



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



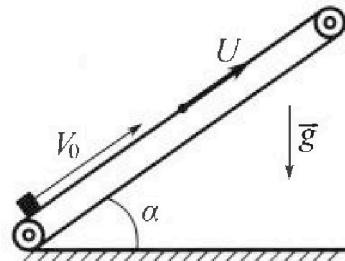
*Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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  $\alpha$  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  $S = 1 \text{ м}$ ?

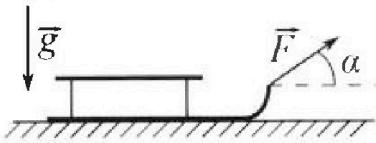
*Во втором опыте* коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2 \text{ м/с}$ , и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ .

- 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  $\alpha$  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  $\mu$  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**



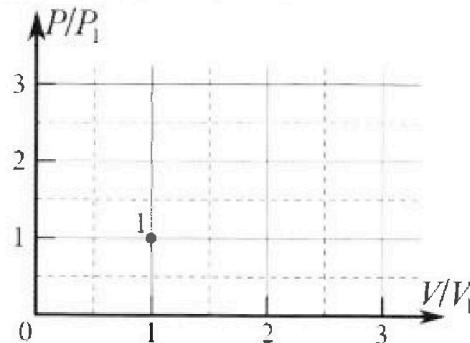
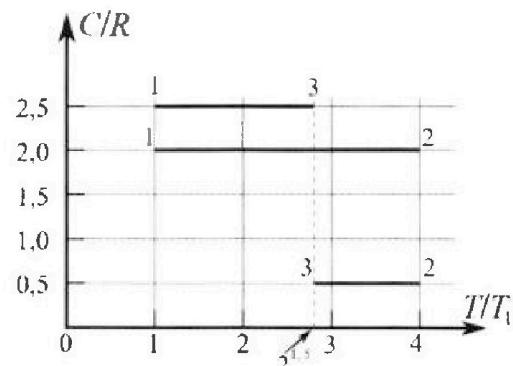
**Вариант 10-01**

*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  $\eta$  цикла.

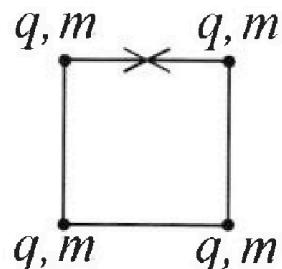
3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



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:

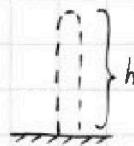
- |                                     |   |                          |   |                          |   |                          |   |                          |   |                          |   |                          |   |
|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|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

МФТИ



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

1)



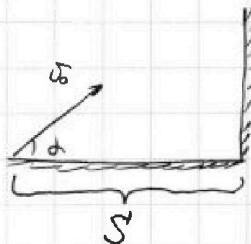
1) Так или иначе на максимальную

высоту мяч поднимается за время  $T$ :

$$v_0 = gT \quad - \text{скорость в верхней точке}$$

$$v_0 = \omega \frac{\pi}{c}$$

2)



$\alpha$  - угол к горизонту

$$v_0 \cos \alpha T = S; \quad T - \text{время полета}$$

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

$$v_0 \sin \alpha T = \frac{gT^2}{2} = H; \quad H - \text{высота упала}$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = H^2 \quad \text{стенку}$$

$$\frac{S \operatorname{tg} \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = H$$

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

$$S \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{g S^2}{2 v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{g S^2}{2 v_0^2} = H \quad (1)$$

находим в полученного выражения достичется

6 вершине параболы при  $\operatorname{tg} \alpha = 0$ :

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

подставив полученный  $\operatorname{tg} \alpha$  в (1):

$$H_{\max} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g \frac{v_0^2}{2g}^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g \frac{v_0^2}{2g}^2}{2 v_0^2} = 15 \text{ м}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

Ответ:  $0_0 = 20 \%$ ;  $H_{max} = 25 \text{ м}$

58

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!

При этом корабль потребуетс пройти путь  $s_1 + s_2$ .

