Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

+1

Шифр 126362

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Воронов Артём Леонидович

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Серпухов

МОУ СОШ №9 с УИОП

Регистрационный номер ШМ 4031

Вариант задания 25

Дата проведения "26" 02 2017 г.

Подпись участника

92 (девяносто два)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	1	1	1	1	0,75	1	0,5	
8	8	10	10	10	10	10	8	12	6	

$\Sigma = 92$

126362

Шифр ______________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

362

Вариант № 25

№1.

Дано:

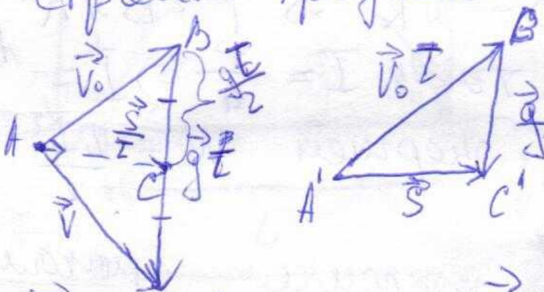
$\Delta t = \tau = 1c$

$g = 9{,}87 \frac{м}{с^2}$

$s - ?$

Решение

Строим треугольник скоростей и перемещений



Заметим, что ~~медиана~~ если в прямоуг. Δ скоростей медиана AC, то $\Delta ABC \sim \Delta A'B'C'$, т.к. $\vec{V_0} \parallel \vec{V_0}\tau$ и $g\tau \parallel \frac{g\tau^2}{2}$ и $\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'C'}{BC} = \frac{\tau}{1}$

$\Rightarrow \frac{\vec{AB}}{\vec{A'B'}} = \frac{\vec{AC}}{\vec{A'C'}} \Rightarrow \frac{\vec{V_0}}{\vec{V_0}\tau} = \frac{\vec{AC}}{\vec{S}} \Rightarrow \vec{AC} = \frac{\vec{S}}{\tau}$. Тогда т.к. в прямоуг. Δ медиана = половинна гипотенузы $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{S}{\tau} = \frac{g\tau}{2} \Rightarrow S = \frac{g\tau^2}{2} = \frac{9{,}87 \frac{м}{с^2} \cdot 1с^2}{2} = 4{,}935\ м$

Отв: $\frac{g\tau^2}{2} = 4{,}935 м.$

+

№2

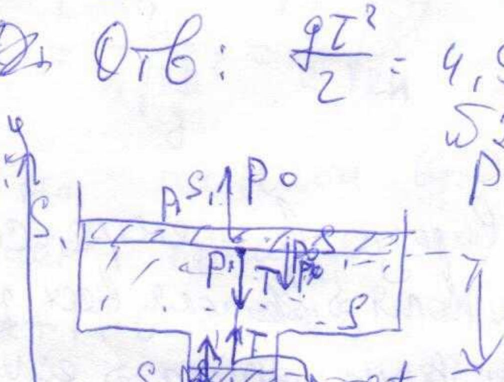
Дано:

S_1, S_2

L

ρ

$T - ?$



Решение

1) Пусть под первым поршнем давление p_1, тогда т.к. поршень невесом, то по 2-му з-ну Ньютона $\Sigma\vec{F} = 0 \Rightarrow$ на поршень в проекц. на Oy: $0 = p_1 S_1 - T - p_0 S_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ a) $T = S_1(p_1 - p_0)$.

