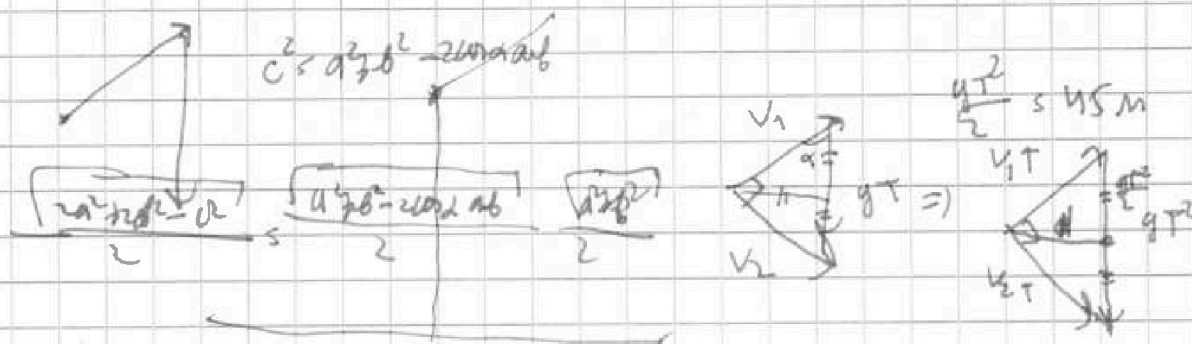
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



теперь: $v_1^2 + u^2 = mgR(1 + \cos \alpha) \quad (1)$

умножим: $v_1^2 \cos^2 \alpha + u^2 + 2v_1 u \cos \alpha = 2gh$ $v_1 \leq \frac{2gh}{\cos \alpha}$

(1): $\frac{2gh + u^2 - 2u \sqrt{2gh}}{\cos^2 \alpha} = \frac{2gh + mgR(1 + \cos \alpha)}{\cos^2 \alpha}$

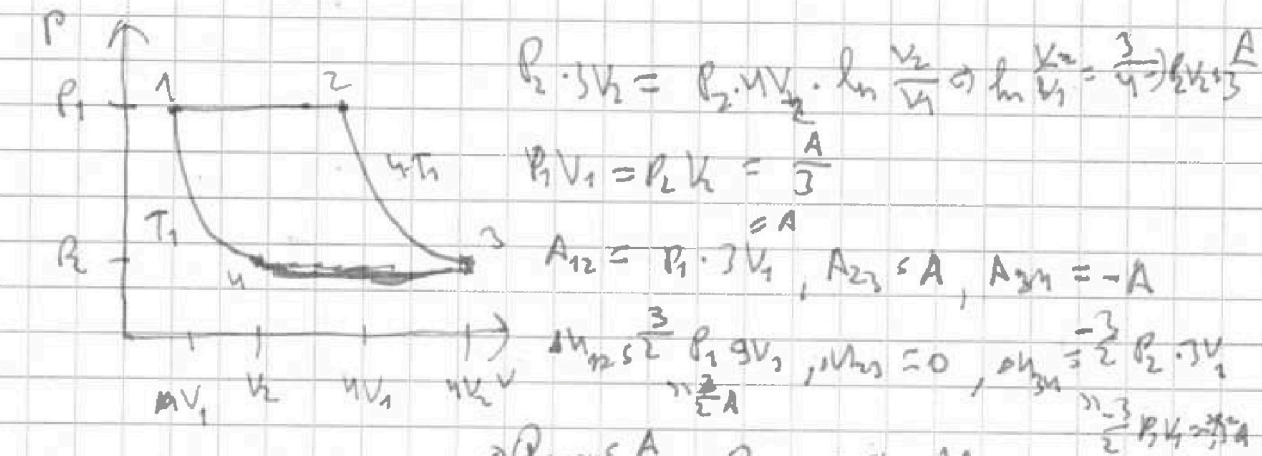
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$A_{12} = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = P_1 V_1 \ln \frac{V_1 \sqrt[4]{3}}{V_1} = P_1 V_1 \ln \sqrt[4]{3} = -\frac{A}{4}$$

$$dU_{12} = 0 \Rightarrow Q_{12} = -\frac{A}{4}$$

$$A_{123} = A_{12} + A_{23} + A_{31} + A_{11} = A + A - A - \frac{A}{4} = \frac{3A}{4}$$

$$Q_H = Q_{12} = \frac{7A}{2} \Rightarrow \eta = \frac{A_H}{Q_H} = \frac{\frac{3A}{4}}{\frac{7A}{2}} = \frac{3}{14} \approx 0.214$$

$$\eta = \frac{11A}{25A} = \frac{11}{25} \approx 0.44$$

$20/24$
 $24 \overline{) 22142}$
 $\underline{20}$
 214
 $\underline{20}$
 14
 $\underline{12}$
 22
 $\underline{20}$
 22
 $\underline{20}$
 22



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!