за время  $s_1 : c$  штуковой нач. скорость;

$$s_1 = \frac{a_2 J_1^2}{2}$$

$$J_1 = \sqrt{\frac{2 s_1}{a_2}} = \sqrt{\frac{10(5+s_1)}{3g}}$$

$$J_1 = \sqrt{\frac{10(1+0,8)}{3 \cdot 10}} = \sqrt{0,6} \approx 0,77c$$

$$T = J_1 + J_2 \approx 1,17c$$

2) Скорость корабли б нач. момент б CO

ленты:  $\omega = \omega_0 - t$

корабль будет иметь скорость  $U$  в лат.

на CO при когда скорости относительно ленты:

при этом корабль будет двигаться с ускорением

$a_1$ , найдем  $b$  п.1

Тогда корабль пройдет:

$$\int s = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2a_1} = \frac{\omega_0^2 - U^2}{2g}$$

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

3) скорость  $U$  корабли станет равной штук

б момент, когда ее скорость отн. ленты

$U_1 = 2 \text{ м/с}$  и направлен против нач ленты:

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

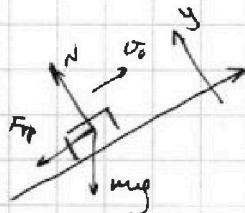
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

При этом лента скользит по  $\ell_2$ :

$$\ell_2 = \frac{U(U_0 - U)}{g}$$

$$\ell = \ell_1 + \ell_2 = \frac{(U_0 - U)}{g} \left( U + \frac{U_0 - U}{2} \right) = \frac{U_0^2 - U^2}{2g}$$

$$\ell = \frac{4^2}{20} = \frac{12}{20} = 0.6 \text{ м.}$$



1) по II закону Ньютона:

$$x: mg \sin\alpha + F_f = ma$$

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

$$F_f = \mu N - \text{сопротивление}$$

откуда:

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

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

При движении вверх коробка максимумы удалит

на  $S_{\max}$  время  $T_1$ :

$$S_{\max} = \frac{U_0^2}{2a} = \frac{U_0^2}{2g} = S_{\max} = 0.8 \text{ м} \quad T_1 = \frac{U_0}{a} = \frac{4}{g} = 0.4 \text{ с}$$

После этого коробка начнет двигаться назад

до конца пути:

$$x: mg \sin\alpha - \mu g \cos\alpha = ma$$

$$a_2 = (g \sin\alpha - \mu g \cos\alpha)g = \frac{3}{5}g = \text{норма}$$



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!

при этом после остановки (от. ленты) ускорение  
стает равным  $a_2$

$$l = \frac{U^2}{2a_2} - 6 \text{ со ленты}$$

$l$  - путь от. точки /

$$l = 2 \cdot \frac{U^2}{3g} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$30 \text{ бремя } J : \quad U = a_2 J \quad J = \frac{U}{a_2}$$

$$J = \frac{2 \cdot 5}{3g} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

лента смещается на:

$$l' = UJ = \frac{2}{3} \text{ м}$$

смещение пути в 10д. CO:

$$aL = l' - l = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$H = (l + aL) \sin \alpha = 0.9 \cdot \frac{4}{5} \approx 0.36 \text{ м}$$

Ответ:  $T = 1.17 \text{ с}$ ;  $L = 0.6 \text{ м}$ ,  $H = 0.36 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

✓



но II з-ку Нетона!

$$x: F_{fp} + mg \sin \alpha = ma$$

$$y: \sqrt{s} mg \cos \alpha$$

$$F_{fp} = \mu N - \text{модельное}$$

тогда:

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

Недогружение времени при приложении S = T:

$$v_0 T - \frac{g T^2}{2} = S$$

$$\frac{g}{2} T^2 - v_0 T + S = 0$$

$$D = \sqrt{v_0^2 - 2Sg} < 0 \Rightarrow \text{нижнюю координату}$$

скорость направленную вниз

тогда но II з-ку Нетона:

$$F_{fp} = mg \sin \alpha = ma_x$$

$$\sqrt{s} mg \cos \alpha$$

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

$$a_x = (\mu g \cos \alpha - \sin \alpha)g = -\frac{3}{5}g \quad - \text{направлено вниз}$$

