

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 09

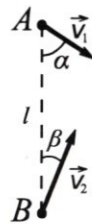
Вариант 09-01

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

1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 1$ км друг от друга (см. рис. 1) Скорость корабля $V_1 = 10$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$. Скорость торпеды $V_2 = 20$ м/с. Угол β таков, что торпеда попадет в цель.

1) Найдите $\sin \beta$.

2) Через какое время T расстояние между кораблем и торпедой составит $S = 770$ м?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом φ к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 0,8$ км от точки старта.

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

2) Найдите величину V_0 начальной скорости мины.

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

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. В тот момент, когда скорость бруска равна $V_1 = 1$ м/с, на брусок падает пластилиновый шарик и прилипает к нему, а брусок останавливается. Движение шарика до соударения – свободное падение с высоты $h = 0,8$ м с нулевой начальной скоростью.

1) Найдите скорость V_2 шарика перед соударением.

2) Найдите величину a ускорения бруска перед соударением.

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 свинцовых шарика одинаковой массы, летящие со скоростями $V_1 = 60$ м/с и $V_2 = 80$ м/с, слипаются в результате абсолютно неупругого удара. Скорости шариков перед слипанием взаимно перпендикулярны.

1) С какой по величине скоростью V движутся слипшиеся шарики?

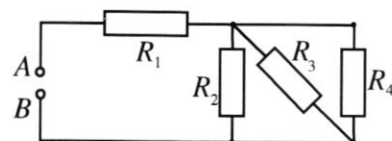
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $^\circ\text{C}$). Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 3 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 2 \cdot r$, $R_4 = 4 \cdot r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 38$ В.

1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

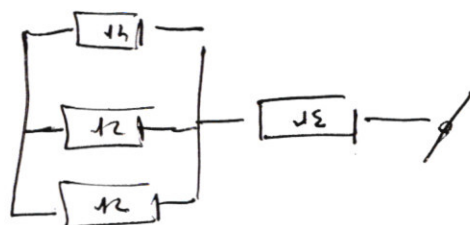
2) Какой силы I ток будет течь через резистор R_4 при $r = 10$ Ом?





3.84

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{\frac{1}{S}} = \left(\frac{1}{1} + \frac{2}{1} + \frac{2}{1} \right)$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5 Дано:

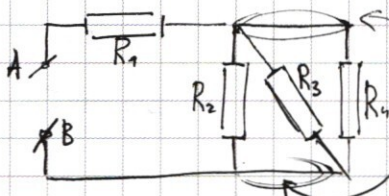
$$\begin{aligned} R_1 &= 3r \\ R_2 &= R_3 = 2r \\ R_4 &= 4r \\ U &= 38\text{ В} \end{aligned}$$

Найти:

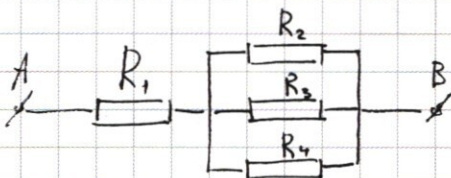
1) R_{AB}

2) I_4 , $r = 10 \text{ Ом}$

Решение:



т.к. сопротивления этих участков цепи равны нулю, мы можем нарисовать эквивалентную цепь.



$$R_{AB} = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$R_{AB} = 3r + \frac{1}{\frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{4r}} =$$

$$R_{AB} = 3r + \frac{4}{0,5 + 0,5 + 0,25} = 3r + \frac{4}{1,25} = 3r + 0,8r = 3,8r$$

1) Ответ: $R_{AB} = 3,8r$

2) $R_{AB} = 3,8r \Rightarrow I_1 = \frac{U}{3,8r} \Rightarrow U_1 = R_1 \cdot I_1 = 3r \cdot \frac{U}{3,8r} = \frac{3}{3,8}U$

Пусть I_1 - ток через первый резистор, U_1 - напряжение на первом резисторе, аналогично с четвертым резистором

