МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**
Профиль олимпиады: **Механика и математическое моделирование**
ФИО участника олимпиады: **Жогов Александр Ильич**
Класс: **10-11**

Технический балл: **90**

Дата проведения: **09 марта 2022 года**

Олимпиада «Ломонсов» по механике и математическому моделированию
2021/2022 учебный год
Заключительный этап

ФИО участника: Жогов Александр Ильич

Класс: 10-11

Задача 1	**Задача 2**	**Задача 3**	**Задача 4**	**Задача 5**	**Задача 6**	**Тех. балл***
15 баллов	10 баллов	15 баллов	15 баллов	15 баллов	20 баллов	90 баллов

* Технический балл равняется сумме баллов за решение задач.

Чистовик [redacted] Страница 1

№1

Дано:
$t_1 = 15$ с
$v_1 = 100$ км/ч

$l - ?$

1) Т.к. движение во время разбега является равноускоренным, то запишем для этого участка закон изменения скорости

$$v(t) = 0 + at; \Rightarrow v_1 = v(t_1) = at_1 \rightarrow$$

$$\rightarrow a = \frac{v_1}{t_1}$$

2) Запишем закон движения для самолёта:

$$x(t) = 0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{at^2}{2} \Rightarrow l = x(t_1) = \frac{a \cdot t_1^2}{2} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{v_1}{t_1} \cdot t_1^2 = \boxed{\frac{1}{2} \cdot v_1 t_1}$$

3) $v_1 = 100 \frac{км}{ч} = 100 \cdot \frac{1000}{3600} м/с = \frac{1000}{36} м/с =$

$$= \frac{500}{18} м/с = \frac{250}{9} м/с$$

$$\Rightarrow l = \frac{1}{2} v_1 t_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{250}{9} \cdot 15 = \frac{125}{3 \cdot \cancel{3}} \cdot 5 \cdot \cancel{3} =$$

$$= \frac{125 \cdot 5}{3} = \frac{500 + 125}{3} = \frac{625}{3} = 208 + \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$\begin{array}{l|l} 625 & 3 \\ \hline -6 & 208,3 \\ 025 & \\ -24 & \\ 10 & \\ -9 & \\ 1 & \end{array}$$

При округлении ответ станет равным 208 м

Ответ: 208 м.

Страница 2

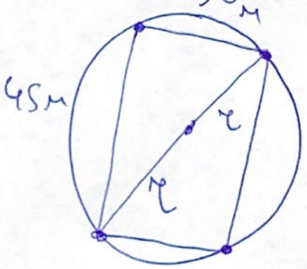
$\boxed{№2}$

Чистовик

Чтобы найти минимальную высоту, для начала, смоделируем конструкцию, по которой будут светить прожекторы.

Для этого разобьем поле на 4 равные части со сторонами $\frac{90}{2}$ и $\frac{60}{2}$, т.е. 45м × 30м

Радиус круга, накрывающего такой прямоугольник полностью, будет минимальным тогда и только тогда, когда все 4 вершины прямоугольника будут лежать на окружности ⇒ центр прямоуг. и окр-ти совпадут:



→ По теореме Пифагора:

$$(2r)^2 = 45^2+30^2 = 15^2(3^2+2^2)$$

3,7

$$\to 2r = 15\sqrt{9+4} \to r = \frac{15\sqrt{13}}{2} \text{ м} = h_{min}$$

$\cancel{\sqrt{13} = 3,}$

$\sqrt{13} \vee 3,5 \;|^2$

$13 \vee 12,25$

$>$

$\sqrt{13} \vee 3,6 \;|^2$

$13 > 12,96$

$\sqrt{13} \vee 3,7 \;|^2$

$13 < 13,69$

$\to 3,6 < \sqrt{13} < 3,7 \quad |\cdot 15$

$1,8 < \frac{\sqrt{13}}{2} < 1,85$

$27 < \frac{15\sqrt{13}}{2} < 27,75$

$27 < h < 27,75$

⇒ минимальная подходящая высота будет равна 27,1м

$\boxed{\text{Ответ: } 27,1\text{м.}}$

Чистовик №3 Страница 3

1) Пусть длина всего пути – X, тогда

$t_1 = \frac{X}{2}\cdot\frac{1}{v_1} = \frac{X}{2v_1}$, где t_1 – время, которое поезд двигался со скоростью $v_1 = 80$ км/ч

Аналогично: $t_2 = \frac{X}{2\cdot v_2}$; $v_2 = 60$ км/ч.

