

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-02

Класс 09

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ км друг от друга (см. рис.) Скорость корабля $V_1 = 8$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$, угол $\beta = 30^\circ$. Скорость V_2 торпеды такова, что торпеда попадет в цель.



1) Найдите скорость V_2 торпеды.

2) На каком расстоянии S будут находиться корабль и торпеда через $T = 25$ с?

2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол α , $\sin \alpha = 0,6$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом β к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 1,8$ км от точки старта.

1) Под каким углом β к поверхности склона произведен выстрел?

2) Найдите максимальную дальность L стрельбы из такого миномета на горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска $a = 2$ м/с². Пластилинный шарик, движущийся по вертикали, падает на брусок и прилипает к нему, а брусок останавливается. Продолжительность полета шарика до соударения $T = 0,2$ с. Начальная скорость шарика нулевая.

1) Найдите скорость V_1 шарика перед соударением.

2) Найдите скорость V_2 бруска перед соударением.

Движение шарика до соударения – свободное падение. Массы бруска и шарика одинаковы.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластилина заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

4. Два одинаковых шарика движутся по взаимно перпендикулярным прямым и слипаются в результате абсолютно неупругого удара. После слипания скорость шариков $V = 25$ м/с. Скорость одного из шариков перед слипанием $V_1 = 30$ м/с.

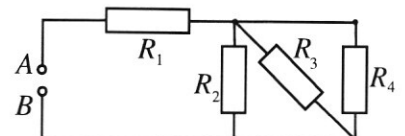
1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °С. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 , R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Дано~~ $l = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$

$v_1 = 8 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$\beta = 30^\circ$

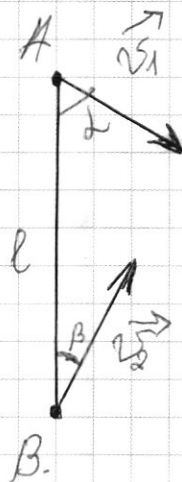
$T = 25 \text{ с}$

$v_2 = ?$ $S = ?$

р/р.

Перейдем в
со(суда)

Перейдем
в со(систему
отдыха) по-
рабим А.

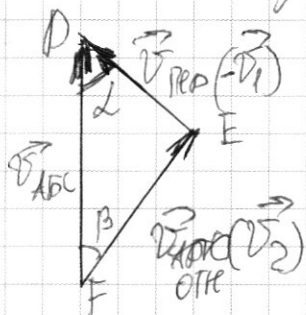


В этой со. корабль будет неподвижен,
а земной приборит скорость $-v_1$.

Питерь найдет скорость течения в со
корабля А, применив закон сложения
скоростей.

$$\vec{v}_{ABC} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{теп} \quad (1)$$

на основании (1) построим векторный
треугольник.



Очевидно, что сто-
ит течения доста-
на ула, то в со
корабля она дос-
тно двигаться по прямой АВ, иначе не
попадет. Тогда knowing соотношения
между углами α и β ($\alpha + \beta = 90^\circ$), можем вычислить

иногда двигаться по прямой АВ, иначе не
попадет. Тогда knowing соотношения
между углами α и β ($\alpha + \beta = 90^\circ$), можем вычислить

$|\vec{v}_2|$. Из-за того, что $\frac{v_2}{2} + \alpha = 90^\circ$, то $\triangle DEF$ - прямоугольный, тогда: $\tan \alpha = \frac{|\vec{v}_2|}{|\vec{v}_1|} \Rightarrow |\vec{v}_1| \cdot \tan \alpha = |\vec{v}_2|$

$$|\vec{v}_2| = \tan 60^\circ \cdot 8 \text{ м/с} = \sqrt{3} \cdot 8 \text{ м/с} = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$$

$$v_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$$

В силу того, что $\triangle DEF$ - прямоугольный, то тогда можно найти скорость течения в ω перпендикулярно из теоремы Пифагора: $|\vec{v}_{AB}| = \sqrt{|\vec{v}_1|^2 + |\vec{v}_2|^2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow |\vec{v}_{AB}| = \sqrt{8^2 + (8\sqrt{3})^2} = \sqrt{8^2 + 8^2 \cdot 3} = \sqrt{8^2(1+3)} = \sqrt{8^2 \cdot 4} = \sqrt{8^2 \cdot 2} = 8 \cdot 2 = 16 \text{ м/с}$$

Из этого можно найти, какое расстояние будет между нами через T , т.е. $S = l - v_{AB} T \Rightarrow$

$$\Rightarrow S = 800 \text{ м} - 16 \text{ м/с} \cdot 25 \text{ с} = 800 \text{ м} - 400 \text{ м} = 400 \text{ м}.$$

Ответ: $v_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$; $S = 400 \text{ м}$.

