

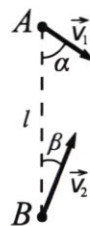
Олимпиада «Физтех» по физике, 9 класс

Вариант 09-01

Класс 09

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

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?

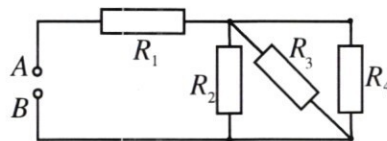
2) На сколько Δt ($^\circ\text{C}$) повысится температура шариков?

Удельная теплоемкость свинца $c = 130$ Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$). 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?



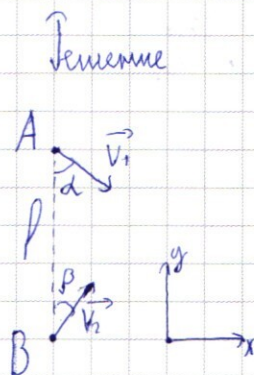
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

$\sin \beta$ - ?; T - ?

CU
1000 м

$l = 1 \text{ км}$
 $V_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $V_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\alpha = 60^\circ$
 $S = 770 \text{ м}$



1) Введем ось Ox и спроецируем на нее скорости $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$:

$$Ox: V_{1x} = V_1 \cdot \sin \alpha; \quad V_{2x} = V_2 \cdot \sin \beta$$

составим уравнения координаты для A и B:

$$x = V_1 \cdot \sin \alpha \cdot t; \quad x = V_2 \cdot \sin \beta \cdot t, \text{ где } t - \text{ время встречи}$$

A и B встречаются $\Rightarrow$ координата x одинакова

приравняем части уравнений:

$$V_1 \cdot \sin \alpha \cdot t = V_2 \cdot \sin \beta \cdot t$$

$$V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{V_1 \cdot \sin \alpha}{V_2}$$

$$\sin \beta = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{5\sqrt{2}}{20} = \frac{\sqrt{2}}{4} \quad (\text{т.к. } \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2})$$

2) Введем ось Oy и спроецируем на нее скорости $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$:

$$Oy: V_{1y} = V_1 \cdot \cos \alpha; \quad V_{2y} = V_2 \cdot \cos \beta$$

составим уравнения координаты для A и B:

$$y = V_1 \cdot \cos \alpha \cdot t; \quad y = V_2 \cdot \cos \beta \cdot t \quad \text{где } t - \text{ время встречи}$$

A и B встречаются $\Rightarrow$ координата y одинакова

из уравнений части уравнения:

$$V_1 \cdot \cos \alpha \cdot t = V_2 \cdot \cos \beta \cdot t$$

$$V_1 \cdot \cos \alpha = V_2 \cdot \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{V_1 \cdot \cos \alpha}{V_2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0,25 \quad (\text{т.к. } \cos 60^\circ = \frac{1}{2})$$

изменение координаты y для A: $\Delta y = V_1 \cos \alpha \cdot T$
 для B: $\Delta y = V_2 \cos \beta \cdot T$

составим уравнение по условию задачи:

$$S = l - (V_1 \cos \alpha \cdot T + V_2 \cos \beta \cdot T)$$

$$S = l - T(V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta)$$

$$T = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta}$$

$$T = \frac{230}{50 + 10} =$$

$$T = \frac{230}{5+5} = \frac{230}{10} = 23 \text{ (с)}$$

Ответ: $\sin \beta = \frac{\sqrt{2}}{4}$
 $T = 23 \text{ с}$

н 4

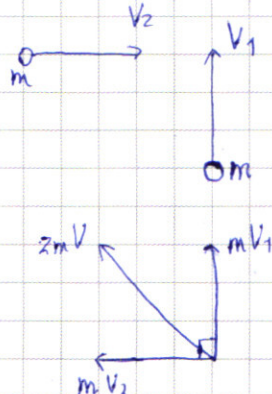
$V_1 = ?$; $\Delta t = ?$

CU

Решение

$$V_1 = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_2 = 80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



