

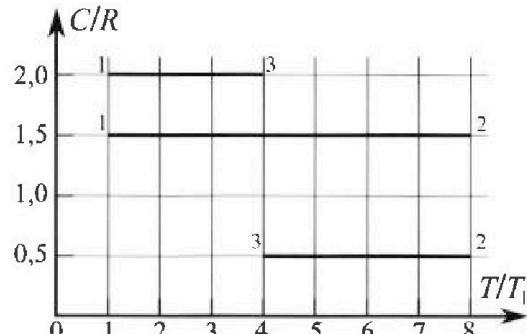
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

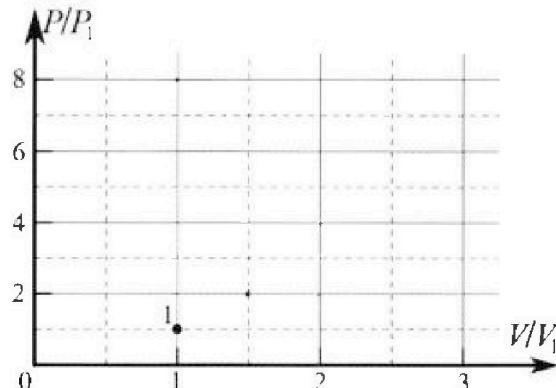


*Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 200$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).

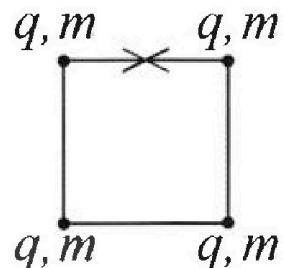


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны лёгкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

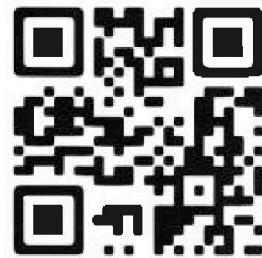
- 1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию  $K$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)? Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





# Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023



## Вариант 10-02

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

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

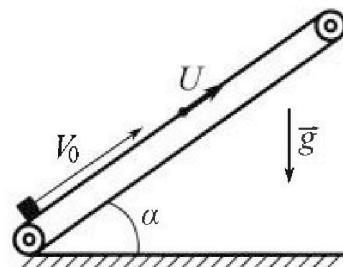
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).  
В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6 \text{ м/с}$ . Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1 \text{ с}$ ?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1 \text{ м/с}$ , и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6 \text{ м/с}$  (см. рис.).

2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

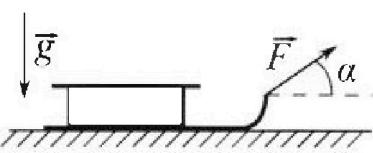
$$U = 1 \text{ м/с}?$$

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии  $K$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

№1.

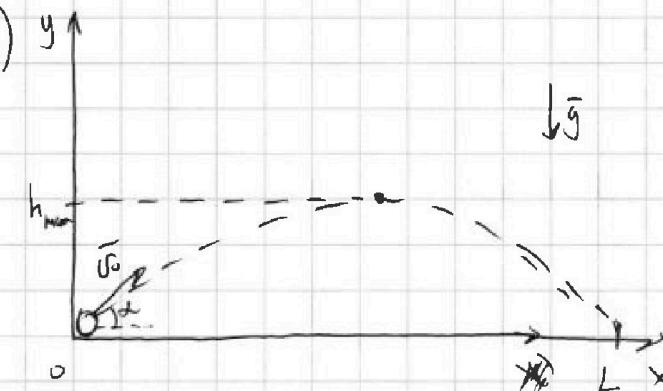
Дано:

$$\begin{aligned}L &= 45^\circ; \\L &= 20 \text{ м}; \\H &= 3,6 \text{ м}; \\g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\end{aligned}$$

1)  $v_0 = ?$

2)  $S = ?$

Решение:



Рассмотрим движение частицы из точки  $O$  вдоль  $Oy$ :

по оси  $Ox$ :  $\frac{d}{dt} L = v_{ox} t + \frac{a_{ox} t^2}{2}$  - уравнение равнозамедленного прям. движения.  
 $a_{ox} = 0$  (из-за  $g \perp Ox$ )

по  $Ox$ :  $L = v_0 \cos L t$ , где  $t$  - время полёта частицы.

