



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.

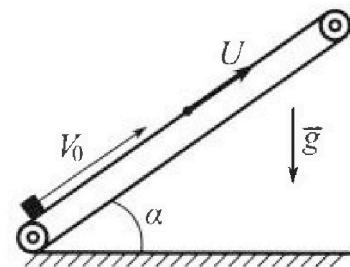
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посыпает 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 покояющуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. 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 $S = 1 \text{ м}$?

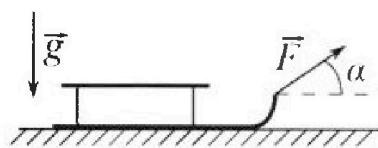
В втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

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

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во *втором опыте* станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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.

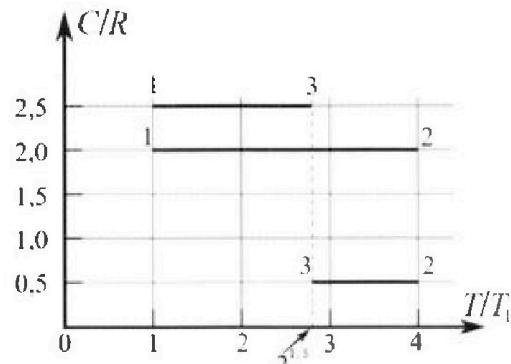
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

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.



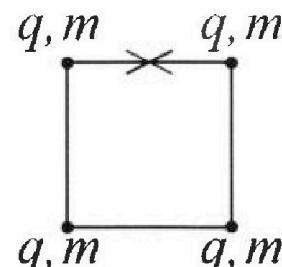
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

- 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 вверху (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,

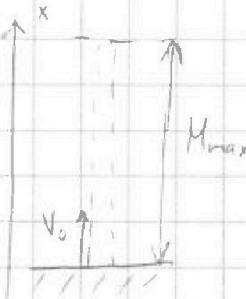
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| X | | | | | | |

МФТИ.



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



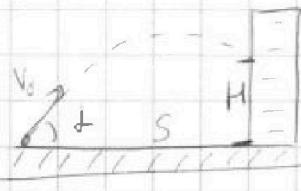
N 1

1) За время T мяч поднимается на максимальную высоту. В самой высокой точке скорость мяча обращается в нуль.

Движение происходит в поле гравитации земли \Rightarrow на мяч поступательно действует ускорение g в 2100 . Значит, скорость мяча изменяется по закону:

$$v(t) = v_0 - gt \text{ - проекции на ось } x.$$

$$\text{при } v=0 \quad v_0 - gT = 0, \quad v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$$

2) 
Расширим уравнения движения мяча в проекциях на оси Ox и Oy :

$$\begin{cases} x(t) = v_{0x} t, \\ y(t) = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha;$$

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{x(t)}{v_0 \cos \alpha}, \\ y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$y(x) = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}; \quad \text{в момент соударения с стенкой } x = s, y = H;$$

$$H = st \tan \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} - \text{ мы получим зависимость высоты точки соударения со стенкой от угла броска. Движение мяча, при котором } H \text{ принимает своё максимальное значение,}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

необходимо взятие производную данной функции и
приравнить её к нулю.

но

$$H = H_{\max} \text{ при } H' = 0; \quad H = S \operatorname{tg} \vartheta - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \vartheta} \Rightarrow \\ \Rightarrow H' = S \operatorname{tg} \vartheta - \left(\frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \vartheta} \right)' = \frac{S}{\cos^2 \vartheta} - \frac{g S^2 \sin \vartheta}{V_0^2 \cos^3 \vartheta}$$

$$\left\{ \left(\frac{1}{\cos^2 \vartheta} \right)' = -2 \cos^{-3} \vartheta \cdot -\sin \vartheta = \frac{2 \sin \vartheta}{\cos^3 \vartheta} \right\}$$

$$H' = 0 \Rightarrow \frac{S}{\cos^2 \vartheta} = \frac{g S^2 \sin \vartheta}{V_0^2 \cos^3 \vartheta} \Rightarrow \operatorname{tg} \vartheta = \frac{V_0^2}{g S}$$

$$\operatorname{tg}^2 \vartheta = \frac{1}{\cos^2 \vartheta} - 1 \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \vartheta} = \operatorname{tg}^2 \vartheta + 1,$$