$$S = v_0 T + \frac{g}{2} \frac{9}{5} T^2$$

$$8T^2 + 10v_0 T - 5S = 0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\Delta s = \frac{v_0^2 - 4^2}{2g} + 4 \cdot 3 = 28$$

$$\Delta s = \frac{v_0^2 + \frac{6}{5}gs}{2g}$$
$$T = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + \frac{6}{5}gs}}{\frac{3}{5}g}$$

$$T \approx \frac{-4 + \sqrt{28}}{10} \cdot \frac{5}{3} \approx \frac{-4 + \sqrt{28}}{6} \approx \frac{-4 + 5,3}{6} \approx 0,22 \text{ с}$$

2) скорость коробки в CO земли будет

составляющей  $v_0$  скорости ленты  $U = \text{const}$  и  
скорости коробки. Тогда в начальный момент времени

$$v_0 = U + v$$

коробке сообщают скорость направленную вверх,

иначе скорость  $U$  достигнется не будет.

В CO транспортера скорость коробки в нач.  
момент  $v = v_0 - U$

При этом ускорение коробки будет равно  
ускорению в л. с (если  $v_0$  вверх по линии)

коробка затормозит отл. ленты за время  $T$ :

$$aT = U$$
$$a = g$$
$$T = \frac{U - v}{g}$$

пройдет отл. ленты при этом  $L = \frac{v_0^2}{2g}$



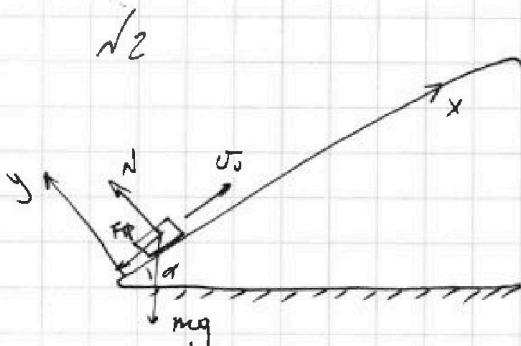
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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



m - масса коробки

$$Ox: \quad ma = F_f + mg \sin \alpha$$

$$Oy: \quad \sqrt{v^2 - v_0^2} = mg \cos \alpha$$

$$\text{коробка скользит} \Leftrightarrow F_f = \mu N$$

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

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

10 -  
1  
40  
10  
400

1) Тогда путь S коробка пройдет за T:

$$v_0 T - \frac{a T}{2} = S$$

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

$$\mu \cos \alpha + \sin \alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} = 1$$

$$v_0 T - \frac{g T^2}{2} = S$$

$$\frac{g}{2} T^2 = v_0 T + S = 0$$

$$D = v_0^2 - 2gS$$

$$T = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS}}{2g}$$

$D < 0 \Rightarrow$  коробка остановится перед окнами

2) Скорость коробки относительно земли

Будет равна:  $v_k = v + u$   $v_k$  - скорость коробки относительно земли в некоторый момент  $u$  - скорость коробки относительно земли в тот же момент.



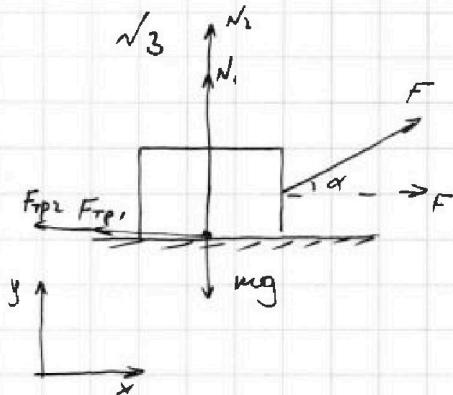
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