За это время  $t$  частица поднялась на высоту  $H_{max}$  и спускается с неё. Время падения и спуска  
одинаково в силу симметрии траектории (параллолия)

$\Rightarrow t = 2t_{падения}$ , где  $t_{падения}$  - время падения;

из уравнения скорости в направлении  $Oy$ :  $v_y$

$v_y = v_{oy} + a_{oy} t_{падения}$ , где  $v_{oy}$  - скорость проекции скорости

по  $Oy$  в момент полёта (равна нулю),  $v_{oy} = 0$ ;  $a_{oy} = g \sin L$ ;

$a_{oy} = g \Rightarrow 0 = v_{oy} - g t_{падения} = v_0 \sin L - g t_{падения}$

$$\Rightarrow \frac{v_0 \sin L}{g} t_{падения} = \frac{v_0 \sin L}{g}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



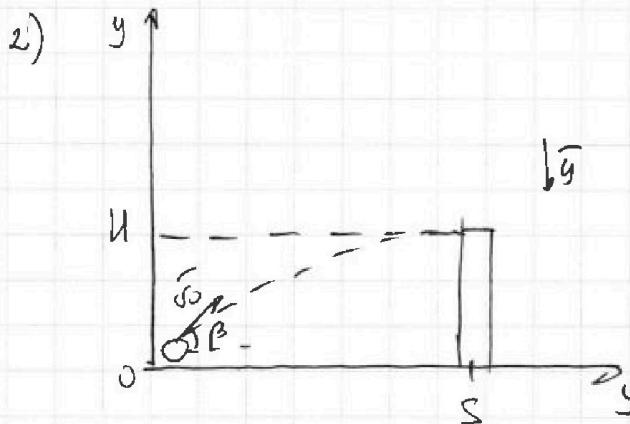
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\beta}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{22m \cdot 10 \frac{m^2}{s^2}}{\sin(2 \cdot 45^\circ)}} = \sqrt{\frac{200 \frac{m^2}{s^2}}{1}} = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$



Рассмотрим движение,  
где упрощается гранический  
угол наклона  $\beta$ ,

точка в движении по дуге.

$$S = v_0 \cos \beta t_2, \quad t_2 - \text{время полета снаряда;}$$

$$\text{по } Oy: H = v_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt_2^2}{2};$$

$$\text{тогда } t_2 = \frac{S}{v_0 \cos \beta} \Rightarrow H = v_0 \sin \beta \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{g \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}}{2},$$

$$H = \tan \beta S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = \frac{2 S v_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H_{\max} \xrightarrow{\text{найдем}} \text{найдем сначала } \text{по } Oy: H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2gh}{S_0}} \quad \text{тогда } t_{\text{ноготак}} = \frac{v_0 \sin \beta}{g} = t_2$$

$$\Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{2gh}{S_0^2}} = \frac{\sqrt{S_0^2 - 2gh}}{S_0}$$

$$\Rightarrow S = \frac{v_0 \cdot \sqrt{2gh}}{g \sqrt{S_0^2 - 2gh}} = \frac{\sqrt{2gh(v_0^2 - 2gh)}}{g v_0} \neq S_0$$

Найденные значения неудачны

$$S = \frac{32 \cdot 3}{100\sqrt{2}} \text{ м}$$

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 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!

№2.

Дано:

$$sm\alpha = 0,0$$

$$U_0 = 6 \frac{m}{s},$$

$$\mu = 0,5,$$

$$T = 10,$$

$$U = 1 \frac{m}{s}$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

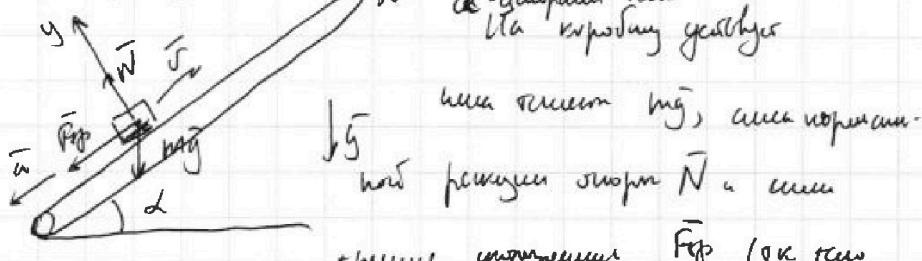
1)  $S = ?$

2)  $T_1 = ?$

3)  $L = ?$

Решение:

1) В приведенных шестигранниках: ( $g_0 = T = 10$ ), где  $\bar{G} = \bar{m}g$  - сила тяжести;  $\bar{N}$  - сила нормали;  $\bar{F}_{fr}$  - сила трения скольжения;  $\bar{F}_p$  - сила трения качения.



По II закону Ньютона:

$$m\bar{g} + \bar{N} + \bar{F}_p = m\bar{a}, \text{ т.е. } m\bar{g}, \bar{N} \text{ и } \bar{F}_p \text{ в едином}$$

движении параллельно, а - постоянное ускорение

При ; Запишем II закон Ньютона в проекциях на  $Ox$  и  $Oy$ :

$$\text{по } Oy: N_y + m g y + F_{py} = m a_y$$

$$N - m g \cos \alpha = 0$$

$$\Rightarrow N = m g \cos \alpha$$

$$\text{по } Ox: N_x + m g x + F_{px} = m a_x$$

$$- m g \sin \alpha - F_{px} = - m a_x | \cdot (-1)$$

по закону инерции - кинематике:  $F_{px} = \mu N = \mu m g \cos \alpha$

$$\Rightarrow m g \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha = m a_x | : m$$

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

$\Rightarrow$  Запишем уравнение приведенного пути качения

$$\text{движения по } Ox: S_x = U_0 T + \frac{\alpha \cdot T^2}{2} (\text{за время } T), \text{ т.е.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

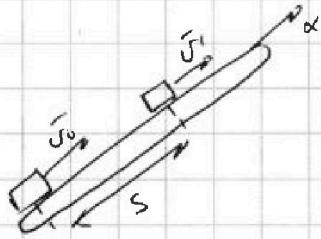
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!



$$S_x = S, v_{0x} = v_0, a_x = -a = -g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)$$

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

$$S = 6 \frac{m}{s} \cdot 1s - \frac{10 \frac{m}{s^2} (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) (1s)^2}{2} = (6 - 5)m = 1m$$

$$\begin{aligned} (\cos\alpha &= \sqrt{1 - \sin^2\alpha} \text{ (по основн. тригонометрии)}) \\ &= \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8 \end{aligned}$$

2) Рассмотрим второй отрезок CO цепи, опуска

$$v_{0m} = v_0 - u, \text{ где } u - \text{ скорость коробки относительно цепи;}$$

т.к. цепь движется равномерно, скорость коробки

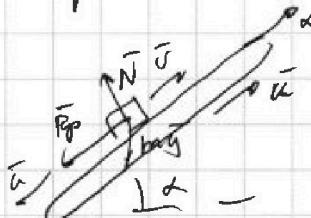
равна сумме скоростей цепи и коробки  
вдоль бремени T, скорость коробки должна

$$v_K = u - u = 0, \text{ т.е. } v_K \text{ скорость коробки относ.}$$

цепи через T, т.е. коробки относительно цепи. Используем

в ИСД цепи Рассмотрим цепь, движущуюся по наклонной

в втором отрезке: (в прямолинейном движении).



т.к. цепь движется не, нам в наклоне 1,

а y цепь нет ускорения,

$$\Rightarrow a = g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha) \text{ аксиома гипотезы;}$$

Прич. в наклонном движении коробка

в 2-м наклонном CO на оси x: (две коробки)

$$v_{0x} = v_{0x} + a_x t, \text{ (одна при } t = T), \text{ т.е.}$$

$$v_{0x} = u; v_{0x} = v_0; a_x = -g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

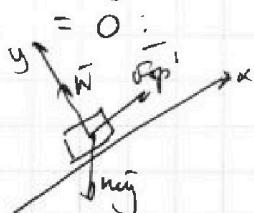
последний  $U = U_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{U_0 - U}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

$$T_1 = \frac{\frac{6 \text{ м}}{2} - 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{6 \text{ м}}{2} \cdot (0,6 + 0,5 \cdot 0,8)} = 0,5 \text{ с}$$