$$H_{\max} = S \operatorname{tg} \vartheta - \frac{g S^2}{2 V_0^2} (\operatorname{tg}^2 \vartheta + 1) = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{V_0^2}{g + S^2} = \\ \boxed{\frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2}} = \frac{g T^2}{2} - \frac{g S^2}{2 g T^2} = \boxed{\frac{g T^2}{2} - \frac{S^2}{2 g T^2}} =$$

$$= 15 \text{ м}$$

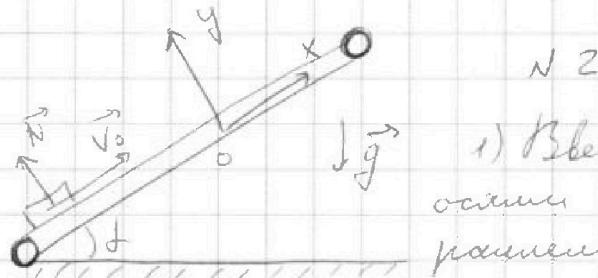
$$\text{Отвем: } V_0 = g T = 20 \text{ м/с}$$

$$H_{\max} = \frac{g T^2}{2} - \frac{S^2}{2 g T^2} = 15 \text{ м}$$

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



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



N 2

1) Введем систему координат с осами ОУ, перпендикулярно ОХ параллельно плоскости склона.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на эти оси:

$$y: N = mg \cos \theta$$

$$x: ma = -mg \sin \theta - \mu N = -mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta;$$

$a = -g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$ — это формула равнодействующей силы склона, когда коробка движется вверх относительно неподвижной лестницы.

Если же коробка с лестницей скользят, то сила трения направлена в другую сторону.

$$a = -g(\sin \theta - \mu \cos \theta);$$

Скорость коробки будет уменьшаться по модулю, одновременно вниз, а затем будет расти по модулю, так как будет скользить.

Найдем путь между горизонталью:

$$\frac{v_0^2}{2a} = S_1; S_1 = \frac{v_0^2}{g(\sin \theta + \mu \cos \theta)} = \frac{16}{20} \text{ м} < 1 \text{ м} \Rightarrow \text{достав}$$

до верхней точки, коробка не пройдет путь S_1 ,

$$T = T_1 + T_2, T_1 - подъем, T_2 - спуск.$$

$$aT_1 = v_0, T_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g(\sin \theta + \mu \cos \theta)};$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Две ситуации:

$$\frac{v_k^2}{2a} = S - S_1 \Rightarrow \frac{v_k^2}{2g(\sin\delta - \mu\cos\delta)} = S - S_1 ;$$

$$v_k = \sqrt{2g(S - S_1)(\sin\delta - \mu\cos\delta)} ;$$

$$\tau_1 = \frac{v_k}{a} = \frac{\sqrt{2g(S - S_1)(\sin\delta - \mu\cos\delta)}}{g(\sin\delta - \mu\cos\delta)} =$$
$$= \sqrt{\frac{2(S - S_1)}{g(\sin\delta - \mu\cos\delta)}} ;$$

$$T = \tau_1 + \tau_2 = \left(\sqrt{\frac{1}{15}} + \frac{2}{5} \right) c ;$$

2) Теперь лесина движется со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$ вверх.

Если в ДСО скорость коробки $U = 2 \text{ м/с}$, то относительно лесины она останавливается,

$$\frac{v_0^2 - U^2}{2a} = L, \text{ где } a = -g(\sin\delta + \mu\cos\delta) ;$$

$$L = \frac{v_0^2 - U^2}{2g(\sin\delta + \mu\cos\delta)} = \frac{3}{5} \text{ м} ;$$

3) В отличие от ситуации, описанной в пункте 1, теперь, после уничтожения скорости U , коробка станет двигаться в обратную сторону относительно лесины \Rightarrow

$$\Rightarrow a = g(\sin\delta - \mu\cos\delta) ;$$

$$\text{Тогда } \frac{U^2}{2g(\sin\delta - \mu\cos\delta)} = L' ; L_0 = L + L' ; H = L \cdot \sin\delta =$$



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!

$$= \sin\left(\frac{v_0^2 - u^2}{2gr \sin\vartheta + \mu \cos\vartheta}\right) + \frac{u^2}{2g(\sin\vartheta - \mu \cos\vartheta)} = \left(\frac{\frac{3}{5}u + \frac{1}{3}u}{\sin\vartheta}\right) = \frac{\frac{14}{15}u \cdot \frac{4}{5}}{\frac{56}{75}u} =$$

$$\text{Ответ: } T = \tilde{t}_1 + \tilde{t}_2 = \left(\frac{1}{15} + \frac{2}{5}\right) \in \text{j}$$

$$L = \frac{3}{5} \text{ m}$$

$$H = \frac{56}{75} \text{ m}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

2) Мы разогнали санки до скорости V_0 и остановили.

