



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.

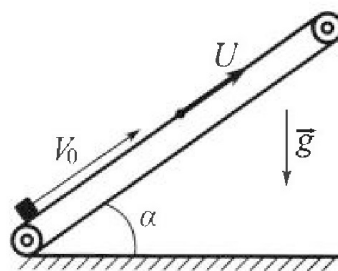
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

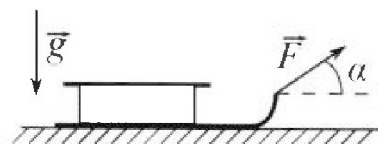
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

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 .

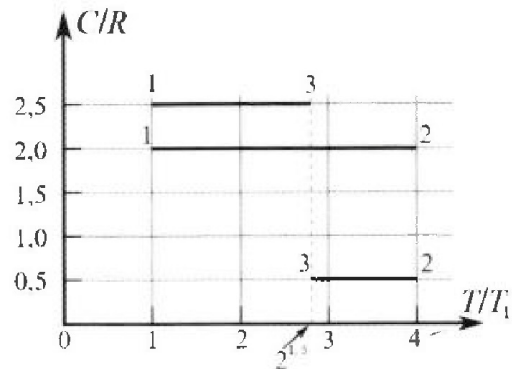
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

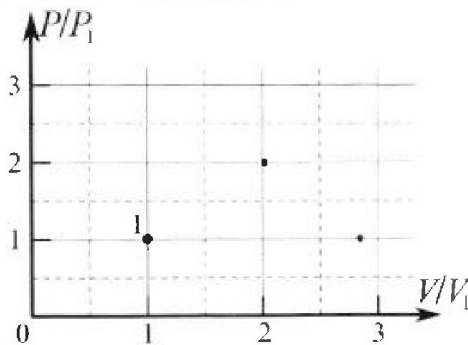
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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 объем в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



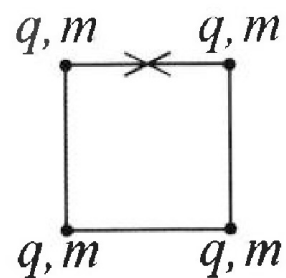
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.

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

1) Движение мяча - равнозамедленное, на макс. высоте $v=0$, тогда

$$v_k = v_0 + at \quad v_k = 0 \frac{м}{с}, \quad v_k = v_0 = \text{то, что нужно}$$

найти, $a = -g$ т.к. движение равнозам., $T = 2с$ по усл.

$$0 = v_0 - gT$$

$$v_0 = gT; \quad v_0 = 10 \frac{м}{с^2} \cdot 2с = 20 \frac{м}{с}$$

Ответ: $v_0 = 20 \frac{м}{с}$

2) Так как мяч ударяется на максимальной высоте, то он пройдет только половину пути, т.к. это наиб. точка траект.

Длина пути - L , $L = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$,

$\frac{1}{2}$ пути - это $\frac{L}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, но

в свою очередь $\frac{L}{2} = S$ - расстояние до

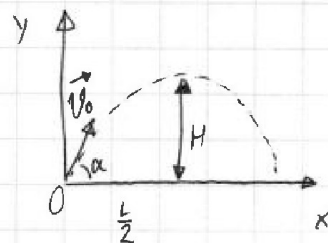
стенок $\Rightarrow \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = S$; $\sin^2 \alpha = \frac{2Sg}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 20 м \cdot 10 \frac{м}{с^2}}{(20 \frac{м}{с})^2} = 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2\alpha = 90^\circ$, т.к. $\sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

Максимальная высота подъема - H , $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$;

$$H = \frac{(20 \frac{м}{с})^2 (\frac{\sqrt{2}}{2})^2}{2 \cdot 10 \frac{м}{с^2}} = \frac{200 \frac{м}{с^2}}{20 \frac{м}{с^2}} = 10 м$$

Ответ: 10 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!