3) Рассмотрим убывание горбыши до второго  
шага:

из пункта 2 знаем, что до момента  $T_1$  горбыши  
убываю от положения стоя, в  $T_1$  останавливаются

относительно них. Чтобы доказать, что дальше  
они не могут удаляться и убываю равномерно,  
суммируем все силы, действующие на горбыши, учитывая



тогда  $F_{p1}'$  - это трение скольжения, должны  
действовать коэффициент трения  $\mu N$  по  $Ox$ ;

затем, что  $F_{p1}' \leq \mu N \Rightarrow \mu N \cos \alpha = 0,5 \text{ кг} \cdot 0,8 =$

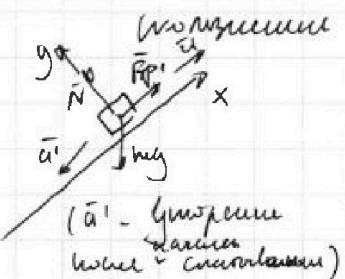
$$= 0,4 \text{ кг}$$

$\Rightarrow F_{p1}' \leq 0,4 \text{ кг}$ ; то бишь если  $N \sin \alpha = mg \cdot \sin \alpha$

$$= 0,6 \text{ кг} \Rightarrow F_{p1}' - mg \sin \alpha = 0,4 \text{ кг} - 0,6 \text{ кг} \neq 0 \quad (\text{такое}$$

может быть проходит на  $Ox$ ): тогда горбыши скользят  
вправо вниз, а  $F_{p1}' = \mu N = 0,4 \text{ кг}$  и не скользят

скользя  $\Rightarrow$  по  $Oy$  горбыши движутся:



на  $Oy$ :  $N - F_{p1}' \cos \alpha = 0$

$N = F_{p1}' \cos \alpha \Rightarrow$  проекция скользящего блока

на  $Ox$ :  $-N \sin \alpha + F_{p1}' \sin \alpha = -ma'$

$$\Rightarrow ma' = 0,6 \text{ кг} \cdot 0,8 - 0,4 \text{ кг} = 0,2 \text{ кг}$$

$$\Rightarrow a' = 0,2 \text{ г}$$

тогда в момент остановки убываю горбыши движутся вправо в  $Ox$ :

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"/> |

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

МФТИ

$$L_x = \frac{U_x^2 - U_{\infty}^2}{2 \alpha_x}, \text{ где } L_x = 4, U_{\infty} = 1; U_x = 0; \alpha_x = -0,2g$$

$$\Rightarrow L_1 = \frac{0 - 1^2}{-2 \cdot 0,2g} = \frac{1}{0,4g} \quad L_1 - \text{расстояние от горизонта прохода узла } 1 \text{ до оканчивающей}$$

$$L_1 = \frac{(1m)^2}{0,4 \cdot 0,2g} = 0,125m \quad \Rightarrow L = L_1 + \frac{U_2^2 + U_3^2}{2} \cdot T_1 \quad \begin{matrix} \text{относ. земли} \\ \text{относ. горизонта} \end{matrix}$$

Ответ:  $S = 1m; T_1 = 0,5s; L = 0,125m + 0,125m = 0,25m$

$$\frac{U_2^2 + U_3^2}{2} \cdot T_1 = \frac{1,25 + 0,25}{2} \cdot 0,5 = 0,75m$$

$$\Rightarrow L = 0,125m + 0,75m = 0,875m$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

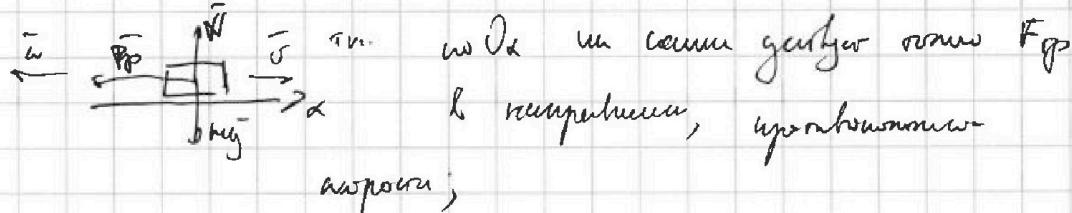


- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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