2) Т.к. 2 поршень находится „глубже" чем первый на L $\Rightarrow$ давление над ним $p_1 + \rho g L$. Тогда по 2-му з-ну Ньютона на невесом. поршень: Oy: $T + p_0 S_2 = (p_1 + \rho g L) S_2 \Rightarrow$ б) $T = S_2(p_1 + \rho g L - p_0)$

3) Из (а) имеем $p_1 - p_0 = \frac{T}{S_1}$, подставим в (б):

$T = S_2\left(\rho g L + \frac{T}{S_1}\right) \Rightarrow T = \rho g L S_2 + T\frac{S_2}{S_1} \Rightarrow T\left(1 - \frac{S_2}{S_1}\right) = \rho$

$\Rightarrow T(S_1 - S_2) = \rho g L S_1 S_2 \Rightarrow T = \frac{\rho g L S_1 S_2}{S_1 - S_2}$

Отв: $T = \frac{\rho g L S_1 S_2}{S_1 - S_2}$. (+)

№9

Решение

Дано:

R

L

A, $\alpha = 90^\circ$

$B - ?$

После поворота на 90° поток стал равен $Ф = B \cdot S$ ~~cos 90~~ (т.к. теперь $\vec{B} \perp$ пл-сти кольца), где $S = \pi R^2 \Rightarrow Ф = B\pi R^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ т.к. стал течь ток $I = \frac{Ф}{L} \Rightarrow I = \frac{B\pi R^2}{L} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Теперь кольцо обладает энергией $W = \frac{LI^2}{2} =$

$= \frac{L}{2} \cdot \frac{B^2\pi^2R^4}{L^2} = \frac{B^2\pi^2R^4}{2L}$, причем сначала $I_0 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow W_0 = 0$

По ЗСЭ: $W_0 + A = W$ (других энергий и работ нет) $\Rightarrow A = W - W_0 = \frac{B^2\pi^2R^4}{2L} \Rightarrow B^2 = \frac{2LA}{\pi^2R^4} \Rightarrow B = \frac{\sqrt{2LA}}{\pi R^2}$

Отв: $B = \frac{\sqrt{2LA}}{\pi R^2}$ (+)

№6.

Решение

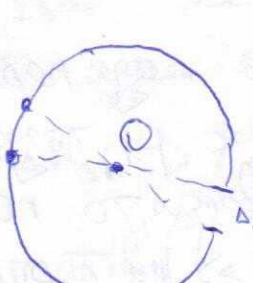
Дано:

R

Q

ΔS

$E - ?$



(+)

Т.к. до выреза в центре сферы не было поля $\Rightarrow$ поля всех зарядов уравновеш. друг друга $\Rightarrow$ если убрать ΔS, то ~~диаметрально~~ поле диаметрально противоположного заряда не будет компенсироваться $\Rightarrow$ его поле и будет в т. O. Т.к. ΔS-мало, можно считать точечным. Его заряд равен: $q = \frac{Q\Delta S}{4\pi R^2}$ (т.к. вся площадь пов. сферы: $4\pi R^2$) $\Rightarrow E = \frac{q}{4\varepsilon_0\pi R^2} = \frac{Q\Delta S}{16\pi^2\varepsilon_0 \cdot R^4}$

Отв: $E = \frac{Q\Delta S}{16\pi^2\varepsilon_0 R^4}$

Б 7.

1 => Дано:

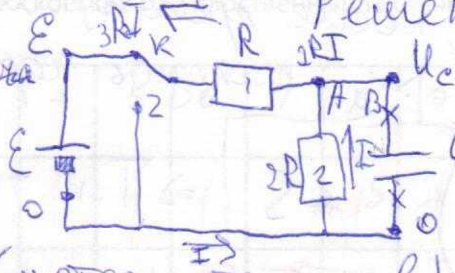
$R_1 = R$

$R_2 = 2R$

ε, C

$Q_2 - ?$

Решение



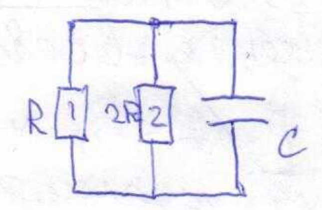
(метод потенциалов)

1) Рассмотрим ~~та~~ цепь перед размык. ключа (в полож. 1)! Т.к. в уст. состоянии ток через конд. не идет => ток идет по единств. пути через оба резистора: $\varepsilon = I \cdot 2R + IR \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{3R} \Rightarrow$