N2

4)

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

$$10 \cdot 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 = a_{\text{вниз}}; \quad a_{\text{вниз}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$S_{\text{вниз}} = \frac{a_{\text{вниз}} t_{\text{вниз}}^2}{2}$$

$$t_{\text{вниз}}^2 = \frac{2 S_{\text{вниз}}}{a_{\text{вниз}}} = \frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{0,2}{3} = \frac{1}{15} \text{ с}^2 \Rightarrow t_{\text{вниз}} = \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$T = \cancel{t_1} + t_{\text{вниз}} = 0,4 + \frac{\sqrt{15}}{15} = \frac{24 + 4\sqrt{15}}{60} \text{ с}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{24 + 4\sqrt{15}}{60} \text{ с}$$

2) Из первого (1) пункта

время движения вверх до потери

касательной скорости $t_1 = 0,4 \text{ с}$

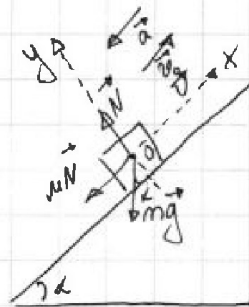
и этот путь $S_{\text{вверх}} = 0,8 \text{ м}$

За время t_1 лента переместится пройдя путь S' , $S' = t_1 U$

$$= 0,4 \text{ с} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,8 \text{ м}. \text{ Тогда } L = S' + S_{\text{вверх}} = 0,8 \text{ м} + 0,8 \text{ м} =$$

$$= 1,6 \text{ м} \quad (\text{коробка переместится на } S_{\text{вверх}} \text{ относ. ленты, но и сама лента переместится})$$

$$\text{Ответ: } 1,6 \text{ м}$$



3) Пусть S_0 - путь, который пройдет коробка до остановки, $S_0 = L + S''$, где S'' - путь пройденный телом после

~~остановки~~ того как он замедлился до скорости U .

$$S'' = \frac{v_{\text{кон}}^2 - v_{\text{нач}}^2}{2a}, \quad v_{\text{кон}} = 0, \quad v_{\text{нач}} = U, \quad a = -a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S'' = \frac{-U^2}{-2a} = \frac{4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,2 \text{ м} \Rightarrow S_0 = 1,6 \text{ м} + 0,2 \text{ м} = 1,8 \text{ м}$$

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!



№2

3) $S_0 = 1,8 \text{ м}$. $H = S_0 \cdot \sin \alpha = 1,8 \text{ м} \cdot 0,8 = 1,44 \text{ м}$

Ответ: $H = 1,44 \text{ м}$

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!

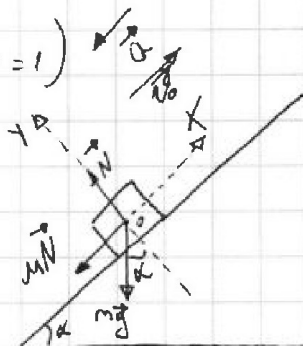
$\sqrt{2}$

1) $\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$ ($\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$)

II закон Ньютона для коробки

На ось x : $mg \sin \alpha + \mu N = ma$ (1)

На ось y : $N = mg \cos \alpha$ (2)



(1): $mg \sin \alpha + \mu N = ma$, $N = mg \cos \alpha$ из (2) $\Rightarrow$

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

$g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = a$; $a = \frac{10 \text{ м}}{\text{с}^2} (0,8 + 0,6 \cdot \frac{1}{3}) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Движение коробки - равнозамедленное $\Rightarrow S = v_0 T - \frac{a T^2}{2}$

1. $= 4T - \frac{10 T^2}{5}$; $-5T^2 + 4T - 1 = 0$; $5T^2 - 4T + 1 = 0$ (3)

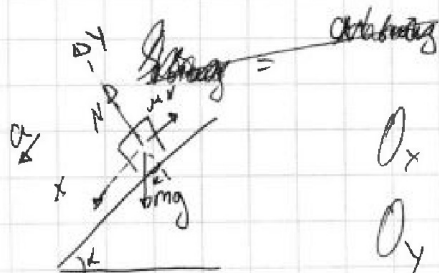
(3) $5T^2 - 4T + 1 = 0$; $D = -4 \Rightarrow$ коробка проедет какое-то