Теперь сила трения их тормозит.

Второй закон Ньютона в проекциях
на оси:

$$y: mg = N;$$

$$x: ma = -F_{\text{тр}} = -\mu N;$$

$$ma = -\mu mg \Rightarrow a = -\mu g;$$

Санки движутся с постоянным ускорением \Rightarrow

\Rightarrow ~~затем~~ скорость санок изменяется по закону:

$$V = V_0 + at = V_0 - \mu g t;$$

могда при обрывании склонности всплыть

$$V_0 - \mu g t_* = 0, t_* = \frac{V_0}{\mu g} \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t \equiv T = \frac{V_0}{\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g};$$

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

$$T = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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

N 3

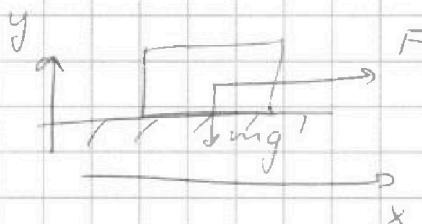
1) Сила F , действующая касательно, приложена к их
одинаковой массе.

Тогда в первом случае:

$$y: N = mg;$$

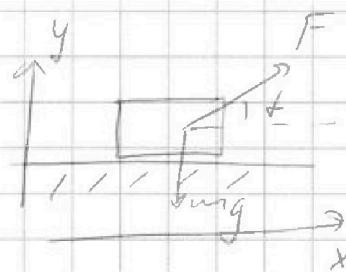
$$x: ma = F - \mu N = F - \mu mg;$$

$$a = \frac{F}{m} - \mu g;$$



$$(1) a\tau = v_0; (\frac{F}{m} - \mu g)\tau = v_0;$$

Во втором случае.



$$y: F \sin d + N = mg; N = mg - F \sin d$$

$$x: ma = F \cos d - \mu N = F \cos d - \mu (mg - F \sin d) =$$

$$= F (\cos d + \mu \sin d) - \mu mg; a = \frac{F}{m} (\cos d + \mu \sin d) - \mu g;$$

$$(2) a\tau = v_0 \Rightarrow (\frac{F}{m} (\cos d + \mu \sin d) - \mu g) \tau = v_0;$$

приравнивая (1) и (2), получаем

$$\frac{F}{m} (\cos d + \mu \sin d) - \mu g = \frac{F}{m} - \mu g;$$

$$\cos d + \mu \sin d = 1;$$

$$\mu \sin d = 1 - \cos d; \boxed{\mu = \frac{1 - \cos d}{\sin d}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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

1

N 4

Для начала выберем одну формулу. Но определение
молярной теплоемкости бывает два:

$$C = \frac{dQ}{dT} \text{ , где } dQ = dU + dA;$$

$$\text{Так одновременно} \Rightarrow dU = \frac{3}{2} R dT ;$$

$$C = \frac{3}{2} R + \frac{dA}{dT} ;$$

Уравнение Менделеева - Капелюхова:

$$PV = JRT. \text{ Дифференцируя, получаем}$$

$$pdV + Vdp = JRdT; \quad dA = pdV$$

$$C = \frac{3}{2} R + \frac{pdV}{pdV + Vdp} \quad R = \left[\frac{3}{2} R + \frac{R}{1 + \frac{Vdp}{pdV}} \right] ;$$

Пользуясь этой формулой, постараемся найти общую
зависимость $P(V)$ в процессах 1-2, 2-3, 3-1

$$\underline{1-2}: \frac{\frac{3}{2} R + \cancel{R}}{1 + \frac{Vdp}{pdV}} = 2R - \text{из графика};$$

$$\frac{V}{P} \frac{dp}{dV} = 1; \quad \frac{dp}{P} = \frac{dV}{V} \Rightarrow \ln \frac{P}{P_1} = \ln \frac{V}{V_1};$$