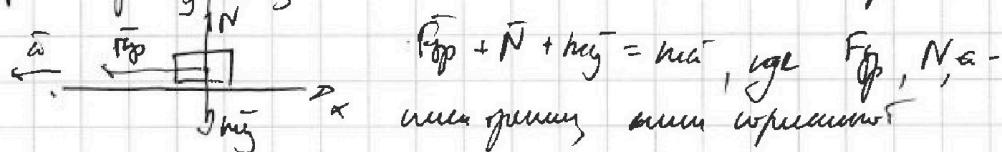
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Чтобы найти, когда линия F перестанет скользить и сажат,  
достаточно:



Чтобы найти начальную горизонтальную сажат  
предварительно имея значение  $\kappa = \frac{m\omega^2}{r}$ , где  $\omega$  - угловая  
скорость на начальном горизонте  $\Rightarrow r = \sqrt{\frac{2\kappa}{m}}$

Рассмотрим  $\ddot{x}$  задачу для горизонтальной сажат горизонталей:



Получим общие уравнения для начального горизонта:

$$\text{Po } \ddot{x}: N - mg = 0 \\ \Rightarrow N = mg;$$

По  $\dot{x}$ :  $-F_f = -ma$ , но ясно, что сажат - касательный

$$F_f = \mu N = \mu mg = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} mg$$

$$\Rightarrow \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} mg = ma \Rightarrow a = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} g$$

Чтобы определить движение вдоль траектории (радиуса),  
используя (предыдущий) получим  $s$ :

$$\text{по } \dot{x}: s_x = \frac{v_x^2 - v_0^2}{2a}, \text{ где } s = \int v_x dx; v_0 = 0 \text{ (начала)} \\ v_0 = 0; a_x = -\frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} g$$

$$\Rightarrow s = \frac{-v^2}{-2(1 - \cos \theta) g} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} g = \frac{K \sin \theta}{(1 - \cos \theta) g}$$

$$\text{Отсюда: 1) } \mu = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta}; 2) S = \frac{K \sin \theta}{(1 - \cos \theta) g}$$



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

№3.

Дано:

$g; K; L; \omega_0$  - угловое

$$F_i = F_0 \cos \alpha$$

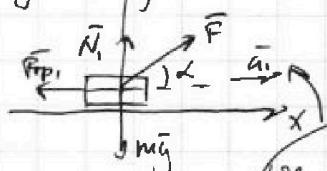
$$1) m = ?$$

$$2) S = ?$$

Решение:

1) для удобства обозначим приложенные силы  $\bar{F}$   
в одинаковом направлении (т.к. они усиливают друг друга)

1 способ:



По замечанию профессора  
кинематика Тимирязева

$$\Delta E_k = \sum \Delta E_{\text{показан}} \\ A_1 - \text{ударение} \quad F_{\text{норм}} \cdot L \text{ (если вспомогательные силы)} \\ F_{\text{норм}} - \text{силы трения} \quad F_{\text{норм}} \cdot L \text{ (если силы трения не учтены)} \\ N_1 - \text{силы подъема при ударе} \quad \text{ударе}$$

т.е. движение кинематика движется

равно вектор суммы; т.к.  $N_1$  и  $mg$   $\perp$  направлению

движения, ее работа  $= 0$ ,  $\Rightarrow \Delta E_k = AF + AE_{\text{норм}}$

$$\Delta E_k = E_{\text{kinетика}} - E_{\text{ potential}} , \text{ в начальном } E_{\text{ potential}} = 0$$

$$\Rightarrow \text{т.к. } E_{\text{kinетика}} = K$$

$$\Delta E_k = K - 0 = K$$

$$\Rightarrow K = AF + AE_{\text{норм}}$$

$A_F = F \cdot L; \omega_0 \propto L$ , (т.к.  $F$ - постоянна), где  $L$  - путь, пройденный  
при действии силы  $F$  на систему;

$$AE_{\text{норм}} = F_{\text{норм}} \cdot L; \omega_0 \propto L$$
, движение, что  $F_{\text{норм}}$  постоянна.