2) Пусть ёмкость аккумулятора равна A, а α – коэффициент потребления заряда за единицу времени при игре в Тетрис, аналогично, φ – для мультфильмов;

По условию: $A = \overset{t_1'}{3}\varphi \to \frac{A}{\varphi} = t_1'$; $\to$ ~~$\frac{3\varphi}{5} = \alpha$~~

$A = \overset{t_2'}{5}\alpha \to$ ~~$\frac{3\varphi}{5} = \frac{A}{5}$~~ ~~$\to \alpha$~~

$\alpha = \frac{t_1'}{t_2'}\varphi$

~~$\varphi = \frac{A}{3} \to \frac{A}{\varphi} = 3$~~

~~3) t – время движения поезда~~

~~$t_3 = t_4 = \frac{t}{2} = \frac{t_1+t_2}{2}$ – время, которое~~

~~Гаврила играл в тетрис, смотрел мультфильмы~~

~~Получается $A = t_3\cdot\alpha + t_4\cdot\varphi = \frac{t}{2}(\alpha+\varphi) =$~~

~~$= \frac{t}{2}\cdot\left(\frac{3\varphi}{5}+\varphi\right) = \frac{t}{2}\cdot\frac{8\varphi}{5} = t\cdot\frac{4\varphi}{5} = A$~~

~~$\to t\cdot\frac{4}{5} = \frac{A}{\varphi} = 3$~~ ~~$2\cdot\left(\frac{X}{v_1}+\frac{X}{v_2}\right) = 15$~~

~~$\to 4\cdot t = 15$~~ ~~$2X\cdot\left(\frac{1}{v_1}+\frac{1}{v_2}\right) = 15$~~

~~$4\cdot\left(\frac{X}{2v_1}+\frac{X}{2v_2}\right) = 15$~~, ~~$2X\cdot\frac{v_1+v_2}{v_1 v_2} = 15$~~

Страница 4 $\boxed{N\,3}$ Продолжение Чистовик

Получается,

$$\cancel{A = \frac{t}{2}} \quad t_0 = \frac{t}{2} = \frac{t_1+t_2}{2} =$$

$$= \cancel{\frac{b}{4}x} \; \cancel{2^{v_1}} \; \frac{1}{2}\left(\frac{x}{2v_1}+\frac{x}{2v_2}\right) = \frac{x}{4}\cdot\frac{v_1+v_2}{v_1 v_2}$$

А также;
$$A = t_0\cdot\varphi + t_0\alpha = t_0(\alpha+\varphi) =$$

$$= t_0\left(\frac{t_1'}{t_2'}\varphi+\varphi\right) = t_0\cdot\varphi\cdot\frac{t_1'+t_2'}{t_2'} = A$$

$$t_0\cdot\frac{t_1'+t_2'}{t_2'} = \frac{A}{\varphi} = t_1'$$

$$t_0 = \frac{t_1' t_2'}{t_1'+t_2'}; \quad \frac{x}{4}\cdot\frac{v_1+v_2}{v_1\cdot v_2} = \frac{t_1'\cdot t_2'}{t_1'+t_2'}$$

$$\Rightarrow x = 4\cdot\frac{t_1'\cdot t_2'\cdot v_1\cdot v_2}{(v_1+v_2)(t_1'+t_2')} =$$

$$= 4\cdot\frac{3\cdot 5\cdot 60\cdot 80}{(3+5)\cdot(60+80)} = 4\cdot\frac{3\cdot 5\cdot 60\cdot 80}{8\cdot 140} =$$

$$= 4\cdot\frac{3\cdot 5\cdot 60}{14} = 2\cdot\frac{3\cdot 5\cdot 60}{7} = \frac{1800}{7}\text{ км}$$

$$\begin{array}{l|l} 1800 & 7 \\ \hline -14 & 257,1 \\ \quad 40 & \\ \; -35 & \\ \quad\;\; 50 & \\ \;\; -49 & \\ \quad\;\; 10 & \end{array}$$