Т.к. потенц. в точках A и B равны $\Rightarrow 2RI = U_c \Rightarrow$

$\Rightarrow U_c = \frac{2}{3}\varepsilon.$

2) После ~~разв~~ перекл. ключа в положение 2: перерисуем в аналогичн. цепь:



Заметим, что конденс. замкнут на резисторах => вся энергия уйдет из нее $\Rightarrow W_{кон} = 0$. В данный момент его энергия $W_0 = \frac{1}{2} C \cdot U_c^2 = \frac{1}{2} C \cdot \frac{4}{9}\varepsilon^2 = \frac{2}{9} C\varepsilon^2 \Rightarrow$

=> На обоих резисторах выдел. $\frac{2}{9} C\varepsilon^2$ энергии.

3) Заметим, что в любой момент времени напряжение на обоих резисторах одинаково (т.к. соед. параллельно) => т.к. за малый промеж. времени на первом выдел. $\frac{U_c^2(t)}{R}$, а на втором $\frac{U_c^2(t)}{2R}$ => на втором резисторе выдел. теплоты в 2 раза меньше, чем на первом в любой момент времени => суммарно на нем выдел. в 2 раза меньше, чем на первом => Если на втором выдел. Q_2 => на первом $Q_1 = 2Q_2$ => т.к. $Q_1 + Q_2 = \frac{2}{9} C\varepsilon^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 3Q_2 = \frac{2}{9} C\varepsilon^2 \Rightarrow Q_2 = \frac{2}{27} C\varepsilon^2$ +

Ответ: $\frac{2}{27} C\varepsilon^2$.

№8

Дано:

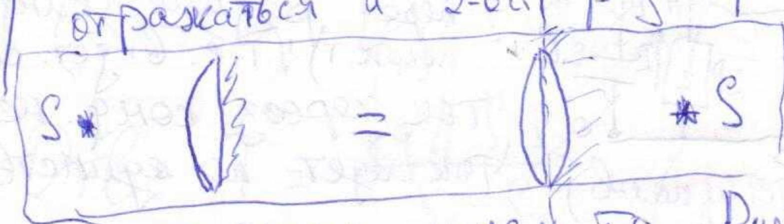
$D = 1$ дптр.

$R = 50$ см

$D_{нл}$ - ?

Решение

Т.к. теперь свет, после прохожд. линзы будет отражаться и 2-ой раз проходить через неё, то



=> Т.к. теперь это 2 рядом стоящие линзы, то $D_{нл} = D_1 + D_2 = 2D$, но,

т.к. ~~фокус~~ п. ЗФП теперь перед линзой => $D_н < 0$, т.к. D

Тогда $D_н = -2D$

Отв: $-2D = -2$ дптр.

№5.

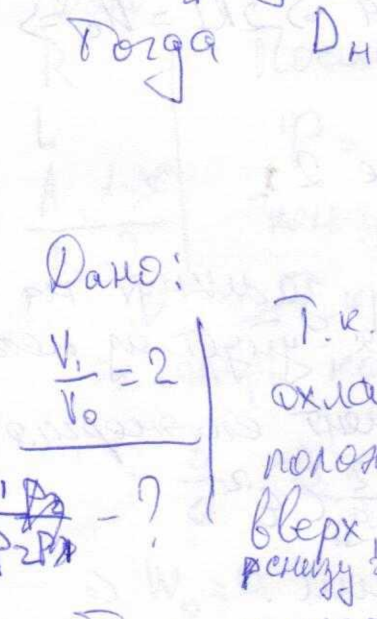
Дано:

$\frac{V_1}{V_0} = 2$

$\frac{p_1}{p_2}$ - ?

Решение

Т.к. $F_{тр} \geq P + p_0 S$ (по усл.) => в момент охлаждения поршень не изменял своего положения (т.к. вниз не двиг. т.к. $P + p_0 S < F_{тр}$ и вверх т.к. снизу газ охлажд.) => ~~охлажд.~~ в момент охлаждения был изохорный процесс. Тогда изобразим на P-V диаграмме:



1-2 - расшир (по усл. изобарн.)