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$S = 1800 \text{ м}$$

Введем произвольную систему координат вот:

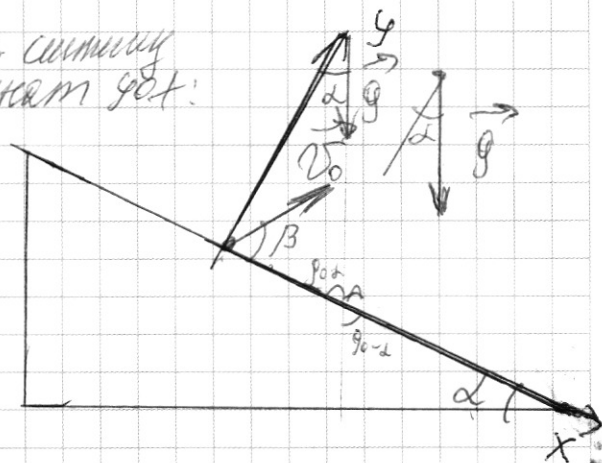
В силу того,

то

$\beta = ?$ $L = ?$ Вычислим время полета (в общем виде).

Пл. мика приземлилась

на склон, то тогда в этот момент ее координата по оси Ox равна 0, тогда: $0 = v_0 \cdot \sin \beta \cdot t_n - \frac{g \cdot \cos^2 \alpha}{2} t_n^2$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

где t_h — это время полета, тогда:

$$V_0 \sin \beta t_h = \frac{g \cos \alpha \cdot t_h^2}{2} \Rightarrow t_h = \frac{2 V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_h = \frac{2 V_0}{g \cos \alpha} \cdot \sin \beta. \text{ П.п. величина } \frac{2 V_0}{g \cos \alpha} \text{ не}$$

может быть никак оптимизирована на-
ши, но тогда (п.п. $g = \text{const}$; $\cos \alpha$ — задан в условии;
 V_0 — тоже величина, которую мы не можем по-
менять, п.п. с этой скоростью принимает
линейность). Тогда нам остается ре-
гулировать величину $\sin \beta$, критиче-
ским будет максимум в том слу-
чае, если $\sin \beta = 1$, п.п. $\sin \beta \in [0, 1]$, т.е. макс.
значение этого синуса будет, когда он бу-
дет равен 1, т.е. угол $\beta = 90^\circ$.

Теперь оптимизируем это по $\cos \alpha$:

$$S = V_0 \cos \beta t_h + \frac{g \sin \alpha \cdot t_h^2}{2}$$

$$S = V_0 \cos \beta \cdot \frac{2 V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} + \frac{g \sin \alpha \cdot \left(\frac{2 V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} \right)^2}{2}$$

$$S = \frac{2 V_0^2 \sin \alpha \cdot \sin^2 \beta}{2 \cdot g \cos^2 \alpha}$$

$$\cancel{V_0^2} \cdot \cancel{2 \sin \alpha} \cdot \cancel{2 \cos^2 \alpha} \rightarrow$$

$$S = \frac{2 V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{S \cdot g \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$$

$\cos \alpha$ можно найти из

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$L = \frac{\rho \cdot g \cdot \omega g^2 L}{2 \cdot \sin \alpha \cdot g} = \frac{1800 \text{ кг} \cdot \frac{64}{100}}{2 \cdot \frac{6}{10}} = \frac{18 \cdot 64 \cdot 10^5}{2 \cdot 6} = 3 \cdot 64 \cdot 10^5 = 1920 \cdot 10^5 = 192000000 \text{ Дж}$$

Ответ: $\beta = 90^\circ$; $L = 192000000 \text{ Дж}$

1/4

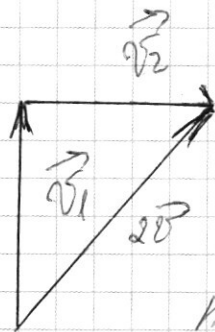
$v = 25 \text{ км/с}$
 $v_1 = 30 \text{ км/с}$
 $\Delta t = 1,35^\circ \text{C}$