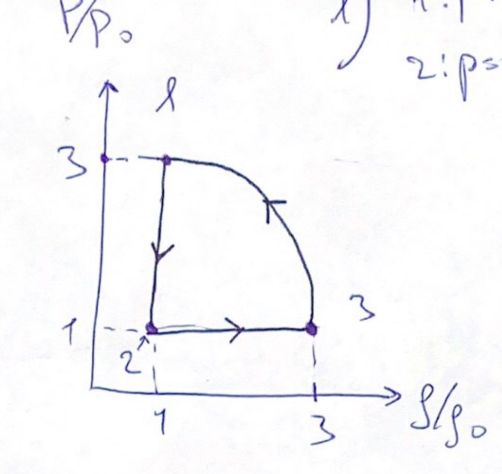
Получается, что при округлении к ближайшему целому числу ответ становится равным 257 км

$\boxed{\text{Ответ: 257 км}}$

Страница 5 | №4 | Чистовик

$pV = \nu RT$

$V = \frac{m}{\rho}$



1) 1: $p\downarrow$; $V = const$; $T\downarrow$

2: $p = const$; $V\downarrow$; $T\downarrow$

$\Downarrow$

~~м~~минимальная температура будет в точке 3, а максимальная в точке 1.

2) $p_1 = 3p_0$; $\rho_1 = \rho_0$; $\rho_3 = 3\rho_0$

$p_2 = p_0$; $\rho_2 = \rho_0$; $p_3 = p_0$

3) По з-ну Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{cases} p_1 \cdot V_1 = \nu \cdot R \cdot T_{max} \\ p_3 \cdot V_3 = \nu R T_{min} \end{cases} \qquad \begin{cases} 3p_0 \cdot \cancel{V_1} = \frac{\rho_0 \cdot \cancel{V_1}}{M} R \cdot T_{max} \\ p_0 \cdot \cancel{V_3} = \frac{3\rho_0 \cdot \cancel{V_3}}{M} \cdot R \cdot T_{min} \end{cases}$$

$$\rightarrow T_{max} = \frac{3p_0}{\rho_0} \cdot \frac{M}{R}$$

$$T_{min} = \frac{p_0}{3\rho_0} \cdot \frac{M}{R}$$

по усл $\eta = \frac{1}{8} \cdot \eta_{max}$

$$A\ \eta_{max} = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}} = \frac{\cancel{3 - 1}\ 3 \cdot \frac{p_0}{\rho_0} \cdot \frac{M}{R} - \frac{1}{3} \frac{p_0}{\rho_0} \cdot \frac{M}{R}}{3 \cdot \frac{p_0}{\rho_0} \frac{M}{R}} =$$

$$= \frac{8/3}{3} = \frac{8}{9} \Rightarrow \cancel{\eta} \Rightarrow \eta = \frac{1}{9}$$

$\boxed{\text{Ответ: } \frac{1}{9}.}$

Чистовик

$\boxed{N5}$ Страница 6

1)
$$\begin{cases} x(t) = 3+\sin t\cdot\cos t-\sin t-\cos t \\ y(t) = 1 \end{cases}$$

$$x(t) = 2+(1-\cos t)\cdot(\sin t+1)$$

$\Rightarrow \min\limits_{x} \cancel{\max}(x) = 2$, т.к. $(1-\cos t)(1+\sin t)\geq 0$

ноль достигается в точках при $t=2\pi a, a\in\mathbb{Z}$, $t=-\frac{\pi}{2}+2\pi b, b\in\mathbb{Z}$

$\to x\geq 2$

2) Т.к. координата по y постоянна, то в ~~любой~~ момент времени, когда частица освещена лучом

$y(t) = 1 = Cx \longrightarrow x=\frac{1}{c}$

$c=\frac{1}{x}$

Из условие, что $x\geq 2$ следует, что $C\leq\frac{1}{2}$

3) Теперь нужно ограничить C с другой стороны, для этого достаточно найти наибольшее значение выражение $x(t) = 3+\sin t\cdot\cos t-\sin t-\cos t$.