2-3 - охлаждение.

Т.к. ~~сначала газ получил~~ в 2-3 было „отобрано" у газа столько же, сколько получ. в 1-2 => 1 и 3 находится на одной адиабате. Т.к. $Q_{13} = 0$ и $Q_{13} = \Delta U_{31} + A_{12}$ =>

=> $A_{12} = -\Delta U_{31}$ => Т.к. $A_{12} = p_1 V_0$ (~~работа~~ площадь под графиком)

а $\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1)$, где $\nu R T_3 = p_2 V_1 = 2V_0 p_2$,

и $\nu R T_1 = p_1 \cdot V_0$ (по Менделеев.-Клапейр.) => $\nu R(T_3 - T_1) =$

$= 2V_0 p_2 - p_1 V_0$ => подставим в $A_{12} = -\Delta U_{31}$:

$p_1 V_0 = -\frac{3}{2}(2V_0 p_2 - p_1 V_0)$ => $p_1 V_0 = \frac{3}{2} p_1 V_0 - 3V_0 p_2$ => $\frac{1}{2} p_1 V_0 = 3V_0 p_2$

=> ~~$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{6}$~~ $\frac{p_1}{p_2} = 6$

Отв: 6

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

126362

Шифр ______________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 25

№ 3.

Дано:

L

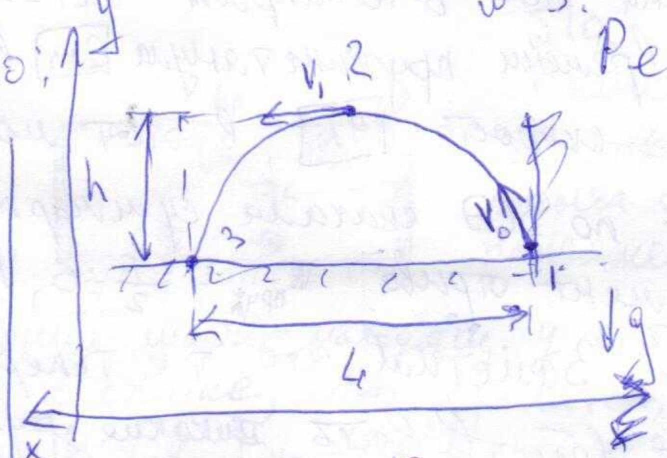
M

m

h

μ

$S - ?$



Решение.

1) Рассмотрим момент в т. 2 (наивысшая точка т.к. $h' = 0$ (т.к. максимум) $\Rightarrow$ $\Rightarrow V_{1y} = 0$.

Запишем перемещение по Oy из 1 в 2: т.к.

$\vec{S} = \vec{V}_{кон} t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow Oy: h = 0 \cdot t - \frac{-gt^2}{2} \Rightarrow h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

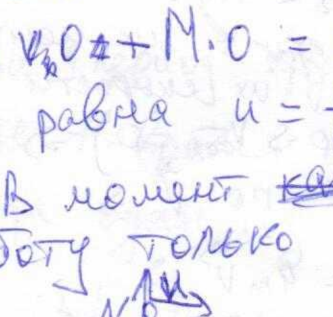
$\Rightarrow$ половину пути мяч пролетел за $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \Rightarrow$ все расстояние L он пролетит за $2\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (т.к. в верхней точке вершина параболы $\Rightarrow$ она находится посередине) $\Rightarrow$

$\Rightarrow V_x = \frac{L}{2\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{g}{2h}}$ (т.к. V_x постоянна на всем полете)

2) Т.к. на мальчика вдоль оси Ox не действовали силы (в момент выкидыв. мячика) $\Rightarrow$ можно записать ЗСИ:

$m \cdot 0 + M \cdot 0 = m V_x + M u \Rightarrow u = -\frac{m}{M} V_x \Rightarrow u$ противонапр. V_x и равна $u = \frac{m}{M} V_x = \frac{m \cdot L}{M \cdot 2}\sqrt{\frac{g}{2h}}$ ~~$\frac{m \cdot Lg}{}$~~

3) В момент ~~качения~~ скольжения мальчика, ~~на н~~ совершал работу только 1 сила: $F_{тр}$ (т.к. N и $mg \perp \vec{S}$) тогда если мальчик переместился вправо и остановился $F_{тр}$ совершила работу $-F_{тр} \cdot S$ (т.к. $\vec{F}_{тр} \uparrow\downarrow \vec{S}$). В итоге мальчик останов, т.е. $W_{к1} = 0$ тогда



$W_{к0} + A = 0 \Rightarrow \frac{Mu^2}{2} = F_{тр} S$, где $F_{тр} = N\mu = \mu M g$

$(N = mg$ по 2-му з-ну Ньютона на мальчика на $Oy) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{Mu^2}{2} = \mu M g \cdot S \Rightarrow S = \frac{u^2}{2\mu g} = \frac{m^2 L^2 g}{4M^2 \cdot 2h \cdot 2\mu g} = \frac{m^2 L^2}{16 M^2 h \mu}$$

Ответ: $S = \dfrac{m^2 L^2}{16 M^2 h \mu}$. +

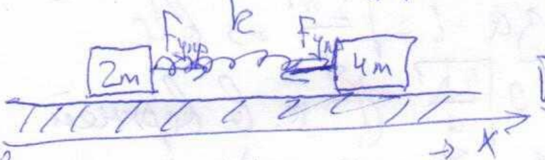
№4.

Решение

Дано:
$2m$ и $4m$
k, x_0

x_{min} — ?

1) Заметим, что $\boxed{2m}$ оторвался от упора в момент, когда пружина была в ненапряж. состоянии (т.к. в след. момент времени пружина тянула $\boxed{2m}$ вправо $\Rightarrow$ произошел отрыв) $\Rightarrow$ скорость $\boxed{4m}$ в этот момент такая, что $\frac{4mV^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$ (т.к. по ЗСЭ сначала суммарная энергия была $\frac{kx_0^2}{2}$, а в момент отрыва $W_{пруж} = \frac{k \cdot 0}{2} = 0$, $W_{2m} = 0$, $W_{4m} = \frac{4mV^2}{2}$) $\Rightarrow$ $V = \sqrt{\frac{kx_0^2}{4m}}$. Заметим, что т.к. теперь на $\boxed{2m}$ и на $\boxed{4m}$ не будут действовать никакие другие силы, кроме $F_{упр}$ (по оси Ox) $\Rightarrow$ для любого момента времени $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = const$ (p_1 – импульс $\boxed{2m}$, p_2 – импульс $\boxed{4m}$), т.к. если в некоторый момент



времени импульс $\vec{p}_1$ уменьш. на $\vec{F}_{упр}\Delta t$, то p_2 увелич. на то же $\vec{F}_{упр}\Delta t$ (т.к. Δt – общее, $F_{упр}$ одинакова на обоих концах и обе силы на $\boxed{2m}$ и $\boxed{4m}$ всегда противонаправл. (по 2-му з-ну Ньютона, т.к. $m_{пруж} = 0 \Rightarrow \sum F = 0$)). Получаем, что т.к. сначала $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = 2m \cdot 0 + 4m \cdot \vec{V} \Rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 4m\vec{V}$ в любой момент времени. ~~Тогда пусть в при миним~~ т.к. ~~при~~ в момент минимального расстояния между брусками их скорости равны (т.к. $V_{сближ} = 0$, т.к. расстоян s миним. $\Rightarrow s' = 0 \Rightarrow V_{сбл} = 0$) $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ Пусть в этот момент их скорости были по $\vec{V}_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 2m\vec{V}_0 + 4m\vec{V}_0 = 6m\vec{V}_0$. Т.к. $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 4m\vec{V} \Rightarrow$

$\Rightarrow 6m\vec{V}_0 = 4m\vec{V} \Rightarrow \vec{V}_0 = \frac{2}{3}\vec{V}$. Запишем ЗСЭ для начального момента времени и момента миним.