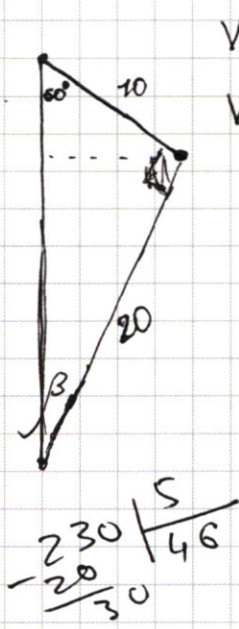
$R_{AB} = 3,8r \Rightarrow I_1 = \frac{U}{3,8r}$ (т.к. R_1 подключен к остальным элементам последовательно) $\Rightarrow U_1 = R_1 \cdot \frac{U}{3,8r} = 3r \cdot \frac{U}{3,8r} = \frac{3}{3,8}U$. Напряжения на резисторах 2-4 одинаковы,

т.к. они подключены последовательно первому, то $U_2 = U_3 = U_4 = U_{AB} - U_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow U_4 = U - U_1 = U - \frac{3}{3,8}U = \frac{3,8 - 3}{3,8}U = \frac{0,8}{3,8}U = \frac{0,4}{1,9}U \Rightarrow$

$\Rightarrow I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{0,4U}{1,9 \cdot 4r} = \frac{0,1U}{1,9r} = \frac{0,1U}{1,9r} = \frac{38}{19r} = 0,2 \text{ А}$

2) Ответ: $0,2 \text{ А}$



$$V_2^2 = V_0^2 + V_1^2 - 2V_0V_1 \cos \alpha$$

$$V_1^2 = V_0^2 + V_2^2 - 2V_0V_2 \cos \beta$$

$$\begin{array}{r} \times 1,5 \\ 1,5 \\ \hline 15 \\ \hline 2,25 \end{array}$$

$$1 < \sqrt{3} < 2$$

$$\begin{array}{r} \times 1,8 \\ 1,8 \\ \hline 144 \\ 18 \\ \hline 3,24 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,75 \\ 1,75 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,7 \\ 1,7 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 2,89 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,75 \\ 1,75 \\ \hline 2,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -1,75 \\ 1,6 \\ \hline 0,15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,44 \\ 0,44 \\ \hline 1,76 \\ 176 \\ \hline 0,1936 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,5 \\ 3,5 \\ \hline 175 \\ 105 \\ \hline 1225 \end{array}$$

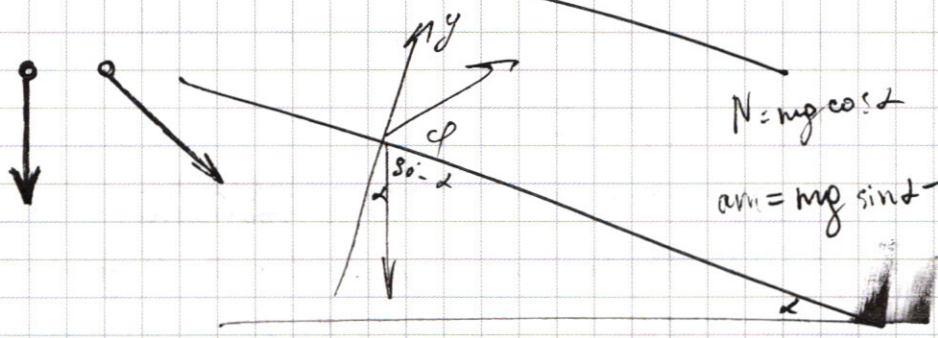
$$\frac{3}{16} = 0,375 \cdot 0,5 = 0,18$$

$$3 < \sqrt{13} < 4$$

$$\begin{array}{r} \times 7,8 \\ 7,8 \\ \hline 624 \\ 546 \\ \hline 6084 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 56 \\ 6 \\ \hline 62 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 3,6 \\ 3,6 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$