если скользят, когда  $\vec{F}$  под

углом к горизонту:

$$ax: F \cos \alpha - F_{p1} = ma,$$

$$ay: F \sin \alpha + N_1 = mg$$

$$F_{p1} = \mu N_1 - \text{сопротивление}$$

$$\sqrt{N_1^2 + mg^2} = F \sin \alpha$$

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

если скользят,  $\vec{F}$  - параллельно горизонту:

$$ax: F - F_{p1} = ma$$

$$ay: \sqrt{N_1^2 + mg^2}$$

$$F_{p1} = \mu N_1 - \text{сопротивление}$$

1) т.к. в обеих случаях скорость  $v_0$  постоянна

за одинаковое время ( $h$  пусть  $J$ ):

$$a_J = a_{hJ} = \frac{v_0}{J} \Rightarrow a = a_J = \frac{v_0}{J}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F \cos \alpha - \mu(mg + F \sin \alpha) = ma \\ F - \mu mg = ma \end{array} \right.$$

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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) Рассмотрим движение  $F$  в обоих случаях:

$$a_x: F_{Tp} = \mu N$$

$$g: N = mg \quad F_{Tp} = \mu N$$

$$a = \mu g$$

тогда:

$$aT = v_0$$

$$T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g}$$

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

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

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 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!

~4

1) Для процесса 12:

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

$$Q_{12} = C_{12} \sqrt{R} \Delta T_{12}$$

$C_{12}$  - молярная теплоемкость в процессе

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{12} - \text{из} \begin{cases} 12, & C_{12} = 2R \\ \text{задачи} & \text{формулы} \end{cases}$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12}$$

$$A_{12} = \sqrt{R} \Delta T_{12} \left( C_{12} - \frac{3}{2} R \right) \quad \Delta T = T_2 - T_1, \quad \text{пользуясь формулой}$$

$$A_{12} = 3 \sqrt{R} T_1 \left( C_{12} - \frac{3}{2} R \right) = \frac{3}{2} \sqrt{R} T_1 \quad T_2 = 4T_1 \quad \Delta T = 3T_1$$

$$A_{12} = 3 \sqrt{R} T_{12} (2 - 1,5) = 3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot \frac{1}{2} \text{Дж} = 881 \cdot 6 \text{Дж} =$$

$$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A}{Q}$$

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

$$A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R} T_{12}$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} R \sqrt{R} \Delta T_{23} + \frac{3}{2} R \sqrt{R} \Delta T_{23}, \quad C_{23} = \frac{1}{2} R \text{ из задачи}$$

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

$$\Delta T_{23} = -4T_1 + 2^{15} T_1 - \text{из задачи}$$

$$A_{23} = \sqrt{R} T_1 (4 - 2^{15})$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$$

$$C_{31} = 2,5 R - \text{из задачи}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$A_{31} = \frac{5}{2} R \sqrt{2 T_{31}} - \frac{3}{2} R \sqrt{2 T_{31}} = \sqrt{R} \sqrt{T_{31}}$$

$$\sqrt{T_{31}} = T_1 - 2^{1.5} T_1 = u_3 \text{ - профиль}$$

$$A_{31} = \sqrt{R T_1} (1 - 2^{1.5})$$

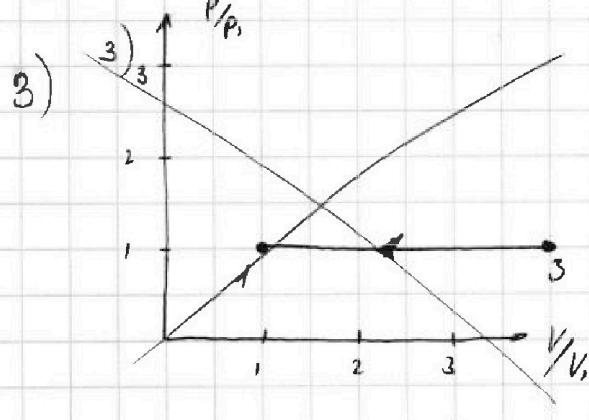
$$A = A_{21} + A_{13} + A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R T_1} + \sqrt{R T_1} (1 - 2^{1.5}) + \sqrt{R T_1} (4 - 2^{1.5})$$

$$A = \sqrt{R T_1} \left( \frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{1.5} \right)$$

$$Q = Q_{12} = 8 R \sqrt{T_1}$$

$$\gamma = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{1.5}}{8 R \sqrt{T_1}} \approx \frac{13}{12} - 2 \cdot \frac{2^{1.5}}{3} \approx 1.08 - 0.913 = 0.17$$

$$\gamma \approx 17\%$$



процесс 31 - изобарный

$$\text{т.к. } c_{31} = c_p = \frac{5}{2} R$$

$$P_1 = P_3$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$V_3 = \frac{T_3}{T_1} V_1 = 2^{1.5} V_1$$