$v_2 = ? \text{ км/с}$

~~Получим~~
~~двинуто равно~~
~~сирис, то~~ ~~зат~~

или закон сохранения энергии в векторном виде:

$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$, построим векторный треугольник этого по этому уравнению:



Получим двинуто по двум взаимно-перпендикулярным проямым, то это этот треугольник

прямоугольный и по теореме Пифагора: $|\vec{2v}|^2 = |\vec{v}_1|^2 + |\vec{v}_2|^2$
 $\Rightarrow v_2 = \sqrt{4 \cdot 25^2 - 30^2} \text{ км/с} = \sqrt{2500 - 900} \text{ км/с} = 40 \text{ км/с}$

~~П.А. на систему действует только реактивная сила, поэтому нет, но для вычисления то же~~

Мк можно записать закон сохранения энергии для системы ступенчатой:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} &= Q + \frac{2m v^2}{2} \\ Q &= C \cdot 2m \cdot st \end{aligned} \right. ; \text{ тогда } \frac{v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} = 2st + v^2$$

$$C = \frac{v_1^2 + v_2^2 - 2v^2}{2 \cdot 2st}$$

$$C = \frac{30^2 \text{ мкс}^2 + 40^2 \text{ мкс}^2 - 2 \cdot 25^2 \text{ мкс}^2}{4 \cdot 1,35^\circ \text{C}} = \frac{1250 \text{ мкс}^2}{54^\circ \text{C}} \approx 232 \frac{\text{мкс}}{^\circ \text{C}}$$

Ответ: $\text{ем } v_2 = 40 \text{ мкс} ; C \approx 232 \frac{\text{мкс}}{^\circ \text{C}}$

д/б.

$$R_1 = 2 \text{ б}$$

$$R_2 = R_3 = 4 \text{ б}$$

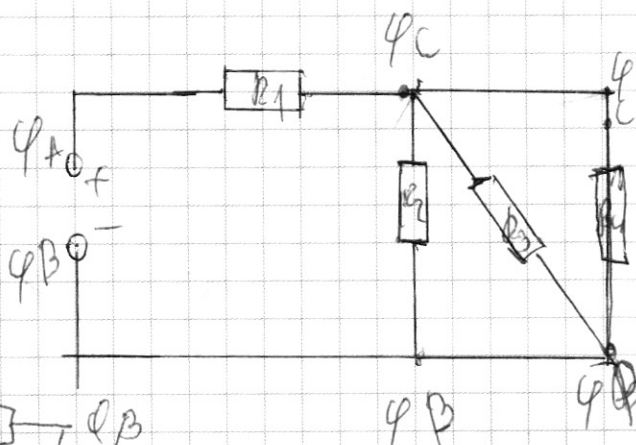
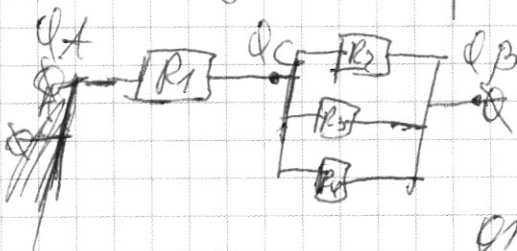
$$R_4 = 1 \text{ б}$$

$$U = 8 \text{ В}$$

$$n = 6 \text{ Ом}$$

$$P_{AB} = ? \quad P = ?$$

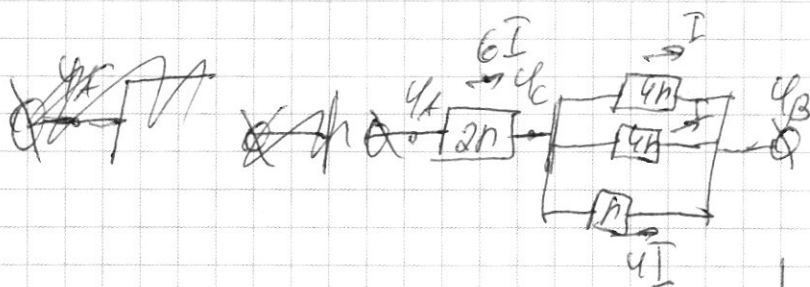
Нарисуем эквивалентную схему соединения.