4) $x'(t) = \cos 2\cancel{t}-\cos\cancel{t}+\sin\cancel{t}$

$\cancel{\dot{x}(t)}$ $\dot{x}(t)=0=\cos 2\cancel{t}-\cos\cancel{t}+\sin\cancel{t}$

$\cos 2t-\cos t+\sin t=0$

$\cos^2 t-\sin^2 t-\cos t+\sin t=0$

$(\cos t-\sin t)(\cos t+\sin t)-(\cos t-\sin t)=0$

$(\cos t-\sin t)(\cos t+\sin t-1)=0$

$$\left[\begin{aligned} &\cos t-\sin t=0 \quad (1) \\ &\cos t+\sin t-1=0 \quad (2) \end{aligned}\right.$$

Чистовик (1): $\boxed{N5}$ продолжение (1)

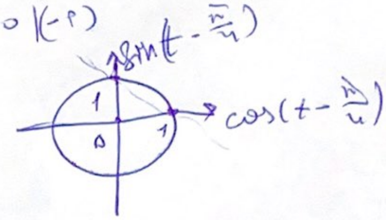
Страница 7

$\cos t - \sin t = 0$

$\sin\frac{\pi}{4}\cdot\cos t - \sin t\cdot\cos\frac{\pi}{4} = 0 \;|\cdot(-1)$

$\sin\left(t-\frac{\pi}{4}\right) = 0$

$t = \frac{\pi}{4} + \pi n,\ n\in\mathbb{Z}$



(2): $\cos t + \sin t - 1 = 0$

$\sin t + \cos t = 1$

$\frac{\sqrt{2}}{2}\sin t + \frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\cos t = \frac{\sqrt{2}}{2}$

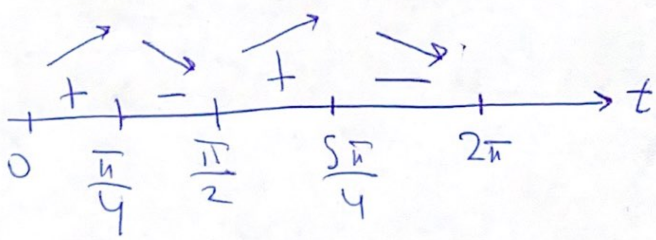
$\sin\left(t+\frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$\left[\begin{array}{l} t+\frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{4} + 2\pi k \\ t+\frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4} + 2\pi l \quad l,k\in\mathbb{Z} \end{array}\right.$$

Получается:

$$\left[\begin{array}{l} t = 2\pi k, \\ t = \frac{\pi}{2} + 2\pi l, \\ t = \frac{\pi}{4} + \pi n,\ n,k,l\in\mathbb{Z}. \end{array}\right.$$ → в этих точках производная равна нулю.

Заметим, что на промежутке от $\frac{\pi}{2}$ до $\frac{5\pi}{4}$ ~~ф-я~~ производная больше 0 => ф-я возрастает



Рассмотрим интервал, где $t\in[0;2\pi]$, т.к. наша функция периодична

Нас интересует максимальное значение функции, поэтому рассмотрим ~~до~~ значение ф-ии в точках $t=\frac{\pi}{4}$ и $t=\frac{5\pi}{4}$.