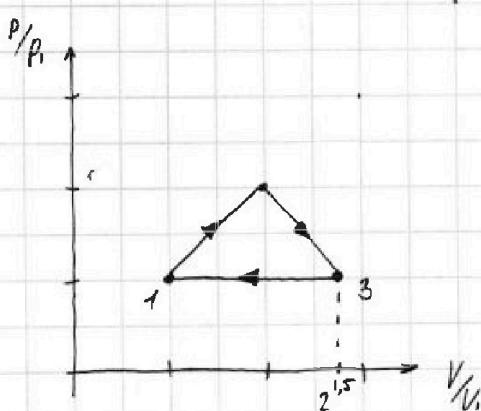
т.к.  $c(T)$  - линейная зависимость

тое участки графика - отрезки

участок 12 работы на

участках 12 и 23:

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) \quad A_{23} = \frac{P_2 + P_3}{2} (V_3 - V_2)$$



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!

учтем, что  $p_1 = p_3$

$$A_{33} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_3 - V_2)$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} = \frac{V_3 - V_2}{V_2 - V_1} \quad V_3 = 2^{1.5} V_1$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} \cdot A_{12} (2^{1.5} V_1 - V_2) = A_{23} (V_2 - V_1) : V_1$$

$$A_{12} (2^{1.5} - \frac{V_2}{V_1}) = A_{23} (\frac{V_2}{V_1} - 1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} \cdot (A_{12} + A_{23}) = 2^{1.5} A_{12} + A_{23}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{2^{1.5} A_{12} + A_{23}}{A_{12} + A_{23}}$$

$$A_{23} = \sqrt{RT_1} (4 - 2^{1.5}) \approx 831 \cdot 400 \cdot (4 - 2^{1.5})$$

$$\approx 831 \cdot 5 \approx 4155 \text{ дж}$$

$$\frac{V_2}{V_1} \approx \frac{2^{1.5} \cdot 5000 + 4150}{4150 + 5000} = \frac{18200}{9150} \approx 2$$

$$A_{12} = (p_1 + p_2) \frac{V_1}{2}$$

$$\text{последнее} \quad p_2 V_2 = 4 \sqrt{RT_1}$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 4 \frac{V_2}{V_1} = 2$$

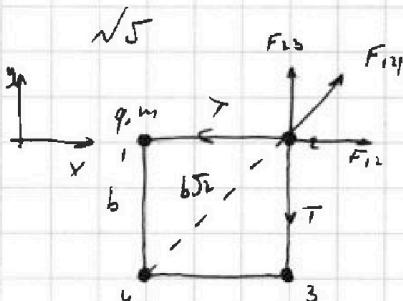
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <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!



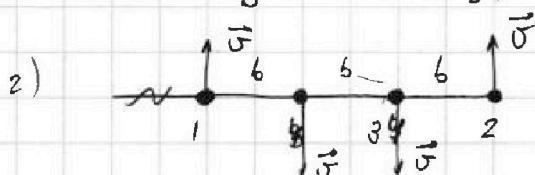
$F_{ij}$  - сила взаимодействия  $i$ -й и  $j$ -й зарядов.

1)  $U_3$  интегрируя все силы получим равен. Тогда достаточно начать рассмотреть один заряд:

$$\text{л: } T = F_{12} + F_{14} \cos 45^\circ \quad \alpha = 45^\circ$$

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

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



Начальная энергия системы  $W_0$ :

$$W_0 = 4k \frac{q^2}{b} + 2k \frac{q^2}{3b}$$

Энергия в момент, когда заряды на одной прямой:

$$W = 4 \cdot \frac{m_0^2}{2} + 3k \cdot \frac{q^2}{b} + 2k \cdot \frac{q^2}{2b} + k \frac{q^2}{3b}$$