1) $m V_1$ - импульс 1-го шарика

$m V_2$ - импульс 2-го шарика

по 3CU: $m \vec{V}_1 + m \vec{V}_2 = (m+m) \vec{V}$

$2m V$ - импульс слившегося шариков

рассмотрим прямоугольный треугольник и применим т.л. Пифагора:

$$(m V_1')^2 + (m V_2')^2 = (2m V)^2$$

$$m^2 V_1'^2 + m^2 V_2'^2 = 4m^2 V^2 \quad | : m^2$$

$$V_1'^2 + V_2'^2 = 4 V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{V_1'^2 + V_2'^2}{4}} = \sqrt{\frac{3600 + 6400}{4}} = \sqrt{2500} = 50 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$Q = E_{k1} - E_{k2}$$

II

$$Q = \frac{m V_1'^2}{2} + \frac{m V_2'^2}{2} - \frac{2m V^2}{2} = \frac{m (V_1'^2 + V_2'^2 - 2V^2)}{2}$$

2) по условию удар абсолютно неупругий $\Rightarrow$ вся энергия переходит во внутреннюю

$$Q = \frac{m V_1'^2}{2} + \frac{m V_2'^2}{2} - \frac{m (V_1'^2 + V_2'^2)}{2} = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = cm \Delta t \quad (2)$$

$$(1) = (2)$$

$$\frac{m(V_1^2 + V_2^2)}{2} = cm \Delta t$$

$$\frac{V_1^2 + V_2^2}{2} = c \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2}{2c}$$

$$\Delta t = \frac{10000}{260} \approx$$

$$(1) = (2)$$

$$\frac{m(V_1^2 + V_2^2 - 2V^2)}{2} = cm \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{m(V_1^2 + V_2^2 - 2V^2)}{2mc}$$

$$\Delta t = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{2c}$$

$$\Delta t = \frac{5000}{260}$$

$$\Delta t \approx 19,2 \text{ } (^{\circ}\text{C})$$

Ответ: $V = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $\Delta t = 19,2 \text{ } (^{\circ}\text{C})$

№5

$$R_{AB} \text{ ? } I \text{ ?}$$

CU

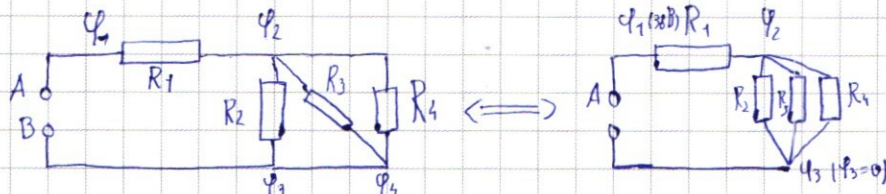
Данное

$$R_1 = 3 \text{ r}$$

$$R_2 = R_3 = 2 \text{ r}$$

$$R_4 = 4 \text{ r}$$

$$U = 38 \text{ B}$$



1) Определим потенциалы на схеме, при этом $\varphi_3 = \varphi_4$ (так как между ними нет сопротивления) $\Rightarrow$ соединим узлы в эти точки и получим эквивалентную схему

заменим параллельное соединение резисторов R_2, R_3, R_4

$$R_{\varphi_2 - \varphi_3, 4} = \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot R_4}{R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_4 + R_2 \cdot R_4}$$

$$R_{AB} = R_1 + R_{\varphi_2 - \varphi_3, 4} = 3 \text{ r} + \frac{2 \text{ r} \cdot 2 \text{ r} \cdot 4 \text{ r}}{2 \text{ r} \cdot 2 \text{ r} + 2 \text{ r} \cdot 4 \text{ r} + 2 \text{ r} \cdot 4 \text{ r}} = \frac{16 \text{ r}^3}{20 \text{ r}^2} + 3 \text{ r} = \frac{4}{5} \text{ r} + 3 \text{ r} =$$

$$2) \quad \bar{I}_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_1}; \quad \bar{I}_2 = \frac{\varphi_2}{R_2}; \quad \bar{I}_3 = \frac{\varphi_2}{R_3}; \quad \bar{I}_4 = \frac{\varphi_2}{R_4}$$