Чистовик Страница 8 $\boxed{N5}$ Продолжение ②

Страница 8

$$x\left(\frac{\pi}{4}\right) = \cancel{3\cdot\sin\frac{\pi}{4}\cdot\cos\frac{\pi}{4} - \sin\frac{\pi}{4}} =$$

$$= 2 + (1-\cos t)\cdot(\sin t + 1) =$$

$$= 2 + \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right) = 2 + 1 - \frac{1}{2} = 2,5$$

$$x\left(\frac{5\pi}{4}\right) = 2 + \left(1 - \cos\frac{5\pi}{4}\right)\left(\sin\frac{5\pi}{4} + 1\right) =$$

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

$$= 2 + \frac{1}{2} + 2\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\cdot 1 + 1 = 2 + \frac{1}{2} + \sqrt{2} + 1 =$$

$$= 3 + \sqrt{2} + \frac{1}{2} = \frac{7}{2} + \sqrt{2} = \frac{7 + 2\sqrt{2}}{2}$$

Получаем $x \le \frac{7+2\sqrt{2}}{2} \Rightarrow c \geq \frac{2}{2\sqrt{2}+7}$

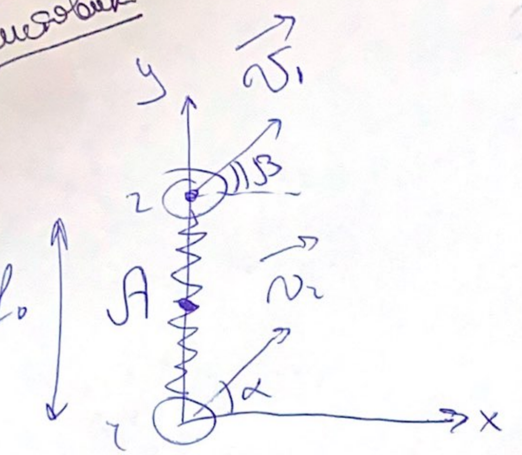
То есть подходят c, такие что:

$$c \in \left[\frac{2}{2\sqrt{2}+7}; \frac{1}{2}\right]$$

$$\boxed{\text{Ответ: } \left[\frac{2}{2\sqrt{2}+7}; \frac{1}{2}\right]}$$

Чистовик

$\boxed{N6}$ Страница 9



Запишем ур-я движения для грузов 1 и 2

$$1: \; y_1(t) = v_2 \cdot \sin\alpha \, t - \frac{gt^2}{2}$$

$$2: \; y_2(t) = l_0 + v_1 \cdot \sin\beta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

В любой момент времени координату середины пружины можно определить следующим образом

$$y_c = \frac{y_1(t) + y_2(t)}{2}$$, т.к. это середина пружины:

$$y_c = \frac{y_1(t) + y_2(t)}{2} = \frac{l_0}{2} - \frac{gt^2}{2} + \frac{v_1 \cdot \sin\beta + v_2 \cdot \sin\alpha}{2} t$$

Теперь найдем максимальное значение этой функции. Это парабола ветвями вниз, поэтому максимальное значение будет в точке - вершине параболы.

Пусть $\varphi = \frac{v_1 \cdot \sin\beta + v_2 \cdot \sin\alpha}{2}$, тогда $X_{верш} = \frac{\cancel{\;}}{2\left(-\frac{g}{2}\right)} =$

$$= \frac{-\varphi}{2\left(-\frac{g}{2}\right)} = \frac{\varphi}{g}$$

$$\Rightarrow y_{max} = y_c(X_{верш}) = \frac{l_0}{2} - \frac{g}{2} \cdot \frac{\varphi^2}{g^2} + \varphi \cdot \frac{\varphi}{g} = \frac{l_0}{2} + \frac{\varphi^2}{2g}$$

Чистовик

$\boxed{№6}$ Продолжение

Страница 10

$$\Rightarrow \Delta y = y_{max} - \frac{l_0}{2}$$

начальное положение

$$\frac{\varphi^2}{2g} = \frac{(v_1 \cdot \sin\beta + v_2 \cdot \sin\alpha)^2}{8g}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } \frac{(v_1 \cdot \sin\beta + v_2 \cdot \sin\alpha)^2}{8g}.}$$