то броски движение:

т.к.  $F$  кинематика движется т.к. движение,

и new force удовлетворяет условию  $F$ :

$$\text{Po II закону Ньютона } v; \text{ т.к. Oy:} \\ N_1 + mg + F + F_{\text{норм}} = ma$$

$$N_1 - mg + F \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F \cdot \sin \alpha$$

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. Перечис QR-кода недопустим!

на О<sub>x</sub>:  $F_{\text{сост}} - F_{\text{тр}} = ma$ ,

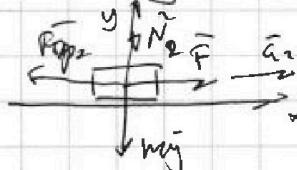
на ярую стационар - Нормали  $F_{\text{нр}} = \mu N_1 = \mu (mg - F_{\text{сост}})$

$\Rightarrow F_{\text{тр}} = mg - \mu N_1$

$\Rightarrow A_{F_{\text{тр}}} = -\mu (mg - F_{\text{сост}}) L_1$

$\Rightarrow K = F_{\text{сост}} L_1 - \mu (mg - F_{\text{сост}}) L_1 = L_1 (F_{\text{сост}} - \mu mg + \mu F_{\text{сост}})$

для 2го яруя:



то  $F_{\text{тр}} = \text{сострение}$

то  $N_1 = \text{нормальная сила}$

$N_2 = \text{сила реакции от яруя}$

то  $mg = \text{сострение}$

$F = \text{сострение во втором яруе}$

на О<sub>y</sub>:  $N_2 - mg = 0$

$\Rightarrow N_2 = mg$

на О<sub>x</sub>:  $F - F_{\text{тр}} = ma$ ; на ярую стационар - Нормали  $F_{\text{нр}} = \mu N_2 =$

$= \mu mg - \text{сострение волнистости}$

$\Rightarrow \text{активное сопротивление} K = A_F + A_{F_{\text{тр}}}$

$A_F = F \cdot L_2 \cdot w_{\text{ст}}$ , где  $L_2 = \text{нагрузка}$  разложена на  $L_2 \cdot w_{\text{ст}}$  (второй ярус)  $= F \cdot L_2$

$A_{F_{\text{тр}}} = F_{\text{тр}} \cdot L_2 \cdot w_{\text{ст}} / w = -\mu mg L_2$

$\Rightarrow K = F L_2 - \mu mg L_2$ , т.е. сопротивление

одинаково,  $L_1 = L_2$

$K = \frac{1}{2} (F_{\text{сост}} - \mu mg + \mu F_{\text{сост}}) = \frac{1}{2} (F - \mu mg)$

$F_{\text{сост}} - \mu mg + \mu F_{\text{сост}} = F - \mu mg$

$w_{\text{ст}} L + \mu w_{\text{ст}} L = 1 \Rightarrow m = \frac{1 - w_{\text{ст}} L}{w_{\text{ст}} L}$

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!

✓ 4.

Дано:  $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$

$$T_1 = 200^\circ\text{K}$$

$$R = 831 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$$

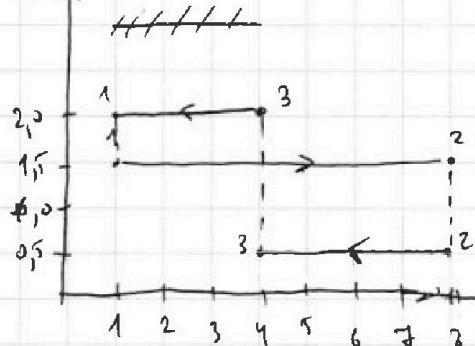
$$1) A_{31} - ?$$

$$2) \eta = ?$$

$$3) P/P_1 (V/V_1)$$

Решение:

$$C/R$$



Так  $T_2 = T_1$  предположим

Q12, 23, 31

C - постоянство,

изменение Q23

изменение V1234:

$$Q_{12} = \rho C_{12} (T_2 - T_1), \text{ где } C_{12} = 1,5 R \text{ (из условия)}, T_2 = T_1$$

$$\Rightarrow Q_{12} = \rho \cdot 1,5 R \cdot (3T_1 - T_1) = 1,5 \rho R \cdot 2T_1 = 1,5 \rho R T_1, \text{ - теплота изогрева}$$

$$Q_{23} = \rho C_{23} (T_2 - T_1), \text{ где } C_{23} = 0,5 R, T_{32} = T_1 \text{ (из условия)}$$

$$\Rightarrow Q_{23} = \rho \cdot 0,5 R (4T_1 - 3T_1) = -0,5 \rho R T_1 = -0,5 \rho R T_1, \text{ - охлаждение}$$