$$\text{— правило Кирхгофа: } \bar{I}_1 = \bar{I}_2 + \bar{I}_3 + \bar{I}_4$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_1} = \frac{\varphi_2}{R_2} + \frac{\varphi_2}{R_3} + \frac{\varphi_2}{R_4}$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{3r} = \frac{\varphi_2}{2 \cdot r} + \frac{\varphi_2}{2 \cdot r} + \frac{\varphi_2}{4r} \quad | \cdot 12r$$

$$4(\varphi_1 - \varphi_2) = 6\varphi_2 + 6\varphi_2 + 3\varphi_2$$

$$4(\varphi_1 - \varphi_2) = 9\varphi_2$$

$$4\varphi_1 - 4\varphi_2 = 9\varphi_2$$

$$4\varphi_1 = 13\varphi_2$$

$$\varphi_2 = \frac{4\varphi_1}{13}$$

$$\varphi_2 = \frac{4 \cdot 38B}{13} = 4 \cdot 2 = 8B$$

$$I_4 = \frac{\varphi_2}{R_5}$$

$$I_4 = \frac{\varphi_2}{4r} \quad \text{при } r = 10 \text{ Ом} \quad I_4 = \frac{8B}{4 \cdot 10 \text{ Ом}} = \frac{8}{40} = 0,2 \text{ A}$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{19}{5} r$

$$I_4 = 0,2 \text{ A}$$

н3

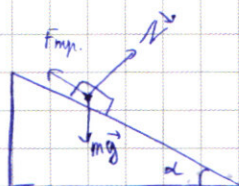
$V_2 = ?$, $a_{\text{оп}} = ?$

CU Трение

$$V_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



1) т.к. шарик свободно падает, при этом $V_0 = 0$, то

$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (1)$$

$$V_2 = V_0 + gt \quad (2)$$

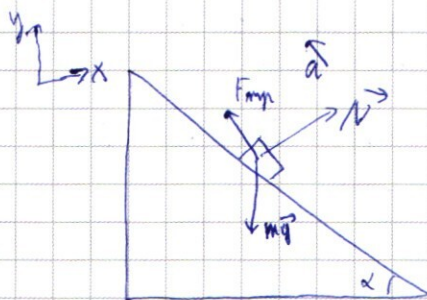
$$(1) \rightarrow (2)$$

$$V_2 = g \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$V_2^2 = g^2 \frac{2h}{g}$$

$$V_2 = \sqrt{2hg} = \sqrt{2 \cdot 0,8 \cdot 10} = 4 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



II 3-й закон Ньютона:

$$\begin{aligned} \text{по } x: ma &= F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha \\ N &= mg \cos \alpha \\ F_{\text{тр}} &= \mu N \end{aligned}$$

Ответ: $V_2 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№ 2

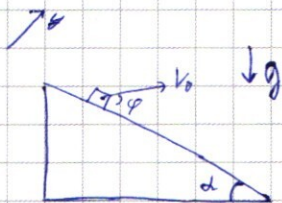
$\varphi = ?$; $V_0 = ?$

(2)

$\alpha = 30^\circ$

$S = 0,8 \text{ км}$

800 м



Решение

1) составим уравнение движения точки по ОУ:

$$y = V_0 \cdot \sin \varphi t - \underbrace{\frac{g \cos^2 t^2}{2}}_{\text{const}}$$

для max y надо max $V_0 \cdot \sin \varphi \cdot t$

$\sin \varphi = \text{max}$

$\varphi = 90^\circ$ (максимальные значение у 90° от равн 1)

или max y t тоже max (следует из уравнения движения)

2) составим уравнения координат для точки уравнение ее скорости

$$\begin{cases} x = V_0 \cdot \cos \varphi + \frac{g \sin^2 t^2}{2} \\ y = V_0 \cdot \sin \varphi - \frac{g \cos^2 t^2}{2} \\ V_0 = g \cos \alpha t \end{cases}$$