$P = \frac{P_1}{V_1} V$ - прямая, проходящая через начало координат

Уравнение состояния:

$$PV = \frac{P_1}{V_1} V^2 = JRT; \quad \frac{P_1}{V_1} V_2^2 = JR \cdot \cancel{T_1} = JR \cdot \cancel{T_1}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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

$$P_1 V_1 = 3RT_1 ;$$

$$\frac{P_1}{V_1} V_2^2 = \cancel{2}^4 V_1 RT_1 ;$$

$$\underline{P_2 = \frac{P_1}{V_1} V_2 = 2 \cancel{1} P_1}$$

$$\underline{\underline{2-3 : \frac{3}{2} R + \frac{R}{1 + \frac{V}{P} \frac{dp}{dV}} = \frac{1}{2} R ;}}$$

$$\frac{R}{1 + \frac{V}{P} \frac{dp}{dV}} = -R ; \quad 1 + \frac{V}{P} \frac{dp}{dV} = -1 ; \quad \frac{V}{P} \frac{dp}{dV} = -2 ;$$

$$\frac{dp}{P} = -2 \frac{dv}{V} ; \quad \ln \frac{P}{P_2} = -2 \ln \frac{V}{V_2} ;$$

$$\frac{P}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V} \right)^2 ; \quad P = \frac{P_2 V_2^2}{V^2} ;$$

$$\text{Уравнение состояния: } P_2 V_2 = 4 JRT_1 ;$$

$$\frac{P_2 V_2^2}{V_3^2} \cdot V_3 = 2^{\frac{3}{2}} JRT_1 ;$$

$$\frac{P_2 V_2^2}{V_3} = 2^{\frac{3}{2}} JRT_1 ; \quad \Rightarrow \quad \frac{V_3}{V_2} = \frac{1}{2^{\frac{3}{2}}} ;$$

$$P_2 V_2 = 4 JRT_1 ;$$

$$V_3 = \sqrt{2} V_2 = 2\sqrt{2} V_1 ;$$

$$P_3 = P_1 ;$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ.



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

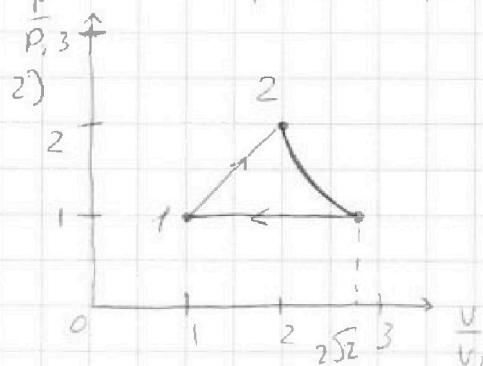
3-1:

$$\frac{3}{2}R + \int_{P_1}^{P_2} dP = \frac{5}{2}R$$

3

$$C = \frac{5}{2}R, \text{ раз умножив на } \Rightarrow P = \text{const} = P_1;$$

Чтобы, график зависимости имел вид:



1) Работа газа считается как площадь под графиком \Rightarrow

$$\Rightarrow A_{12} = \frac{P_1 + 2P_1}{2} \cdot V_1 = \frac{3}{2}P_1V_1 = \frac{3}{2}\sqrt{RT_1} = 4986 \text{ Дж}$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_r}; \quad A = A_{12} + A_{23} - A_{13};$$

$Q_r = Q_{13}$, т.к. произошло в этом процессе подводимое тепло;

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{A_{12} + A_{23} - A_{13}}{A_{13}} = \frac{\frac{3}{2}P_1V_1 - (7\sqrt{2}-1)P_1V_1 + A_{23}}{A_{13}} \\ A_{23} &= \int_{2V_1}^{2.52V_1} P dV = \int_{2V_1}^{2.52V_1} \frac{8P_1V_1^2}{V^2} dV = (4 - 3\sqrt{2})P_1V_1; \\ \eta &= \frac{\left(\frac{5}{2} - 7\sqrt{2}\right)P_1V_1 + (4 - 3\sqrt{2})P_1V_1}{(6 - 3\sqrt{2})P_1V_1 + (4 - 2\sqrt{2})P_1V_1} = \frac{\left(\frac{13}{2} - 11\sqrt{2}\right)P_1V_1}{(10 - 5\sqrt{2})P_1V_1} = \\ &= \frac{13 - 8\sqrt{2}}{20 - 10\sqrt{2}} \end{aligned}$$