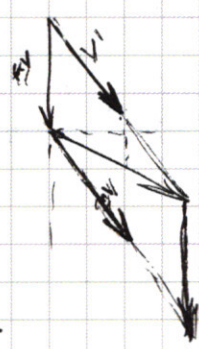
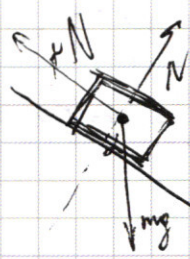
$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$\begin{array}{r} -1040 \\ 104 \\ \hline 936 \end{array}$$

$$8^2 = 64$$

$$7^2 = 49$$



$$\begin{array}{r} 1000 \overline{) 104} \\ 1009 \end{array}$$

$$\frac{1}{10,4} = \frac{100}{104}$$

$$\frac{100}{104} = \frac{25}{26}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \overline{) 104} \\ 1009 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -1000 \overline{) 104} \\ 104 \\ \hline 0 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:

$$l = 1 \text{ км} = 10^3 \text{ м}$$

$$V_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

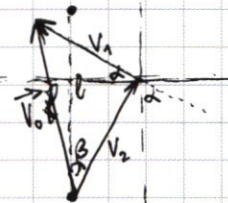
Найти:

Решение:

Перейдем в С.О. корабля, пусть скорость $\vec{V}_0$ — это скорость
торпеды относительно корабля, тогда

$$\vec{V}_2 = \vec{V}_1 + \vec{V}_0 \Rightarrow \vec{V}_0 = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$$

П.к. торпеда попадет в цель,
значит вектор $\vec{V}_0 \parallel \vec{BA}$



sin beta

$$2) S = 770 \text{ м}, T = ?$$

$$0.375 \cdot 0.5 = 0.1875$$

$$HC = V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{V_1 \sin \alpha}{V_2} = \frac{1}{2} \cdot \sin 60^\circ = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$1) \text{ Ответ: } \frac{\sqrt{3}}{4} = 0.25\sqrt{3} = 0.44$$

$$V_0 = V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta =$$

$$= V_1 \cdot \frac{1}{2} + V_2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4} = 0.5V_1 + 0.25\sqrt{3}V_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{l - S}{0.5V_1 + 0.25\sqrt{3}V_2} = \frac{1000 - 770}{0.5 \cdot 10 + 0.25 \cdot 10 \cdot \sqrt{3}} = \frac{230}{5 \cdot (1 + \sqrt{3})} = \frac{230}{5 \cdot (1 + 1.73)} = \frac{230}{5 \cdot 2.73} = \frac{230}{13.65} = 16.85 \text{ с}$$

$$T = \frac{230}{0.5 \cdot 10 + 0.5 \cdot 10 \sqrt{3}} = \frac{230}{5 \cdot (1 + \sqrt{3})} = \frac{230}{5 \cdot (1 + 1.73)} = \frac{230}{5 \cdot 2.73} = \frac{230}{13.65} = 16.85 \text{ (с)}$$

$$2) \text{ Ответ: } 10 \text{ с.}$$

$\sqrt{3}$

$$\begin{array}{r} \times 1.75 \\ 1.75 \\ \hline 1.75 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1.76 \\ 1.76 \\ \hline 1.76 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 0.42 \\ 0.42 \\ \hline 84 \\ 168 \\ \hline 17.64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1.75 \overline{) 4} \\ 16 \overline{) 44} \\ \hline 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 43 \\ \times 43 \\ \hline 129 \\ 172 \\ \hline 1849 \end{array}$$

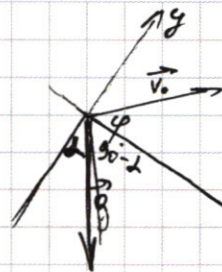
$$\begin{array}{r} \times 0.44 \\ 0.44 \\ \hline 176 \\ 176 \\ \hline 1936 \end{array}$$

2) Дано:

Решение:

$$\alpha = 30^\circ$$

Введем две оси: x и y



$$T_{\text{п}} - \text{max}$$

$$S = 0,8 \text{ км} = 800 \text{ м}$$

В проекции на ось y :

Пусть Y - координата по оси y , тогда

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$Y = v_0 t \sin \varphi - \frac{g t^2}{2} \cos \alpha \rightarrow$$

Найти:

$$1) \varphi$$

т.к. $Y = 0$ в момент падения и в начальный момент времени, значит $v_0 \sin \varphi - \frac{g T_{\text{п}}}{2} \cos \alpha = 0 \Rightarrow$

$$2) v_0$$

$$\Rightarrow T_{\text{п}} = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g \cos \alpha} \Rightarrow \text{максимальное время полета будет при}$$

$$\sin \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 90^\circ \Rightarrow T_{\text{п}} = \frac{2 v_0 \cdot 1}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{2 v_0}{g \cos \alpha}$$

1) Ответ: $\varphi = 90^\circ$

2) В проекции на ось x пусть X - координата точки в некоторый момент t

$$X(t) = v_0 t \cos \varphi + \frac{g t^2}{2} \sin \alpha, \text{ т.к. } \cos 90^\circ = 0, \text{ то } X(t) = \frac{g t^2}{2} \sin \alpha,$$

т.к. в момент падения тело пролетело $S = 800 \text{ м}$, то

$$X(T_{\text{п}}) = S \Rightarrow X\left(\frac{2 v_0}{g \cos \alpha}\right) = S \Rightarrow \frac{g}{2} \sin \alpha \cdot \frac{2 v_0^2}{g^2 \cos^2 \alpha} = S \Rightarrow 2 v_0^2 \sin \alpha = g S \cos^2 \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{g S \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g S}{2 \sin \alpha}} \cdot \cos \alpha$$

$$v_0^2 = \frac{10 \cdot 800 \cdot \frac{3}{4}}{2 \cdot \frac{1}{2}} = 10 \cdot 800 \cdot \frac{3}{4} = 2000 \cdot 3 = 6000 \left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{6000} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right) = \sqrt{60} \cdot 10 = 78 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Ответ: $78 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3) Дано:

Решение:

$$V_1 = 1 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 0 \text{ м/с}$$

$$h = 0.8 \text{ м}$$

$$V_{\text{ш0}} = 0 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{б}} = m_{\text{ш}}$$

Найти:

1) V_2

2) a

Шарик начал своё движение с высоты h с нулевой начальной скоростью, значит $E_{\text{ш}} = mgh = \frac{mV_2^2}{2} \Rightarrow V_2^2 = 2gh \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.8} = \sqrt{16} = 4 \text{ м/с}$$

1) Ответ: 4 м/с

4) Дано:

$$V_1 = 60 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 80 \text{ м/с}$$

$$\vec{V}_1 \perp \vec{V}_2$$

$$m_1 = m_2 = m$$

Найти:

1) $|\vec{V}|$

2) $c = 130 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$

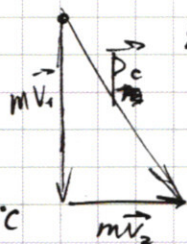
$\Delta t = ?$

Решение:

импульсы шариков: $\vec{p}_1 = \vec{V}_1 \cdot m_1 = m\vec{V}_1 \quad \leftarrow \quad \vec{p}_2 = m\vec{V}_2$

Суммарный импульс $\vec{p}_c$:

$$|\vec{p}_c| = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \cdot m$$



$$V \cdot 2m = p_c \Rightarrow V \cdot 2m = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \cdot m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = 0,5 \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ м/с}$$