решим систему уравнений при $x = 800$

$$\begin{cases} x = \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2} \\ y = V_0 - \frac{V_0 \cdot t}{2} \\ V_0 = g \cos \alpha \cdot t \end{cases}$$

$$\begin{cases} 800 = \frac{5}{2} t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{1600}{5}} = \sqrt{320} = \sqrt{32} \\ y = V_0 - \frac{V_0 \cdot t}{2} \\ V_0 = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{320} \Rightarrow V_0 = 5\sqrt{640} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 800 = \frac{10 - \frac{1}{2} \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{1600}{5}} = \sqrt{32} \\ y = V_0 - \frac{V_0 \cdot t}{2} \\ V_0 = g \cdot \cos \alpha \cdot t \end{cases}$$

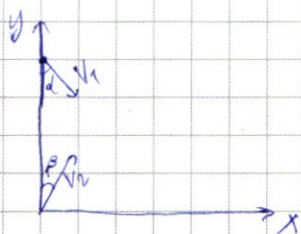
подставим значение t ($\sqrt{32}$) в третье уравнение системы:

$$V_0 = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{32} = 5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{32} = 5\sqrt{64} = 5 \cdot 8 = 40 \text{ (м/с)}$$

Ответ: $\varphi = 90^\circ$
 $V_0 = 40 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1



a) $V_1 \sin \alpha t = V_2 \cos \beta t$
 $V_1 \cos \alpha t = V_2 \sin \beta t$

$\sin \beta = \frac{V_1 \cos \alpha}{V_2}$

$\sin \beta = \frac{10 \cdot \frac{1}{2}}{20} = \frac{10}{20} = 0,5$

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

$\cos \beta = \frac{V_1 \cos \alpha}{V_2}$

$\cos \beta = 0,25$

$\sin \beta = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \beta}}{2}$

$V_1 \sin \alpha t = V_2 \sin \beta t$

$\sin \beta = \frac{V_1 \sin \alpha}{V_2}$

$\sin \beta = 0,5 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

$\sin \beta = \frac{\sqrt{2}}{4}$

d) $l - (V_1 \cos \alpha t + V_2 \cos \beta t) = S$

$l - t(V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta) = S$

$t = \frac{l - S}{V_1 \cos \alpha + V_2 \cos \beta}$

$t = \frac{230}{5 + 5} = 23 \text{ (с)}$

$t = \frac{230}{10}$

$t = \frac{230}{10}$

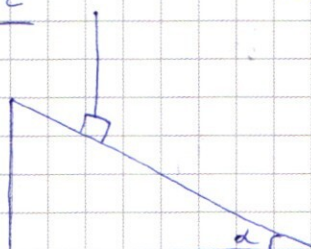
$t = \frac{230}{10}$

$2500 \mid 260$

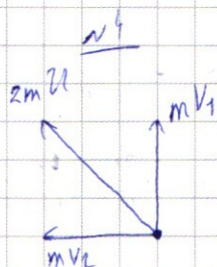
$2500 \mid 26$
 $234 \mid 9$
 160

$2500 \mid 130$
 $130 \mid 1$
 120

№ 2



$Q = \frac{2m u^2}{2}$



$(mV_1)^2 + (mV_2)^2 = 4m^2 U^2$

$m^2 V_1^2 + m^2 V_2^2 = 4m^2 U^2$

$V_1^2 + V_2^2 = 4U^2$

$U = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2}{4}}$

$Q = cm \Delta t$

$\Delta t = \frac{Q}{cm}$

$\Delta t = \frac{\frac{2m u^2}{2}}{cm} = \frac{u^2}{c}$

$\Delta Q = E_{k1} - E_{k2}$

$\Delta Q = \frac{m(V_1^2 + V_2^2)}{2} - \frac{4m U^2}{2}$

$\Delta Q = \frac{m \cdot 10000}{2} - \frac{2m \cdot 2500}{2}$

$\Delta Q = \frac{5000}{2} = \frac{2500m}{2c}$

$1000 \mid 26$
 $78 \mid 3,086$
 220
 208
 12
 156
 24

$1000 \mid 26$
 $78 \mid 38,4$
 220
 208
 120
 104
 16

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$t^2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t^2 = \sqrt{\frac{1,6}{10}}$$