расстояние до остановки и потом еще пройдет некото-

торый путь вниз. t_1 - время движения вверх $v_0 - at_1 = 0$;

$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ с}$; $S_{\text{вверх}} = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$; $S_{\text{вверх}} = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2} =$

$= 0,8 - 0,8 = 0,8 \text{ м}$. $S_{\text{вниз}} = S - S_{\text{вверх}} = 0,2 \text{ м}$.



По II-му закону Ньютона:

$$\begin{aligned} O_x & \quad mg \sin \alpha - \mu N = ma_{\text{вниз}} \\ O_y & \quad N = mg \cos \alpha \end{aligned} \Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_{\text{вниз}} \quad (4)$$

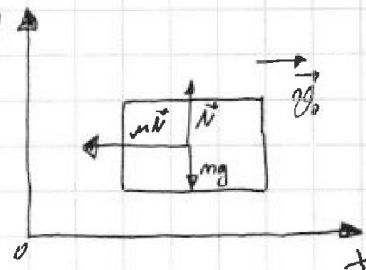
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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



$\sqrt{3}$

2) По II-му 3-му Нью-
тона :



• На Ox : $ma' = \mu N$

(a' - ускорение, с которым тормозится санки)

• На Oy : $N = mg$, тогда $ma' = \mu mg$, $a' = \mu g$

Так как движение равнозамедленное, то $v_0 - a'T = 0$ (5)

(санки останавливаются)

(5) $v_0 = a'T$, $T = \frac{v_0}{a'} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

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

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!



N3

m - масса саней

1) По II-му 3-му Ньютона:

① На ОХ: $F \cos \alpha - \mu N = ma_1$

На ОУ: $F \sin \alpha + N = mg \Rightarrow$

$\Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$, тогда

$F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = ma_1$ ③

② На ОХ: $F - \mu N = ma_2$

На ОУ: $N = mg$, тогда

$F - \mu mg = ma_2$ ④

③ $F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = ma_1$

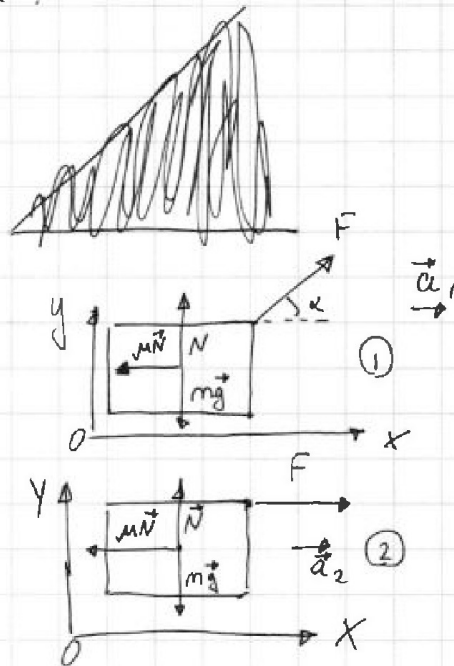
④ $F - \mu mg = ma_2$

$\Rightarrow$ ③ $F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma$

④ $F - \mu mg = ma$

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

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



м.р. и в ① и в ② одинаковая скорость v_0 достигается за одинаковое время, но $v_0 = a_1 t$ и $v_0 = a_2 t \Rightarrow$
 $\Rightarrow a_1 = a_2 = a \Rightarrow$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

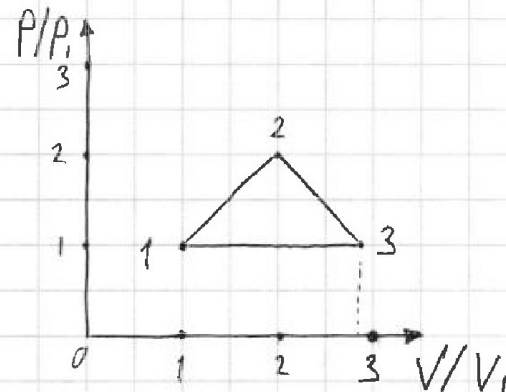
7
☐



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

№4

Ответ:



$$p_1 = p_3, \quad V_3 = 2\sqrt{2} V_1; \quad p_2 = 2p_1; \quad V_2 = 2V_1$$

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!