Пусть тогда ищем от А и В, разделив

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

потенциалы в данной цепи, с учетом того, что ^{при переносе} через перемычку потенциал не меняется (т.е. у нее сопротивление равно 0, т.е. $R_{перемычка} = \frac{U}{I} = 0$)



$$R_{AB} = 2r + \frac{\frac{4r \cdot r}{2} \cdot r}{\frac{4r}{2} + r}$$

$$R_{AB} = 2r + \frac{2r^2}{3r}$$

$$R_{AB} = 2r + \frac{2}{3}r$$

$$R_{AB} = \frac{8}{3}r$$

$$R_{AB} = \frac{8}{3} \cdot \frac{2}{3} = 16 \text{ Ом}$$

П.п. $U = 8 \text{ В}$, то тогда рассчитываем ток в цепи с учетом первого закона Кирхгофа, суммарного сопротивления параллельных ветвей.

$$U = 2I r + 4I r \Rightarrow U = 6I r \Rightarrow 4I r = \frac{U}{3} \Rightarrow I = \frac{U}{6r} = \frac{8}{16} \text{ А (I - макс из резисторов } R_2 \text{ и } R_3)$$

P_2 (мощность на резисторе R_2)

$$P_2 = I^2 \cdot R_2 = I^2 \cdot 4r = \frac{U^2}{16^2 \cdot r^2} \cdot 4r = \frac{U^2}{4^3 r}$$

P_3 (мощность на резисторе R_3)

$$P_3 = I^2 \cdot R_3 = I^2 \cdot 4r = \frac{U^2}{4^3 r}$$

P_4 (мощность на резисторе R_4)

$$P_4 = 46I^2 \cdot r = \frac{16 \cdot U^2}{16^2 \cdot r^2} \cdot r = \frac{U^2}{16 \cdot r}$$

$$P = P_2 + P_3 + P_4$$

$$P = \frac{U^2}{r} \left(\frac{1}{16 \cdot 4} + \frac{1}{16 \cdot 4} + \frac{1}{16} \right)$$

$$P = \frac{U^2}{r} \left(\frac{1+1+4}{16 \cdot 4} \right)$$

$$P = \frac{U^2}{r} \cdot \frac{6}{16 \cdot 4}$$

$$P = \frac{43}{200} \cdot \frac{8^2 B^2}{16 \cdot 4} = \frac{246 B^2}{200} \cdot \frac{1}{16 \cdot 4} = 1 \text{ Вт}$$

Ответ: $R_{AB} = 16 \text{ Ом}$; $P = 1 \text{ Вт}$.

№3.

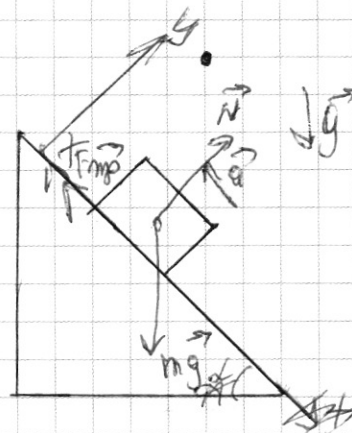
$$a = 2 \text{ м/с}^2$$

$$T = 0,2 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_1 = ? \quad v_2 = ?$$

Очевидно, что
м. шарик
летит вверх Т



С начальной нулевой скоростью, то
во вре. T между шариком и поверхностью
равна $v_1 = gT = 2 \text{ м/с}$, $0,2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2 \text{ м/с}$.

Второй закон Ньютона для бруска:

$$\text{СЗ: } mg \cos \alpha = N$$

$$\text{СЗ: } ma = F_{\text{мп}}$$

$$F_{\text{мп}} = \mu N$$

$$\Rightarrow ma = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = \mu g \cos \alpha, \text{ т.е. } \cos \alpha = \frac{a}{\mu g} = \frac{2 \text{ м/с}^2}{0,2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,2$$

$$\text{Ответ: } v_1 = 2 \text{ м/с};$$

$$v_2 = 0,8 \text{ м/с}$$

$$m(a - g \sin \alpha) = \mu mg \cos \alpha$$

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

П.к. шарик подлетит к бруску с силой mg , тогда начальная сила с которой пластилин будет двигаться горизонтально равна mg и направлена вверх. Шарик будет двигаться вверх, тогда сила F будет направлена вверх. Если шарик будет двигаться вниз, то F будет направлена вниз. Тогда $mg = F$, $F \cdot \Delta t = m v_1$, $mg \cdot \Delta t = m v_1$, $\Delta t = \frac{v_1}{g} = \frac{2 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,2 \text{ с}$. Тогда $v_2 = a \cdot \Delta t = 2 \text{ м/с}^2 \cdot 0,2 \text{ с} = 0,4 \text{ м/с}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

$$\frac{12500}{54} \cdot \frac{1}{2374} + \frac{150}{152} \cdot \frac{1}{198} = \frac{1}{2} \int$$