$(v_1 \cdot \sin\beta - v_2 \cos\alpha)$

$v' = (v_1 \cdot \sin\beta - v_2 \cdot \sin\alpha)$

$E_1 = mg\ell_0 + \frac{mv_1^2}{2}$

$E_2 = \frac{mv_2^2}{2}$

$\frac{1}{2} \cdot \frac{5}{2}\sqrt{16425} \vee 15\sqrt{20}$

$\sqrt{16425} \vee 60 \cdot \sqrt{20}$

$\sqrt{45^2+30^2} = $

$\frac{15\sqrt{3^2+2^2}\,2}{2} = \frac{15\sqrt{13}}{2}$

45 | 45

30

30

Черновик

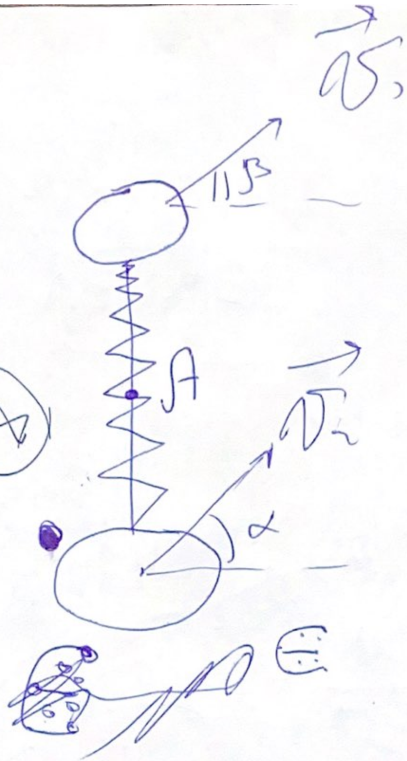
$3{,}7 \times 3{,}7 = 259 + 111 = 1369$

$15 \times 1{,}8 = 120 + 15 = 27{,}0$

$1{,}85 \times 15 = 925 + 185 = 27{,}75$

5

6

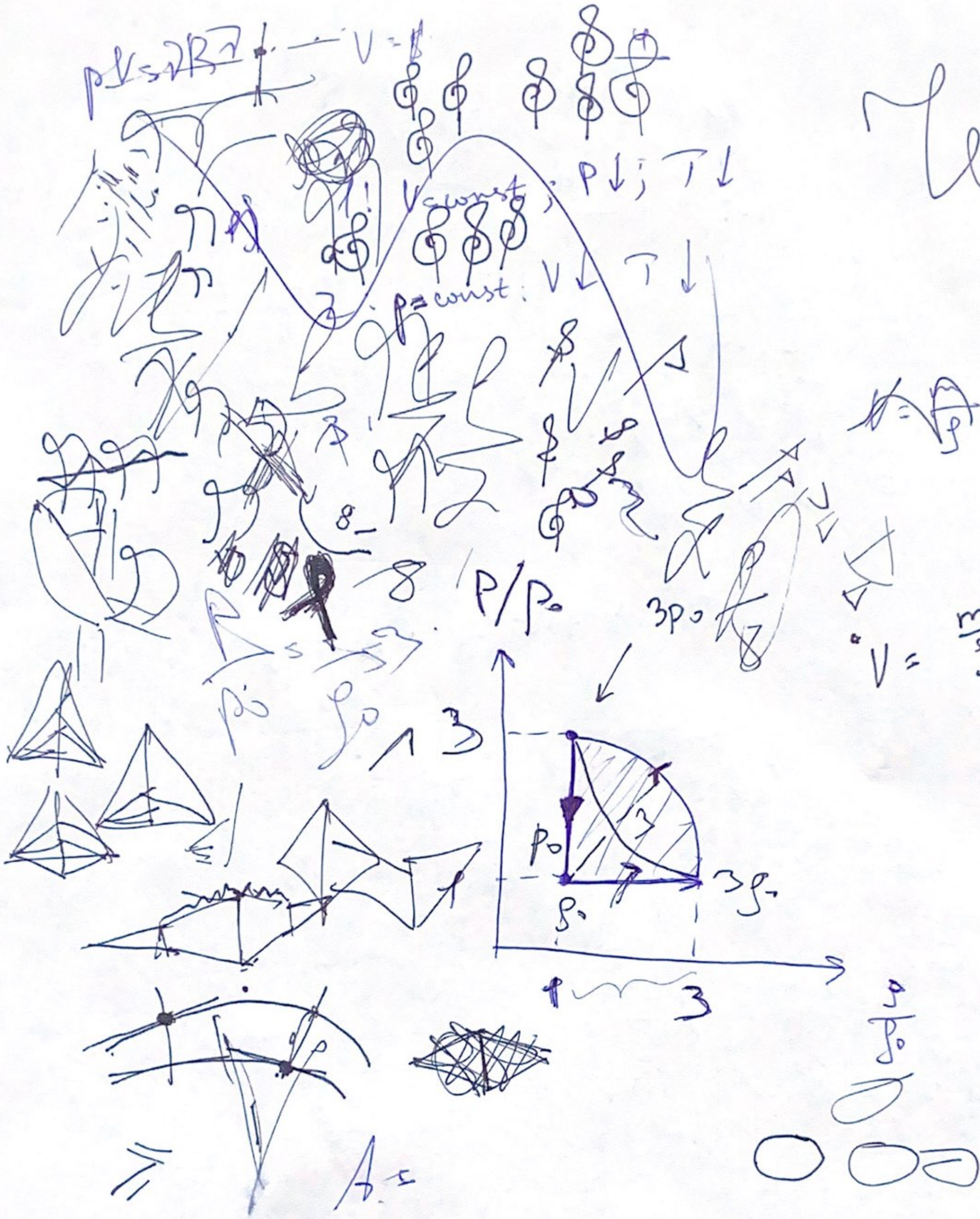


$$E_1 = mgl_0 + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$E_2 = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Черновик

5



$$\alpha = \frac{3\varphi}{5} + \varphi$$

$$\frac{t}{2}\cdot\varphi + \frac{t}{2}\cdot\alpha = A$$

$$\frac{lS}{2}\cdot\frac{60-80}{60+80}$$

$$\frac{t}{2}(\alpha+\varphi) = A$$

$$lS\cdot\frac{3\cdot 80}{14} = lS\cdot 3$$

$$\frac{t}{2}\cdot\frac{8\varphi}{5} = A$$

$$t = \frac{lS}{}$$

$$\frac{t}{5}\cdot 4 = \frac{A}{\varphi} = 3$$

α - коэфф разведен