3) $C_{31} = \frac{5}{2} = \frac{i+2}{2} R$ т.к. газ одноатомный и $i=3$, тогда

(C_{31} - молярная теплоемкость при пост. давлении =)

процесс 3-1 - изобарный $\Rightarrow p_1 = p_3$

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 = 4 \nu R T_1 \quad (T_2 = 4 T_1 \text{ по графику.})$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 = 2\sqrt{2} \nu R T_1 \quad (T_3 = 2\sqrt{2} T_1 \text{ по графику.})$$

$$\Rightarrow p_3 V_3 = 2\sqrt{2} p_1 V_1, \text{ но } p_1 = p_3 \Rightarrow V_3 = 2\sqrt{2} V_1; p_2 V_2 = 4 p_1 V_1 \quad (4)$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1, \quad (1) \quad \leftarrow \text{(площадь под графиком)}$$

$$A_{23} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_3 - V_2) = (4 - 2\sqrt{2}) \nu R T_1, \quad (2) \quad \leftarrow$$

Положим (1) и (2): $\frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{4 - 2\sqrt{2}}; \frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{8 - 4\sqrt{2}};$

$$8V_2 - 4\sqrt{2}V_2 - 8V_1 + 4\sqrt{2}V_1 = 3V_3 - 3V_2, \text{ но } V_3 = 2\sqrt{2}V_1,$$

$$8V_2 - 4\sqrt{2}V_2 + 3V_2 = 6\sqrt{2}V_1 - 4\sqrt{2}V_1 + 8V_1,$$

$$11V_2 - 4\sqrt{2}V_2 = 2\sqrt{2}V_1 + 8V_1, \quad \sqrt{2} \approx 1,4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 11V_2 - 5,6V_2 = 2,8V_1 + 8V_1; \quad 5,4V_2 = 10,8V_1; \quad V_2 = 2V_1$$

$$(4) \quad p_2 V_2 = 4 p_1 V_1; \quad p_2 \cdot 2V_1 = 4 p_1 V_1 \Rightarrow p_2 = 2 p_1$$

По итогу: $p_3 = p_1, \quad V_3 = 2\sqrt{2} V_1; \quad p_2 = 2 p_1, \quad V_2 = 2 V_1$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ

№4

$$\textcircled{2} A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = -\nu R (T_3 - T_2) =$$

$$= \nu R (T_2 - T_3) = \nu R (4T_1 - \sqrt{8}T_1) \quad (\text{по условию } T_2 = 4T_1, T_3 = \sqrt{8}T_1)$$

Аналогично 1) $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$ (по I-му началу)

$$Q_{31} = C_{31} \nu (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) \quad (C_{31} = \frac{5}{2} R \text{ по условию})$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$\textcircled{3} A_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) - \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - T_3) = -\nu R (T_3 - T_1)$$

(по условию $T_3 = \sqrt{8}T_1$)

$$\textcircled{1} A_{12} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \quad (T_2 = 4T_1 \text{ по условию})$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \nu R T_1 \cdot \frac{3}{2} + \nu R T_1 (4 - \sqrt{8}) - \nu R T_1 (\sqrt{8} - 1) =$$

$$= \nu R T_1 (1,5 + 1 + 4 - 2\sqrt{8}) = \nu R T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) = 6 \nu R T_1 \quad (C_{12} = 2R, T_2 = 4T_1 \text{ по условию})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{\nu R T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})}{\nu R T_1 \cdot 6} \cdot 100\% = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \cdot 100\% \quad (\sqrt{2} \approx 1,4)$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{6,5 - 5,6}{6} \cdot 100\% = \frac{0,9}{6} \cdot 100\% = 15\%$$