изогрева;

$$Q_{31} = \rho C_{31} (T_1 - T_3) \text{ где } C_{31} = 2R, T_{31} = T_1 \text{ (из условия)}$$

$$Q_{31} = \rho \cdot 2R (T_1 - 4T_1) = -3 \cdot 2 \rho R T_1 = -6 \rho R T_1, \text{ - охлаждение}$$

изогрева;

Рассмотрим случай изменения приусы:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \rho R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \rho R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \rho R \cdot 2T_1 = 3 \rho R T_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \rho R \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \rho R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \rho R (4T_1 - 3T_1) = \frac{3}{2} \rho R \cdot (-T_1) =$$

$$= -\frac{3}{2} \rho R T_1$$

$$\Delta U_{31} = \cancel{\frac{3}{2} \rho R T_{31}} = \frac{3}{2} \rho R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \rho R (4T_1 - 2T_1) = -3T_1 \cdot \frac{3}{2} \rho R =$$

$$= -4,5 \rho R T_1$$

При  $\Delta U$  в первом изображении получим

$$\text{изогрева } 3-1: Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} \Rightarrow A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = -6 \rho R T_1 +$$

$$+ 4,5 \rho R T_1 = -1,5 \rho R T_1$$

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!

$$\Rightarrow A_{31\text{наг}} = -A_{31} = 1,5 \sqrt{RT_1}$$

$$\Rightarrow A_{31\text{наг}} = 1,5 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К моль}} \cdot 200 \text{ К} = 2493 \text{ Дж}$$

$$\eta_{\text{наг}} = \frac{\sum A}{Q_u} = \frac{Q_u - Q_x}{Q_u} = 1 - \frac{Q_x}{Q_u}$$

$$-Q_x = Q_{23} + Q_{31} \quad (\text{так как они отыгруются})$$

$$Q_u = Q_{12}$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{наг}} = \eta = 1 - \frac{(Q_{23} + Q_{31})}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{(-2\sqrt{RT_1} - 6\sqrt{RT_1})}{10,5 \sqrt{RT_1}}$$

$$= 1 - \frac{8\sqrt{RT_1}}{10,5 \sqrt{RT_1}} = \frac{10,5 - 8}{10,5} = \frac{35}{10,5} = \frac{5}{21}$$

Найдем разность  $A_{12}$ ,  $A_{23}$  из первых имеющихся термодинамических законов длины проходки:

$$\text{закон 1: } Q_{12} = 0,1n + A_{12}$$

$$10,5 \sqrt{RT_1} = 10,5 \sqrt{RT_1} + A_{12} \Rightarrow A_{12} = 0$$

$\Rightarrow$  нулевая широкий / узкий / узкий

или замкнутый Менделеев-Капиллярный зазор при  $T_2$

$$P_2 V_2 = \sqrt{RT_2} = 8 \sqrt{RT_1}, \quad \text{значит зазор при } T_2$$

$$P_1 V_1 = \sqrt{RT_1} \Rightarrow P_2 V_2 = 8 P_1 V_1; \quad \text{так } V_1 - \text{всегда зазор}$$

процесс 1-2  $\Rightarrow P_2 = 8 P_1$  (так  $V_2 = V_1$ )

$$\text{закон 2-3: } Q_{23} = 0,1V_{23} + A_{23}$$

$$\Rightarrow -2\sqrt{RT_1} = -6\sqrt{RT_1} + A_{23}$$

$$\Rightarrow A_{23} = 4\sqrt{RT_1} - \text{ нулевая расширение,}$$

так  $A_{23} > 0$ ;