1) Ответ: 50 м/с

2) Начальные энергии шариков $E_1 + E_2 = m \frac{V_1^2}{2} + m \frac{V_2^2}{2}$,
 конечная энергия шариков $E_k = \cancel{2m} c 2m \Delta t + m \cdot \frac{V^2}{2} \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2cm \Delta t + \cancel{2m} m \frac{V^2}{2} = m \frac{V_1^2}{2} + m \frac{V_2^2}{2}$ по закону сохранения энергии
 ~~$4cm \Delta t + 4cm \Delta t + V^2 = V_1^2 + V_2^2 \Rightarrow 4c \Delta t + 2V^2 = V_1^2 + V_2^2$~~

Начальная кинетическая энергия шариков $E_H = \frac{m}{2} \cdot (V_1^2 + V_2^2)$, конечная кинетическая энергия шариков $E_k = 2m \cdot \frac{V^2}{2} = mV^2 = m \cdot \frac{1}{4} \cdot (V_1^2 + V_2^2) \Rightarrow$
 $\Rightarrow \Delta E = E_H - E_k = \frac{1}{2} m (V_1^2 + V_2^2) - \frac{1}{4} m (V_1^2 + V_2^2) = \frac{1}{4} m (V_1^2 + V_2^2)$

По закону сохранения энергии $\cancel{cm} c 2m \Delta t = \frac{1}{4} m (V_1^2 + V_2^2) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2}{8c} = \frac{100}{8 \cdot 130} = \frac{1}{8 \cdot 1,3} = \frac{1}{10,4} (^\circ\text{C}) \approx 0,096$$

2) Ответ: 0,096 °C

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:

$$V_1 = 10 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$l = 1000 \text{ м}$$

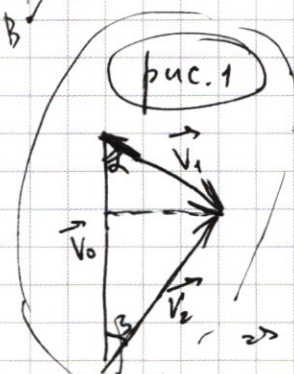
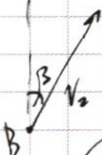
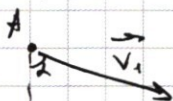
$$V_2 = 20 \text{ м/с}$$

Найти:

1) $\sin \beta$

2) $S = ?$ м
 $T = ?$

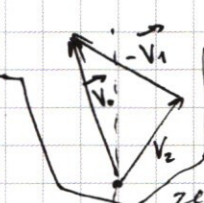
Решение:



Пусть V — скорость течения в С.О. движущегося корабля А, пусть скорость течения в этой С.О. $\vec{V}_0$, тогда

$$\vec{V}_2 = \vec{V}_0 + \vec{V}_1 \Rightarrow \vec{V}_0 = \vec{V}_2 - \vec{V}_1, \text{ геометрически это}$$

Вот так:



Но т.к. течения поперек по кораблю, значит $\vec{V}_0 \parallel \vec{BA}$, геометрически это значит (рис. 1)

Отметим некоторые точки:

$$LE = V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{V_1}{V_2} \sin \alpha = 0,5 \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4} \approx 0,43$$