расстояния:

Было: $\frac{kx_0^2}{2}$

Стало: $\frac{kx_{min}^2}{2} + \frac{2mV_0^2}{2} + \frac{4mV_0^2}{2}$ $\Big\}$ ЗСЭ: $\frac{kx_0^2}{\cancel{2}} = kx_{min}^2 + 6mV_0^2$ ⇒

⇒ $x_{min}^2 = x_0^2 - \frac{6mv_0^2}{k}$, где $V_0^2 = \frac{4}{9}V^2 = \frac{4}{9}\cdot\frac{kx_0^2}{4m} = \frac{kx_0^2}{9m}$ ⇒

⇒ $x_{min}^2 = x_0^2 - \frac{6m}{k}\cdot\frac{kx_0^2}{9m} = x_0^2 - \frac{6}{9}x_0^2 = \frac{3}{9}x_0^2 = \frac{1}{3}x_0^2$ ⇒

⇒ $x_{min} = \frac{\sqrt{3}x_0}{3}$

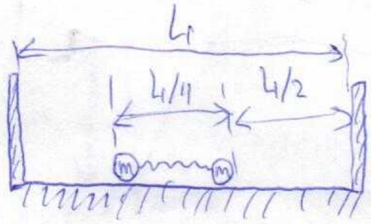
+

Ответ: $x_{min} = \frac{\sqrt{3}}{3}x_0$.

№10.

Дано: L, v, k, m

T - ?

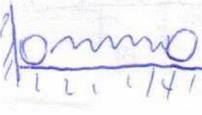
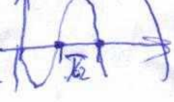


Решение

Заметим, что в любой момент отрыва от стенки пружина не напряжена, (т.к. в любом другом положении шарик, находящ. у стенки либо еще сильнее приближ. к стенке, либо удалится, но это он мог сделать и раньше, т.к. $F_{упр}$ - инерциальна). Значит в момент отталкив. от стены ~~W = 2mv~~ вся энергия у шарика, стоящ. не у стены, т.е. $W_{общ.} = \frac{mV_0^2}{2}$. Т.к. сначала $W = 2\frac{mV^2}{2}$ и все удары абс. упр. ⇒ $W = const$ ⇒ $\frac{mV_0^2}{2} = 2\frac{mV^2}{2}$ ⇒ $V_0^2 = 2V^2$ ⇒

⇒ $V_0 = \sqrt{2}V$ ⇒ ~~Т.к. пружина и шар~~ ц. масс будет двигаться со скоростью u, что $\frac{2mu^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}$ ⇒ $2u^2 = V_0^2$ ⇒ $u = V$ ⇒ в моменты, ~~не касающ~~. когда шары не касаются стенок скорость ц. м. ~~const~~ $= v$ всегда. ⇒ эта скорость у пружины, когда ц. м. не ближе, чем в $\frac{L/4}{2} = \frac{L}{8}$ от стены ⇒

⇒ За 1 период пружина проходит 2 таких пути, т.е. $T = 2(t+\tau)$, где t - время прохождения не касаясь стены, а τ - время, когда один из шаров у стены, причем $t = \frac{L - 2\frac{L}{8}}{V} = \frac{3L}{4V}$. В момент, когда один из шаров у стены:

 происходит колебание из $x=0$ до $x=0$:  ⇒

Т. е. проходит половина T_0, где T_0 – период пружинного маятника, где пружина жесткости k и тело m $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow T_0 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{T_0}{2} = \pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \tau$$

Тогда $T = 2(t+\tau) = 2\left(\frac{3L}{4v} + \pi\sqrt{\frac{m}{k}}\right) = \frac{3L}{2v} + 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Ответ: $T = \frac{3L}{2v} + 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$.

2