~~$$m a \cdot \frac{a^2}{2} = m a^5$$~~

$$\cos \beta t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2 \lambda} \epsilon$$

$\vec{v} = 0$. $t = \frac{2 \sqrt{2} \sin \beta}{g \cos \beta}$ $\beta = 80^\circ$

$$V_0 \cos \beta = 2 V_0 \sin \beta$$

glass

$$\begin{array}{r} + \\ 12 \\ \underline{625} \\ 4 \\ \hline 2500 \end{array}$$

$$I = \frac{V_0^2 \cdot \sinh^2 \beta}{g \cosh d} + \frac{2 V_0^2 \cdot \sinh d \cdot \sinh^2 \beta}{g \cosh^2 d} + \frac{g \cdot \sinh d \cdot 4 V_0^2 \cdot \sinh^2 \beta}{g^2 \cosh^2 d}$$

$\beta = 90^\circ$ $2mg \neq$ $\sin 2 = 0.42 \text{ m/s}^2$
 $ma^2 = 0$
 $AP = m_2 m_1 \frac{m_2^2}{2} + \frac{m_1^2}{2} \Rightarrow \frac{m_2^2}{16} + \frac{15}{16}$
 $\frac{100}{36}$
 $\frac{64}{960}$

14.
 $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{v}$
 $2\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}$
 $\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{v}$
 $100^2 - v_1^2$

$$\sqrt{145^2 - 72^2} = \sqrt{10045 - 5184} = \sqrt{4861} = 69.72$$

$mg \sin \theta + \frac{v^2}{2} + \frac{v^2}{2} = \frac{1}{2} m v^2$
 $mg \sin \theta = \frac{1}{2} m v^2$
 $v = \sqrt{2g \sin \theta}$
 $mg \sin \theta = F \sin \theta$
 $mg = F$

$$V_2 = \frac{V_1}{9} = 1 \text{ A}$$

$$V_2 - qT = V_2 - qT = V$$

$\uparrow = 40 \text{ m/s}$
 $\text{mg} \cdot \Delta t = \Delta p$
 $\Delta t = \Delta p$
 $\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} =$

$$= C_{\text{rot}} + \frac{2Mv^2}{2}$$

$$C_{\Delta t} + \sigma^2 = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}$$

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{v_1^2 + v_2^2 - v^2}{\Delta t} = 0$$

$$m \Delta v_2 = F \Delta t = \frac{30^2 + 40^2}{2} \cdot 25^2 = 2135$$

ma
a
st = v₂
ma → ~~g~~ st = m v₂

$$mg = mg \cos \alpha$$

$$e = mg \cos \alpha$$

$$m \cancel{a} \cancel{t} E \cancel{a} t = m v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten solution on graph paper for a physics problem involving a block on an inclined plane.

Diagram: A right-angled triangle representing an inclined plane with angle α . A block of mass m is shown on the incline. Forces acting on it are gravity mg (vertical), normal force N (perpendicular to the incline), and friction force F_{tr} (along the incline). The height of the incline is 400 cm, and the length of the incline is 500 cm.

Equations and Calculations:

- $mg \cdot \cos \alpha$
- $\tan \alpha = \frac{400}{300}$
- $\sin \alpha = \frac{4}{5}$, $\cos \alpha = \frac{3}{5}$
- $N = mg \cos \alpha$
- $F_{tr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$
- $mg \sin \alpha - F_{tr} = ma$
- $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$
- $g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = a$
- $10 \cdot \frac{4}{5} - 0.2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} = a$
- $8 - 1.2 = a$
- $a = 6.8 \text{ m/s}^2$
- $v^2 = 2as$
- $v^2 = 2 \cdot 6.8 \cdot 500$
- $v^2 = 6800$
- $v = \sqrt{6800} \approx 82.46 \text{ m/s}$

Final Answer: $v \approx 82.46 \text{ m/s}$