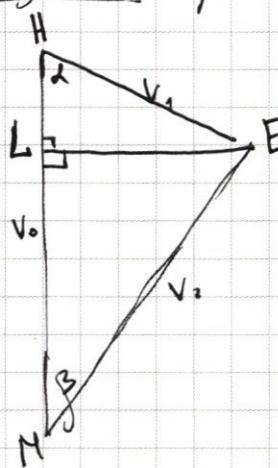
1) Ответ: $\frac{\sqrt{3}}{4}$ или 0,43

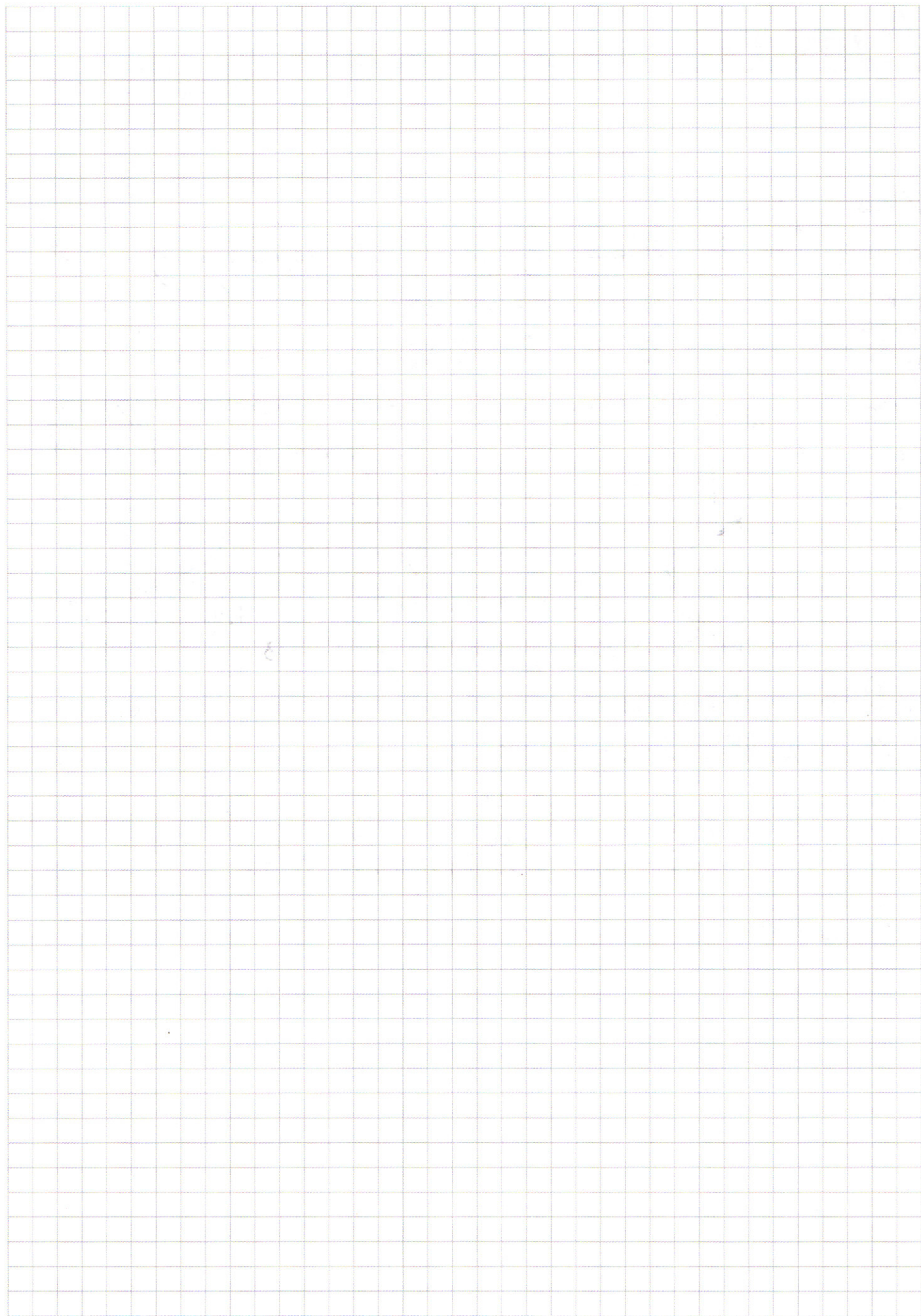
2) Найдем $V_0 = HM = HB + LM = V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2}, \cos \beta = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4} \approx \frac{3,6}{4} = 0,9$$

$$T = \frac{l - S}{V_0} = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta} = \frac{230}{10 \cdot \frac{1}{2} + 20 \cdot 0,9} = \frac{230}{5 + 18} = \frac{230}{23} = 10 \text{ (с.)}$$

2) Ответ: 10 с.







ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