Ошибки: $A_{12} \approx 5 \text{ кДж}$, $\eta \approx \frac{13 - 8\sqrt{2}}{20 - 10\sqrt{2}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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

3) $\gamma = 1 - \frac{Q_+}{Q_{12}}$; $Q_+ = Q_{12}$, и.к. из графика

Условие видно, что можно на эвоне участок ($\Delta T > 0$)

$$\text{тогда } \gamma = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{\frac{1}{2}R(\frac{P_3V_3 - P_2V_2}{JR})}{Q_{12}}$$

$$= 1 + \frac{\frac{1}{2}R(\frac{P_3V_3 - P_2V_2}{\partial R}) + \frac{5}{2}R(\frac{P_1V_1 - P_3V_3}{R})}{Q_{12}} =$$

$$= 1 + \frac{\frac{1}{2}(P_1 - 2\sqrt{2}V_1 - 4P_1V_1) + \frac{5}{2}(P_1V_1 - 2\sqrt{2}P_1V_1)}{2R(\frac{P_2V_2 - P_1V_1}{R})} =$$

$$= 1 + \frac{\sqrt{2}P_1V_1 - 2P_1V_1 + \frac{5}{2}P_1V_1 - 5\sqrt{2}P_1V_1}{6P_1V_1} =$$

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

Ответ: $A_{12} \approx 5 \text{ кДж}$, $\gamma = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$



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!

Как мы помним из пункта 2 , в частности, когда
все маркеры находятся на прямой, у каждого шарика
скорость V ;

Ответ: $T = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) k \frac{q^2}{\theta^2}$,

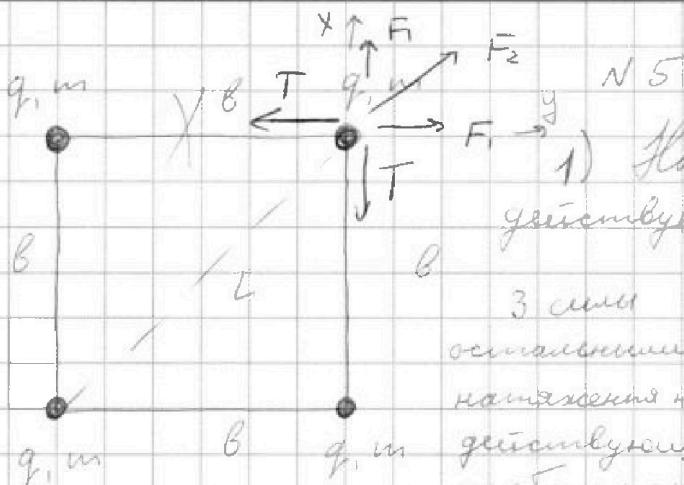
$$V = \sqrt{\frac{k}{3mb}} q ;$$

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



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

МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!1) На каждый из шариков
действуют несколько сил.3 силы взаимодействия с
остальными шариками и две силы
направлены винтей. Все эти силы,
действующие на один из шариков,
изображены на рисунке;

По закону Кулона:

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

Все шарики покоятся \Rightarrow силы векторы всех симметричны,
то движение становится равномерным.

$$T = F_1 + F_2 \cos 45^\circ = F_1 + \frac{\sqrt{2}}{2} F_2$$

$$T = k \frac{q^2}{l^2} + \frac{\sqrt{2}}{4} k \frac{q^2}{l^2} = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) k \frac{q^2}{l^2}$$

2) После перенесения верхней части шарика начнут двигаться. Начиная всегда ближе к центру, так как шарики заряжены однотипно \Rightarrow отталкиваются.В момент, когда все шарики будут на одной прямой
оба крайних будут двигаться вдоль оси X из пункта 1
в силу перекрестности винтов; то по ЗСИ для центральных
шариков будут двигаться с той же скоростью,
что и крайние, но направлением противоположно \Rightarrow
в этот момент скорости всех шариков по модулю V.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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

Благодаря закону сохранения импульса сразу
можем получить ответ на третий вопрос. ~~поскольку~~ мар-
шки в силу симметрии рисунка могут двигаться только
вниз.

На систему не действуют внешние силы \Rightarrow центр
масс покоятся. Но если у центра масс имеем координату
 $y_C = \frac{b}{2}$, это значит, что когда все ма-
ршики выстроились в одну прямую, это прои-
дёт через центр исходного квадрата.