Ответ: $\eta = 15\%$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

- №4
В этом номере индекс числа у букв (например Q_{12}) соответствуют процессам, или точке (T_2)
- 1) $T_2 = 4T_1 = 1600 \text{ K}$ (по условию) в этом проц.

$$Q_{12} = C_n V (T_2 - T_1), \text{ где } Q_{12} - \text{ кол-во теплоты, получ. газом}$$

$$(T_2 > T_1), \text{ где } V - \text{ кол-во веще-ва [моль]} V = 1 \text{ моль}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1), \text{ где } i - \text{ степень свободы молекулы,}$$

$$i = 3 \text{ по укл.}$$

По I-му началу термодинамики:

$$Q_{12} - A_{12} = \Delta U_{12}; A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} \quad (1)$$

$$(1) A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_n V (T_2 - T_1) - \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1), C_n = 2R \text{ по укл.})$$

$$\Rightarrow (T_2 - T_1) (2\nu R - \frac{3}{2} \nu R) = A_{12}; A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{1}{2} \nu R$$

$$A_{12} = (1600 - 400) \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 1 = 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

- 2) КПД цикла η , $\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$; где A - вся работа, Q_1 - кол-во теплоты полученной от нагревателя. $Q_1 = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$

$$\text{м.к. } Q_{31} \text{ и } Q_{23} < 0 \text{ м.к. } \Delta T_{31} \text{ и } \Delta T_{23} < 0,$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

Аналогично 1) пункту $A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} \quad (2) \text{ (по I-му началу)}$

$$Q_{23} = C_{23} V (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R V (T_3 - T_2) \quad C_{23} = \frac{1}{2} R \text{ по условию.}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{i}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

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!



№5

1) 4 шариков 1, 2, 3, 4

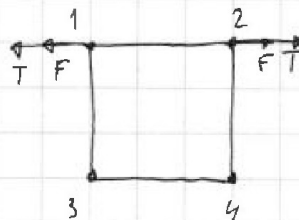
заряды q и $-q$, масса m .

Рассмотрим 1 и 2 шарик

По 3-му закону Кулона сила взаимодействия между шариками $\vec{F}$, $F = \frac{q^2}{b^2} k$. По 3-му закону Ньютона $\vec{F} - \vec{T} = 0$, т.е.