или замкнутый Менделеев-Капиллярный зазор  $P_3$ :

$$P_3 V_3 = \sqrt{RT_3} = 4\sqrt{RT_1} = 4 P_1 V_1$$

Все имеющиеся начальные условия должны быть учтены

$$A_{1231} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0 + 4\sqrt{RT_1} + 10,5 \sqrt{RT_1} = 2,5 \sqrt{RT_1} = 2,5 P_1 V_1$$



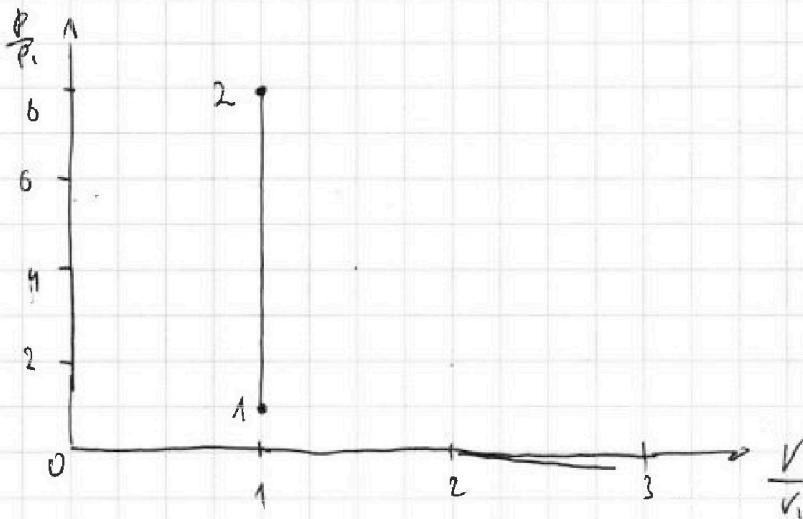
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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!

№5.

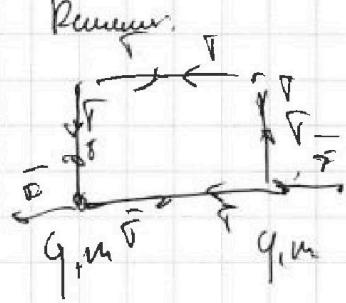
Дано:

$$F = u \cdot \epsilon_0$$
$$|q|?$$

$$R = ?$$

$$d = ?$$

Решение:



$$F = \frac{k |q|^2}{\epsilon_0 R^2} = F$$
$$|q| = \sqrt{\frac{\epsilon_0 u^2 F}{k}}$$

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!

1 2 3 4 5 6 7

1.  $\frac{7P_1 \cdot 0V}{3\Omega} = 3,5kA$

2.  $\frac{2,5}{2} = \frac{5}{2}$

3.  $= \frac{3}{5} = 1,4$

4.  $0,8 \text{ кг} \cdot 0,5$

5.  $0,8 \text{ кг} \cdot 0,5$

6.  $P_1 V_2 - 5,6 =$

7.  $\frac{2,5}{10,5} = 0,23$

8.  $6,6 P$

9.  $\frac{28,5}{100} = 0,285$

10.  $\frac{2,5 \cdot 12}{100} = 0,3 \text{ кН} + \sqrt{\frac{2H}{g}}$

11.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

12.  $\sqrt{\frac{2H}{g}} \cdot \sqrt{1 - \frac{2H}{100}}$

13.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

14.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

15.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

16.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

17.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

18.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

19.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

20.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

21.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

22.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

23.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

24.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

25.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

26.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

27.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

28.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

29.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

30.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

31.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

32.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

33.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

34.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

35.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

36.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

37.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

38.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

39.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

40.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

41.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

42.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

43.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

44.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

45.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

46.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

47.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

48.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

49.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

50.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

51.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

52.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

53.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

54.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

55.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

56.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

57.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

58.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

59.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

60.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

61.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

62.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

63.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

64.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

65.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

66.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

67.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

68.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

69.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

70.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

71.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

72.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

73.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

74.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

75.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

76.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

77.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

78.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

79.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

80.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

81.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

82.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

83.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

84.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

85.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

86.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

87.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

88.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

89.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

90.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

91.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

92.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

93.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

94.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

95.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

96.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

97.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

98.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

99.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$

100.  $\frac{2H}{100} = \frac{2H}{50} = \frac{2H}{50}$