Можно по теореме Пифагора

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

Для ответа на второй вопрос нужно записать ЗСЭ
для системы. В силу нерастяжимости цепей скорости
маршков всегда перпендикулярны импульсам \Rightarrow ими на-
ружения работы не совершают. Никаких других дис-
трансивных сил в системе также нет.

Внешние боята между шариками взаимодействия
между шариками:

$$E_H = W_H = \frac{1}{2} \sum_i W_i = \frac{1}{2} \left(k \frac{q^2}{8} + k \frac{q^2}{8} + k \frac{q^2}{72} \right) \cdot 4 = \\ = 2 \left(2k \frac{q^2}{8} + \frac{1}{2}k \frac{q^2}{72} \right) = 5k \frac{q^2}{8}$$

Внешне у шариков есть химическая энергия:

$$4 \cdot \frac{mv^2}{2} = k; E_K = K + W_K = 2mv^2 + \frac{1}{2} \left(k \frac{q^2}{8} + k \frac{q^2}{8} + k \frac{q^2}{72} \right) + \\ + \frac{1}{2} \left(k \frac{q^2}{8} + k \frac{q^2}{72} + k \frac{q^2}{36} \right) \cdot 2$$

$$5k \frac{q^2}{8} = 2mv^2 + 2k \frac{q^2}{8} + k \frac{q^2}{28} + k \frac{q^2}{8} + k \frac{q^2}{72} + k \frac{q^2}{36};$$

$$2mv^2 = \frac{2}{3}k \frac{q^2}{8}; v^2 = \frac{kq^2}{3mb}; v = \sqrt{\frac{k}{3mb}} q$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

$$v^2 = v_0^2 - 2gS(\sin \delta + \mu \cos \delta);$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2gS(\sin \delta + \mu \cos \delta)}$$

$$\frac{4}{20\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3} - \frac{3}{5}\right)} = \frac{4}{20\left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right)} = \frac{4}{20 \cdot \frac{2}{3}} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{3}{5} + \frac{1}{3} = \frac{9+5}{15} = \frac{14}{15} \text{ м}$$

$$\frac{14}{56}$$

$$\frac{1}{20} \frac{5}{20} \frac{14 \cdot 4}{15 \cdot 5} = \frac{56}{75}$$

$$\frac{15}{75}$$

$$\Rightarrow dPdV = dPdA + \mu dA \quad C = \frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp) + PdA + (\mu dV + \mu dp)}$$

$$\frac{1}{20} \frac{5}{20} \frac{14 \cdot 4}{15 \cdot 5} = C \quad C = \frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp)}$$

$$C = \frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp)}$$

$$\frac{1}{20} \frac{5}{20} \frac{\frac{14}{56}}{\frac{15}{75}} = C \quad C = \frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp)}$$

$$C = \frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp)}$$

$$\frac{1}{20} \frac{5}{20} \frac{\frac{14}{56}}{\frac{15}{75}} = C \quad C = \frac{\frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp)}}{1}$$

$$\frac{dPdV + \mu dV}{\mu dP} + \frac{1}{2} \frac{2}{3} P = C \quad C = \frac{\frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp)}}{1}$$

$$C = \frac{\frac{1PC}{\frac{2}{3}(PdV + Vdp)}}{1} + \frac{1}{2} \frac{2}{3} P = C$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

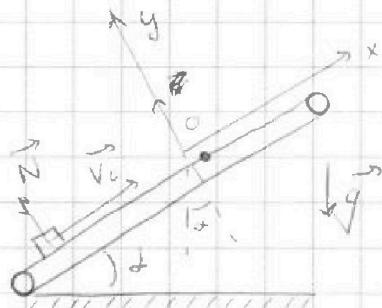
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> |

МФТИ



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



N 2

1) Введём оси координат параллельно и перпендикулярно плоскости линии и решим второй закон Ньютона в проекциях на эти оси.

$$y: N = mg \cos \alpha$$

x: $ma = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$ - когда коробка движется сверх относительно покоящейся линии.

$ma = -mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$ - коробка движется вниз относительно линии.

Поделив на m, получаем $a = -g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$.