1) A - ёмкость

$\frac{t}{2}$ - Tetris — α

$\frac{t}{2}$ - ~~[illegible]~~ film cartoons — φ

$\cancel{\varphi}$ $A = 3\varphi$ $\rightarrow$ $\frac{3\varphi}{5\alpha} = 1$

$A = 5\alpha$ $3\varphi = 5\alpha \rightarrow \alpha = \frac{3}{5}\varphi$

$\frac{1}{\varphi} = 3$

v_1 v_2

$\frac{S}{2}$ $\frac{S}{2}$

$X_1 = X_2 = \frac{t}{2}$

$t_1 = \frac{S}{2v_1}$ [illegible]

$t_2 = \frac{S}{2v_2}$

$t = \frac{S}{2}\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)$

$A = X_1 \cdot \frac{3}{5}\varphi + X_2 \cdot \varphi =$

$= \varphi \cdot X_1 \cdot \frac{8}{5}$ $A = \varphi \cdot X_1 \cdot \frac{8}{5}$

$\frac{A}{\varphi} = X_1 \cdot \frac{8}{5}$ $15 = S \cdot \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{40}\right)$

$3 = \frac{t}{2} \cdot \frac{8}{5}$ $15 = S \cdot \frac{4+3}{120}$

$3 = t \cdot \frac{4}{5}$

$15 = 4 \cdot t = 4 \cdot \frac{S}{2} \cdot \left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)$

$15 = 2 \cdot S\left(\frac{1}{60} + \frac{1}{80}\right) =$

0

~~1~~
2
3
4
5
6

№ 1

8100
$+ \ 225$
4.8325

Черничин

(3)