Зад: скорость 1 и 2, шарика 6 этот момент

будут непарно, рабы исходи из симметрии, и направления нити. Суммарный импульс системы = 0, тогда все скорости равны.

$$\text{ЗСЭ: } W = W_0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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

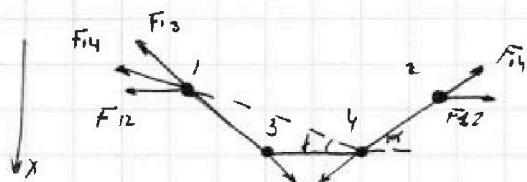
$$2m\omega^2 + 4k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{3b} = 4k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{6b^2}$$

$$2m\omega^2 = k \frac{q^2}{b} (4 + \sqrt{2} - \frac{1}{3} - 4)$$

$$\omega^2 = k \frac{q^2}{2mb} (\sqrt{2} - \frac{1}{3})$$

$$\omega = \sqrt{k \frac{q^2}{mb} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{6} \right)}$$

3) Система в некоторый момент времени:



Ускорения паров 3 и 4 равны и направлены

вдоль соединяющей их линии

$$x: F_{13} \sin \alpha + F_{23} \sin \beta = m \ddot{x}$$

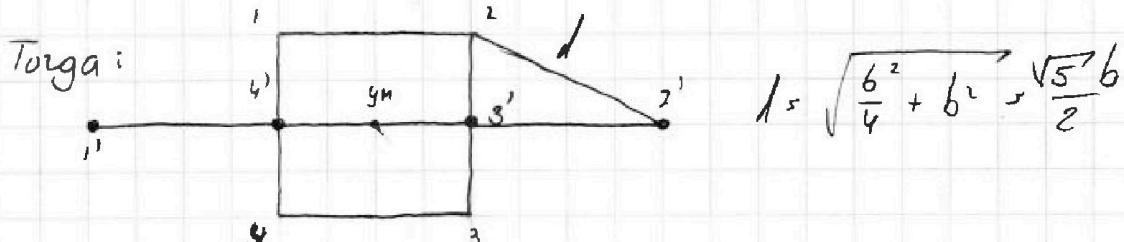
$\dot{y}_{3,4} = 0$   $\alpha, \beta = 0$  - все это видно

Тогда положение центра масс системы в

нач. и кон. момента совпадают:

В нач. момент центр масс - центр квадрата

В кон. момент - центр отрезка 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!



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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

На 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!

$$F_{\text{сост}} - F_{\text{тр1}} = a_1$$

$$F - F_{\text{тр2}} = a_2$$

$$V_0 = a_1 t$$

$$q = \frac{\pi}{2} R = 2,5$$

$$3 \cdot 831 + 400 \cdot \frac{1}{2} = 831 \cdot 6$$

1

831

5

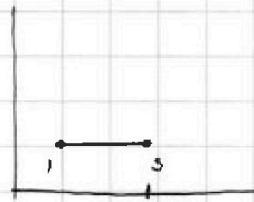
4986

$$\gamma = \frac{A}{Q}$$

Множество чисел

13  
13  
39

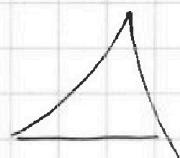
77  
77  
539  
539  
5929



$$\rho, V_1 = T_1$$
$$\rho, V_3 = 2^{15} T_3$$

$$V_3 = 2^{15} V_1$$

$$2^{15} \cdot 2^{\frac{3}{2}} = 52^3$$



$$\frac{3}{2} + 1 - 2^{15} + 4 - 2^{15}$$

$$2^{15}$$

$$\frac{5+8}{2} = \frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{15}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ 12 \\ \hline 100 \\ 108 \\ \hline 16 \\ 16 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$2^{15}$$

$$2^{15} = \sqrt{2}^3 \quad \sqrt{2} \approx 1,4$$

$$\begin{array}{r} 2,74 \\ 27 \\ \hline 50 \\ 0,913 \\ 0,9 \\ \hline 1080 \\ 9915 \\ \hline 17 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 94 \\ 56 \\ 142 \\ 198 \\ 14 \\ 784 \\ 196 \\ 2744 \end{array}$$

$$\frac{27}{3}$$

$$2,744$$

$$2,8$$

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!