система находится в равновесии $\Rightarrow F = T$; $T = \frac{q^2}{b^2} k$

Ответ: $T = \frac{q^2}{b^2} k$





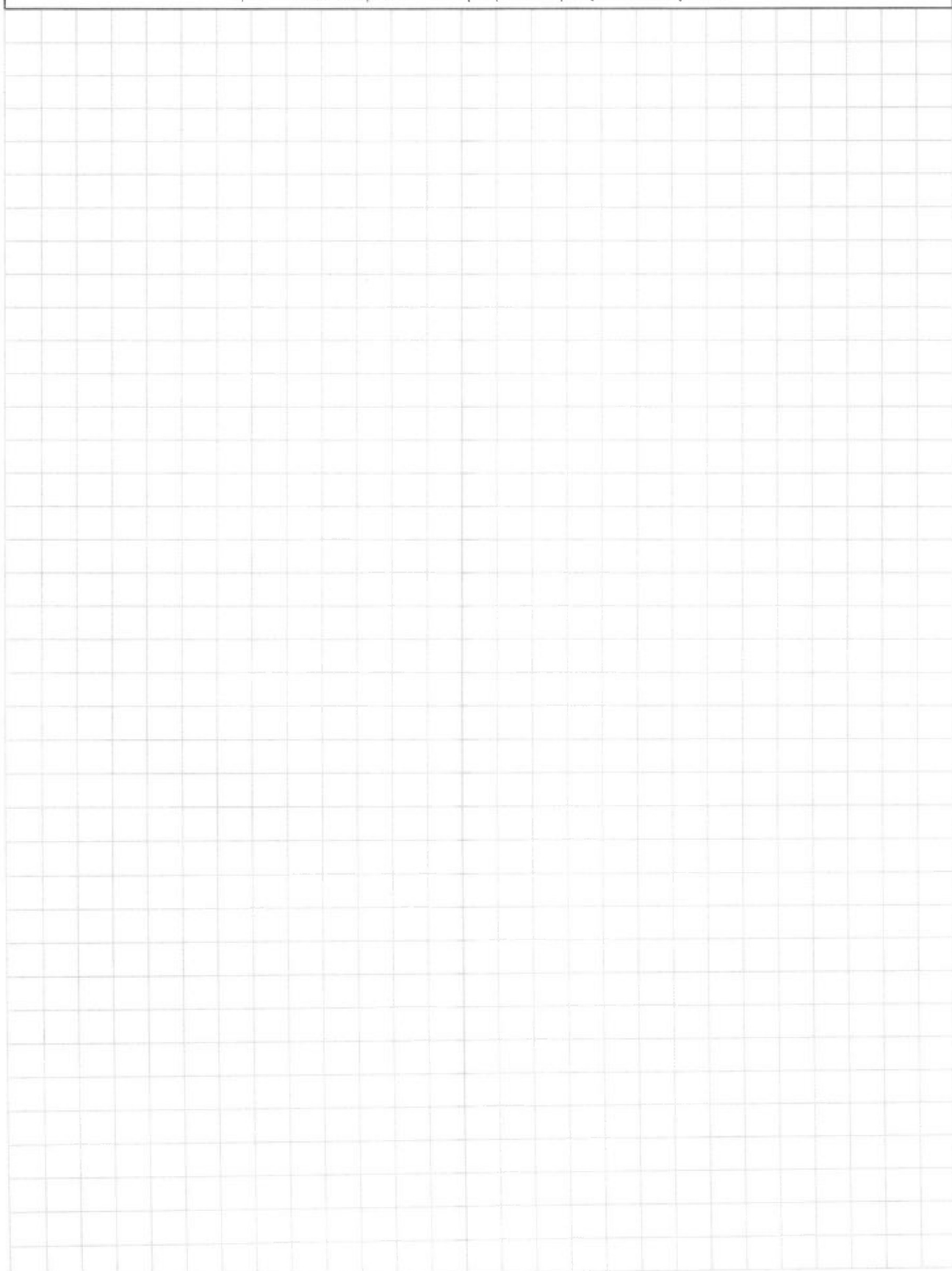
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





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

2) $A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} R T_3 (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = -\nu R (T_3 - T_2)$

$T_3 = \sqrt{8} T_1$ по графику, $T_2 = 4 T_1$ по графику

$\Rightarrow A_{23} = -\nu R (\sqrt{8} T_1 - 4 T_1) = \nu R (2 T_1 - \sqrt{2} T_1)$

$a t = v_0$

$v_0 = 2a$

$v_0 = 2g = 20 \frac{m}{s}$

$20 \cdot \frac{1}{2} = 10$

Аналогично 1) $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$ 3) (по I-му началу)

$Q_{31} = C_{31} \nu (T_4 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3)$ по графику $C = \frac{5}{2} R$

$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$

$\tan = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

3) $A_{31} = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) - \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - T_3) = \nu R (T_1 - \sqrt{8} T_1) =$
 $= -\nu R T_1 (\sqrt{8} - 1)$



$S = \frac{(4 - \sqrt{3})^2 \cdot g}{2}$

$A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{\nu R}{2} = \frac{3}{2} \nu R T_1$ (из 1 пункта A_{12} ; $T_2 = 4 T_1$ по графику)

$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{2}{2} \nu R T_1 (2 - \sqrt{2}) - \nu R T_1 (\sqrt{8} - 1) = \frac{54.9}{8} > 5$

$= \nu R T_1 (1.5 + 2 - \sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1) = \nu R T_1 (6.5 - 4\sqrt{2})$