Тогда скорость тела изменяется по закону

$$x: V = V_0 + at = V_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)t,$$

Скорость тела обращается в нуль при $t = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$;

Пройденный телом путь к этому моменту:

$$x = \frac{V_0^2 + (at)^2}{2a} = \frac{V_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 20 \text{ м} \Rightarrow$$

\Rightarrow пройдя $S = 1 \text{ м}$ коробка не успевает затормозить, а идет

$$\frac{V_0^2 - (V_0 + at)^2}{2a} = S;$$

$$t_3 \text{ из } \frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V^2}{2} + \mu m g S \sin \alpha + \mu m g S \cos \alpha;$$

$$V^2 = V_0^2 - 2gS \sin \alpha - 2\mu g S \cos \alpha,$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отмечьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

$$\sin \delta = \frac{4}{5}$$

$$\cos \delta = \frac{3}{5}$$

$$2g(\sin \delta + \mu \cos \delta) = 2 \cdot 10 \left(\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = \frac{2}{5} \left(4 P_1 V_1 - 2\sqrt{2} P_1 V_1 \right) + A_{23} =$$

$$\frac{16}{20}$$

$$\frac{4}{10}$$

$$+ \sqrt{\frac{2 \left(1 - \frac{16}{20} \right)}{10 \left(\frac{4}{5} - \frac{3}{5} \right)}} =$$

$$\int \frac{1}{15} + \frac{2}{5}$$

$$= \sqrt{10 \cdot \frac{2}{5}} =$$

$$+ \sqrt{\frac{2}{30}} =$$

$$1 - \frac{Q}{Q_0} =$$

$$x \begin{array}{r} 8 \\ 4 \\ 9,86 \end{array}$$

$$\frac{16-4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{3}{2} \cdot 400 = 600$$

$$\frac{1}{2} Q R$$

$$\frac{2 P_1 \cdot R V_1^2}{8 V_1^2} = P_1$$

$$P V \frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} = P V^{-1} = P V^2$$

$$P V \frac{\frac{1}{2} - \frac{5}{2}}{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}} = P V^{-1} = P V^2$$

$$= \frac{1}{2} P_1 V_1^2 = \frac{1}{2} P_1 V_1^2$$

$$= \frac{1}{2} P_1 V_1^2 = \frac{1}{2} P_1 V_1^2$$

$$= - \frac{8}{5} P_1 V_1^2 + \frac{8}{2} P_1 V_1^2 = \frac{8}{5} P_1 V_1^2$$

$$= \frac{8}{5} P_1 V_1^2 = \frac{8}{5} P_1 V_1^2$$

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

$$= \frac{1}{1+x} = \frac{x}{x+1}$$

$$= \frac{12 - 6\sqrt{2}}{12 + 6\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$$

$$\text{объект}$$

$$= \frac{12 - 6\sqrt{2}}{12 + 6\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$$

$$= \frac{12 - 6\sqrt{2}}{12 + 6\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$$

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!

(9)

$$V_0 T - \frac{g T^2}{2} = \frac{g T^2}{2};$$

$$V_0 T = g T^2; V_0 = g T$$

$$V_0 \cos \alpha t = S;$$

$$V_0 \sin \alpha t - g \frac{t^2}{2} = H;$$

$$t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha t}; H = S t \operatorname{tg} \alpha t - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha t};$$

$$\frac{S}{\cos^2 \alpha t} - \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha t} \right)' = (\cos \alpha t)^2 = -2 \cos \alpha t^{-3} \cdot -\sin \alpha t =$$
$$= \frac{2 \sin \alpha t}{\cos^3 \alpha t} \quad 2 + \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = 4 + \frac{1}{3} =$$

$$\frac{S}{\cos^2 \alpha t} - \frac{g S^2}{V_0^2} \cdot \frac{\sin \alpha t}{\cos^3 \alpha t} = 0,$$

$$\operatorname{tg} \alpha t = \frac{V_0^2}{g S};$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{1}{\cos^2 \alpha t} = \frac{g S}{V_0^2} \cdot \frac{\sin \alpha t}{\cos^3 \alpha t}$$

$$2^{\frac{3}{2}} = \sqrt{8}$$

$$\frac{1}{2} \left(2k \frac{y^2}{8} + k \frac{q^2}{8} \right) \cdot 4$$

$$1 - \frac{1}{(\cos^2 \alpha t)} =$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha t} - 1 = \frac{1 - \cos^2 \alpha t}{\cos^2 \alpha t} = \operatorname{tg}^2 \alpha t$$

$$\frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \left(\frac{V_0^2}{g^2 S^2} + 1 \right) = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} - \frac{V_0^2}{2 g} =$$

$$= \left[\frac{V_0^2}{2 g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \right]$$