$$v_0 \cos \alpha J = S$$

$$J = v_0 \cos \alpha$$

5

✓28

$$v_0 \sin \alpha J - \frac{g J^2}{2} = H$$

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

$$\begin{matrix} 53 \\ 53 \\ 159 \\ 265 \\ 2809 \\ 5,3 \end{matrix}$$

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

$$S \tan \alpha = \frac{g J^2}{2 v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1) = H$$

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

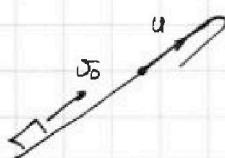
$$H_{\max} = -\frac{b}{2a}$$

$$f g \alpha = \frac{2 S v_0^2}{2 g s^2}, \quad \frac{v_0^2}{g s^2} = \frac{400}{200} = 2$$

$$40 - 10 - \frac{400.0}{400 \cdot 2} = 40 - 15 = 25 \text{ м}$$

$$\begin{matrix} 13 \\ 12 \\ 10 \\ 4 \end{matrix} \begin{matrix} 16 \\ 2,2 \\ 16 \\ 16 \end{matrix}$$

✓2



$$s = v_0 T - \frac{g T^2}{2}$$

$$1 = 4T - 5T^2 \quad \frac{10 \cdot 0.16}{2}$$

$$4 = 16 - 20$$

$$\frac{v_0}{a}, J, g, t$$

$$5T^2 - 4T + 1 = 0$$

$$16 - 5 \cdot 0.08 = 12$$

$$D = 16 - 20$$

$$\frac{8}{5}$$

$$40$$

$$\frac{16}{2 \cdot 10},$$

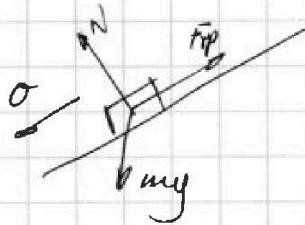
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

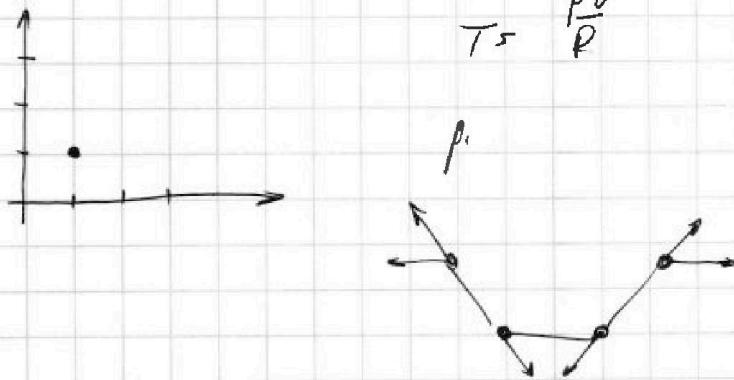


$$\frac{2}{5} \quad 0,2c$$

$$\frac{4}{20} \quad 0,2 \\ 2 \cdot 0,2 = 0,4$$

$$\frac{10}{1,5} \quad \frac{15}{3} \\ 0,36$$

$$16 \quad \frac{4 \cdot 5}{69} \rightarrow \frac{20}{30}$$



$$\frac{2}{3} \\ \rightarrow 2 \\ 1,96 \\ 1,4 \\ 484 \\ 1,96 \\ 2,744 \\ 2,75$$

F

$$T_0 = 4T_1$$

$$p_1 V_1 = T_1$$

$$p_2 V_2 = T_2$$

$$pV = T \\ 4pV = 4T$$

$$2^{1,5} \approx 1,4^3 \approx 2,75$$

$$I_n = \pi \cdot 4906 \text{ kN}$$

$$\frac{11}{4} \cdot 5000$$

$$A_{23} = 8,31 \cdot 400 \cdot (4 - 2,75)$$

$$831 \cdot 4 \cdot \frac{5}{4}$$

$$11 \cdot 1250$$

$$\begin{array}{r} 1250 \cdot 1 \\ 125 \\ \hline 14050 \end{array}$$

$$\frac{18200}{9150}$$