$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) = 6 \nu R T_1$ ($T_2 = 4 T_1$, $C_{12} = 2R$ по графику)

$\eta = \frac{A}{Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{\nu R T_1 (6.5 - 4\sqrt{2})}{6 \nu R T_1} = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{6} \cdot 100\%$

$\sqrt{2} \approx 1.4$, тогда $\eta = \frac{6.5 - 4 \cdot 1.4}{6} \cdot 100\% = \frac{0.9}{6} \cdot 100\% = \frac{5}{20} \cdot 100\% = 15\%$

Ответ: $\eta \approx 15\%$

$F - \mu mg = ma$

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

$F(1 - \cos \alpha) - \mu F \sin \alpha = 0 \Rightarrow \mu = \frac{F(1 - \cos \alpha)}{F \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

$m \cdot 150 + g \cdot 10^4 =$

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!



N4

$$\textcircled{2} A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) - \frac{3}{2} \gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) = -\gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) =$$

$$= \gamma R (\bar{T}_2 - \bar{T}_3) = \gamma R (4\bar{T}_1 - 2\sqrt{2}\bar{T}_1) = \gamma R \bar{T}_1 (4 - 2\sqrt{2}) \quad (\bar{T}_3 = \sqrt{8}\bar{T}_1, \bar{T}_2 = 4\bar{T}_1, \text{ по графикам})$$

$$400 \cdot 8,31 \cdot \frac{3}{2} \quad 600 \quad 8,31$$

$$A_{31} = \frac{5}{2} R = \frac{i+2}{2} R \quad (i=3 \text{ по укл.}) \Rightarrow \text{процесс 1-3 - изобарный}$$

$$\Rightarrow A_{31} = 0 \text{ Дж}$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}, \quad A_{12} = (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) \frac{1}{2} \gamma R = \frac{3}{2} \gamma R \bar{T}_1 \quad (\bar{T}_2 = 4\bar{T}_1, \text{ по граф.})$$

$$Q = Q_{12} \quad Q_{12} = C_{12} \gamma (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) = 6 \gamma R \bar{T}_1 \quad (\bar{T}_2 = 4\bar{T}_1, C_{12} = 2R \text{ по граф.})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \gamma R \bar{T}_1}{6 \gamma R \bar{T}_1} = \frac{1}{4}$$

$$(\rho_2 - \rho_1)(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \gamma R \bar{T}_1$$

$$(\rho_2 - \rho_1)(V_3 - V_2) = \frac{R \cdot \mu}{C^2}$$

$$\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \gamma R \bar{T}_1$$

$$\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} (V_3 - V_2) = (\sqrt{8} - 1) \gamma R \bar{T}_1$$

$$at = v_0$$

$$\frac{v_0}{t} = a$$

$$\mu mg = ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \mu g$$

$$v_0 - at = 0 = v_0$$

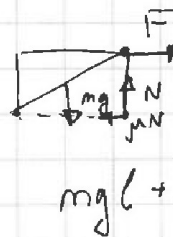
$$F \cdot \frac{v_0^2}{2a} = \mu mg + \frac{v_0^2 m}{2}$$

$$\mu mg < F$$

$$F \cos \alpha - \mu mg = ma$$

$$F - \mu mg = ma$$

$$F \cdot \frac{v_0^2}{2(F - \mu mg)} = \mu mg + \frac{v_0^2 m}{2}$$



$$\frac{F v_0^2}{F - \mu mg} = 2 \mu mg + \frac{v_0^2 m}{2}$$

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!