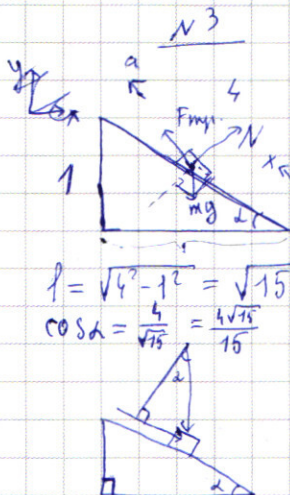
$$t^2 = \sqrt{0,16}$$

$$t = 0,4 \Rightarrow V_2 = gt$$

$$V_2 = 10 \cdot 0,4$$

$$V_2 = 4 \frac{m}{s}$$

$$\begin{array}{r} 500 \\ 26 \overline{) 1300} \\ \underline{520} \\ 280 \\ \underline{208} \\ 72 \end{array}$$



II 3-м законом:

$$ma = F_{мп} - mg \sin \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

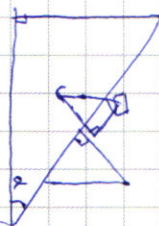
$$F_{мп} = \mu N$$

$$mV_1 = \mu V_2 \sin \alpha$$

$$V_1 = V_2 \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = 0,25$$

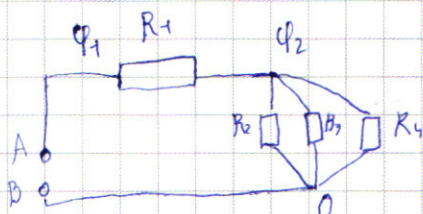
$$ma = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

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



$$7b - 9 = 0$$

$$\frac{z}{27b} - 7 \cdot b \cdot \sin \alpha = h$$



$$\varphi_2 = R_4 \cdot I$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = R_1 I_0$$

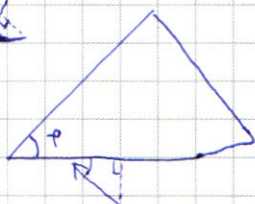
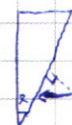
$$R = 3r + \frac{4}{5}r = \frac{15+4}{5}r = \frac{19}{5}r$$

$$\frac{1}{R_{\text{ср}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_{\text{ср}}} = \frac{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}{R_2 R_3 R_4}$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{R_2 R_3 R_4}{R_3 R_4 + R_2 R_4 + R_2 R_3}$$

$$R_{\text{ср}} = \frac{2r \cdot 2r \cdot 4r}{8r^2 + 8r^2 + 4r^2} = \frac{16r^3}{20r^2} = \frac{4}{5}r$$



$$h = \sqrt{R^2 - \frac{R^2}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}R$$

$$\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R_1} = \frac{\varphi}{R_2} + \frac{\varphi}{R_3} + \frac{\varphi}{R_4}$$

выразить φ_2

подставить

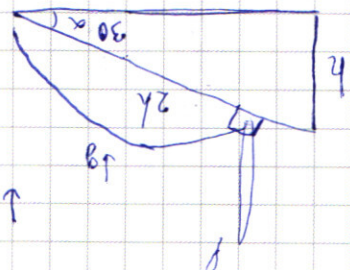
$$\text{и формулу } I = \frac{\varphi_2}{R_4}$$

$$\frac{z}{27b} - 7 \cdot b \cdot \sin \alpha = y$$

$$\frac{7hsa}{s} = 0$$

$$-\left(\frac{z}{27b} - 7 \cdot b \cdot \sin \alpha\right) \cdot 0 = s$$

$$7 \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot 0 = s$$



$$\begin{array}{r} 5 \\ 15 \overline{) 75} \\ \underline{150} \\ 0 \end{array}$$



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)