$\sqrt{16423}$

4

15 с

$t_1 = 15$ с

$v_1 = 100 \frac{км}{ч} =$

$= \cancel{100} \frac{1000\,м}{3600\,с} =$

$= \frac{1000}{36}$ м/с $= \frac{250}{9}$ м/с

$\sqrt{\left(\frac{45}{2}\right)^2 + 60^2} = 45^2 + 14400$

14400
$+ \ 2025$
16425

$v(t_1) = 0 + at_1 = v_1$

$x(t) = v_0 t + \frac{at^2}{2}$

$4\pi h^2 \geq S$

1 м

S

$\sqrt{\left(\frac{45}{2}\right)^2 + 60^2}$

$4 \cdot \pi \cdot h^2 \geq 90 \cdot 60$

$\pi h^2 \geq 45 \cdot 30$

$\cancel{\pi} h^2 \geq 3 \cdot 3^2 \cdot 5 \cdot 5 \cdot \cancel{3} \cdot 2$

$h^2 \geq 3^2 \cdot 5^2 \cdot 2$

$h \geq 15\sqrt{2}$

$4\pi r^2$ 4п

$r = \sqrt{90^2 + 15^2}$

4п

4пl

$4\pi h^2$

$S = \pi r^2 \Big|_{r=h} =$

$= \pi h^2$

$4\pi h^2$

$\frac{S}{2}$

Pxy

$$\begin{cases} x(t) = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t \\ y(t) = 1 \end{cases}$$

$\dot{x}(t) = \cos(2x) - \cos x + \sin x$

$1 = 2x \to x = \frac{\ell}{2}$ $\qquad \ell = \frac{\ell}{2} \delta$

$x(t) = 3 + \sin t \cdot \cos t - \sin t - \cos t =$

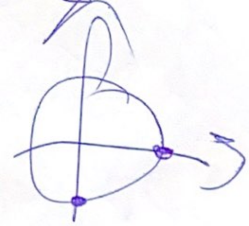
$= 3 + \sin(1 - \cos t) = 2 + (1 - \cos t)(\sin t + 1)$

$X = \frac{\ell}{C}$ $\qquad 1 = C \cdot X$ $\qquad x \geq 2$

$\cancel{X} \; C = \frac{\ell}{\delta}$

$X(\delta)\ \underline{max}\ ?$ $\qquad C = \frac{\ell}{2}$

$\cos$



Черновик

$t_1 \varphi = A$

$t_2 \alpha = A$

$\frac{\alpha}{\varphi} = \frac{t_1}{t_2} \varphi$

$A =$

$t_0 = \frac{\ell}{2}\left(\frac{x}{2v_1} + \frac{x}{2v_2}\right)$

$\frac{\ell}{2}\left(\right. \quad \frac{\ell}{2} \cdot \frac{x}{2}\left(\frac{v_1+v_2}{v_1 v_2}\right)$

$t_0 \varphi = \frac{A}{2}$

$A = t_0 \varphi + t_0 \cdot \alpha$

$A = t_0 \cdot \left(\frac{t_1+t_2}{t_2} \varphi \right.$

$\frac{A}{\varphi} \cdot \frac{t_2}{t_1+t_2} = t_0$

$\frac{t_1 t_2}{t_1+t_2}$

Черновик

②

$\boxed{N3}$ Продолжение:

(4)

$$2x \cdot \frac{v_1+v_2}{v_1 \cdot v_2} = 15$$

$$\rightarrow x = \frac{15}{2} \cdot \frac{v_1 \cdot v_2}{v_1+v_2} = \frac{15}{2} \cdot \frac{60 \cdot 80}{60+80} =$$

$$= \frac{15}{2} \cdot \frac{6 \cdot 80}{6+8} = \frac{15}{2} \cdot \frac{3 \cdot 40}{3+4} = \frac{15 \cdot 3 \cdot 20}{7} =$$

$$= \frac{45 \cdot 20}{7} = \frac{900}{7} \text{ км}$$

$$\begin{array}{r|l} 900 & 7 \\ \hline -7 & 128{,}57 \\ 20 & \\ -14 & \\ 60 & \\ -56 & \\ 40 & \\ -35 & \\ 50 & \end{array}$$

При округлении до ближайшего целого числа ответ становится равен

$x = 129$ км

$\boxed{\text{Ответ: } 129 \text{ км}}$

Черновик