$$F = AS + E_k$$

$$\begin{array}{r} -6,3 \\ 1,4 \\ \times 4 \\ \hline 5,6 \end{array}$$

$$6 - 10t = 2$$

$$-4 = -10t$$

$$S(F - \mu mg) = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{v^2}{2a} = \frac{mv^2}{2}$$

mmg

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 2,400 \\ \hline 332400 \end{array} \quad \frac{54,7}{2} (s^2)$$

$$\frac{0,9}{6} = \frac{0,3}{2} = \frac{3}{20} \cdot \frac{t}{5} = 0,4$$

$$S = 2,4 - \frac{0,16 \cdot 10}{2} = 1,6$$

$$\frac{S \cdot 2a \cdot m}{2} = S \mu mg + F \cdot S$$

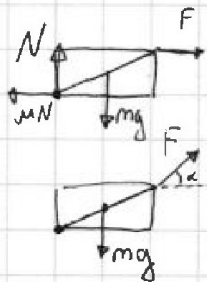
$$\begin{array}{r} 39 \\ \times 39 \\ \hline 351 \\ 184 \\ \hline 1521 \end{array}$$

$$4\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1 \approx 5 - 4\sqrt{2}$$

Δ_n
 Q_1

$$4\sqrt{RT_1}(8 - 4\sqrt{2}) - \sqrt{RT_1}(2\sqrt{2} - 1) = \sqrt{RT_1}(8 - 2\sqrt{2})$$

$$F \leq \frac{mg}{2}$$



$$F - \mu mg \geq 0$$

$$P_3 V_3 = \sqrt{RT_3} = 8\sqrt{RT_1}$$

$$P_1 V_1 = \sqrt{RT_1} = \sqrt{RT_1}$$

$$P_2 V_2 = \sqrt{RT_2} = 4\sqrt{RT_1}$$

$$P_2 V_2 = 2P_1 V_1 = \sqrt{2} P_3 V_3$$

$$P_2 V_2 =$$

$$2^{\frac{3}{2}} \cdot 2^{\frac{3}{2}} = 2^3$$

$$\sqrt{2^3} \cdot \sqrt{2^3}$$

$$\frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) = 3324 \text{ Дж}$$

$$\Sigma \cdot 2 \cdot 8 =$$

$$1,75$$

$$2 - \sqrt{2} + 1,5 = 4 - \sqrt{2}$$

$$\frac{40,5}{6(7500-1)} = 3,5 - 1,4 = + \frac{2,1}{6} = \frac{0,4}{2} = \frac{4}{20} = 35\%$$

$$\begin{array}{r} 9854 \\ 009 \\ 15,5 \times \end{array}$$



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

194

$$v - gt = 0 \Rightarrow v = 20 \text{ м/с}$$

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

$$\sin 2\alpha = \frac{2gS}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 9.8 \cdot 200}{20^2} = 1 \Rightarrow \sin 2\alpha = 1 \Rightarrow 2\alpha = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{20^2 \sin^2 45^\circ}{2 \cdot 9.8} = 10 \text{ м}$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{20 \sin 45^\circ}{9.8} \approx 1.43 \text{ с}$$

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

$$F - \mu mg = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow F = \mu mg + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$F - \mu mg = F$$

$$\frac{3}{5} \cdot \frac{1}{3} = 0.2$$

$$\frac{D}{4} = 4$$



$$y_1 = \frac{ax}{t^2} = \frac{ax}{4 - 9.8t^2} = S$$

$$v_0 \sin \alpha - g t^2 = 0$$

$$h' a = 7$$

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

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

$$D = -4 \Rightarrow v_0 - aT = 0$$

$$D = -4 \Rightarrow v_0 - aT = 0$$

$$v_0 - aT = 0$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = S(F - \mu mg)$$

$$0.36 + 0.1$$

$$v_0 t = 2.5$$

$$v_0 = \frac{2.5}{t} = \frac{a t^2}{2}$$

$$N = mg \cos \alpha$$

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

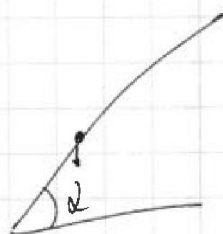
$$g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = a$$

$$P \text{ —————}$$

$$Pa =$$

$$3 \text{ —————}$$

$$b_1 = 8'0 \cdot 8'1 = \frac{ax}{9.8}$$



$$S = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$