



## ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»



### Вариант задания

2

Лист работы

1 из 10

N7.

- №7.
- ① Пусть  $v$ -исконная скорость источника  
Звук распространяется со скоростью  $330 \text{ м/с}$ . Пусть  
период ~~этой~~ звуковой волны, которую ~~этот~~ выдает  
динамик, равен  $T$  (а на постое изображен  
именно движущийся динамик, а белыми отрез-  
ками изображения ~~ниже~~ либо части звуковой волны,  
либо ~~то~~ в целом волны, если динамика выдает  
звук короткое время, а после замолкает,  
это не принципиально).
- ② Если бы динамик стоял на месте, то  
~~перiodы~~ расстояния между "отрезками"  
слева и справа были бы равны. Однако, когда  
динамика движется, происходит следующий  
процесс:
- динамика излучает в пороги волны
  - динамика сдвинулся на рас  $v \cdot T$
  - динамика породил волну (первый турин).
- При этом одна волна с одной стороны



Вопрос: чему равен  $\lambda$  "гити" от гитишана  
на  $v_{\text{звука}} \cdot T - vT$ , а с группой на  $v_{\text{звука}} \cdot T + vT$ .



Решение:

$$\begin{cases} (v_{\text{звука}} - v)T = x \\ T(v_{\text{звука}} + v) = 3x \end{cases}$$

$$\text{Решение: } \frac{(v_{\text{звука}} - v)T}{T(v_{\text{звука}} + v)} = \frac{x}{3x} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{v_{\text{звука}} - v}{v_{\text{звука}} + v} = \frac{1}{3}$$

$$3(v_{\text{звука}} - v) = v_{\text{звука}} + v$$

$$2v_{\text{звука}} = 4v$$

$$v = \frac{v_{\text{звука}}}{2}$$

$$v = \frac{330}{2} = 165 \text{ м/с.}$$

$$\text{Ответ: } v = 165 \text{ м/с.}$$

NR

NR

NR





№2.

Дано:  $m$  — масса льда (и масса воды тоже  $m$ ).

$\lambda = 0,32 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$  (удельная теплота плавления льда)

$c_v$  (удельная теплоёмкость воды)  $= 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$

$c_l = 2100 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$  (удельная теплоёмкость льда)

Решение:

① Из графика понятно, что  $t_1$  — <sup>начальная</sup> температура воды, а  $t_2$  — начальная температура льда (т.к.  $t_1 > t_2$ ).

② Эксперимент можно условно разделить на 3 этапа:

- ①. Охлаждение воды и нагрев льда
- ②. Охлаждение воды и плавление льда.
- ③. Как. Охлаждение одной части воды и нагрев другой части.

③ На первом этапе, как видно, поскольку массы воды и льда равные то вода охлаждается быстрее, чем лёд нагревается (т.к.  $c_v = 2c_l$ ), а переданное тепло, предположительно, распределяется равномерно. Из графика мы видим примерно то же самое, хотя,



конечно, без наличия <sup>„рисочка“</sup> ~~насыщения~~ на и в целом масштаба + по вертикальной оси мы не можем это точно утверждать.



④ На втором этапе лёд тает, а вода (исходная) прогревается с той же скоростью.

Чтобы растопить ~~m~~ <sup>m</sup> льда, нужно  $Q_1 = m l$ , а чтобы ~~нагреть~~ <sup>нагреть</sup> ~~m~~ <sup>m</sup> вода на  $t_2$  нужно  $Q_2 = m c t_2$ . Из графика видно, что на первый процесс было потрачено 10 единиц теплоты, а на второй только 4. Тогда  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{10}{4} = \frac{5}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{m l}{m c t_2} = \frac{5}{2} \Rightarrow \frac{l}{c \cdot t_2} = \frac{5}{2} \Rightarrow \boxed{t_2 = \frac{2l}{5c}} \Rightarrow$$

~~$$t_2 = \frac{2 \cdot 330000}{5 \cdot 2100} = \frac{6600}{105} = 62,86 \approx 63^\circ \text{C}$$

$$t_2 = \frac{2 \cdot 0,32 \cdot 10^6}{5 \cdot 2100} = \frac{6400}{105} = 60,95 \approx 61^\circ \text{C}$$~~

(здесь я брал  $t_2$  как  $|t_2|$ , в реальности  $t_2 = -61^\circ \text{C}$ )

⑤ Запомним также, что ~~в момент, когда~~ <sup>на</sup> ~~всё~~ <sup>всё</sup> лёд растаял, ~~то~~ <sup>то</sup> лёд превращается в воду, его теплоёмкость =  $c_b$





Вариант задания

2

Лист работы

3 из 10

вода, а температура  $= 0^\circ\text{C}$ . По условию при этом из графика видно, что на нагрев льда массы  $m$  до  $t_2$  потребовалось такое же количество теплоты, как на нагрев такой же массы воды на  $\theta$  градусов. При этом на первый процесс нужно  $Q = c_1 \cdot t_2 \cdot m$  теплоты, а на второй  $Q = c_2 \cdot \theta \cdot m \Rightarrow c_1 \cdot t_2 \cdot m = c_2 \cdot \theta \cdot m \Rightarrow$   
 $\Rightarrow c_1 \cdot t_2 = c_2 \cdot \theta \Rightarrow \frac{t_2}{\theta} = \frac{c_2}{c_1} = 2$  (здесь  $t_2$  означает по условию  $|t_2|$ , но если положительное значение)

Тогда:

$$\theta = \frac{t_2}{2} = 30,5^\circ\text{C}.$$

Заметим также, что ~~какое~~ количество теплоты, которое приобрел лёд и количество теплоты, которое потеряла вода, равно. Вода потеряла  $m c_2 (t_1 - \theta)$ , лёд приобрел  $m c_1 t_2 + \lambda m + \theta \cdot m \cdot c_2$ .

При этом  $|t_2| = 61^\circ\text{C}$ ,  $\theta = 30,5^\circ\text{C}$ ,  $c_1 = 2100 \text{ Дж/кг}$   
 $c_2 = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{K}$ .

Тогда:

$$m \cdot 4200 \cdot \left( \frac{t_1}{2} - 30,5 \right) = 61 \cdot m \cdot 2100 + 0,32 \cdot 10^6 \cdot m + 30,5 \cdot m \cdot 4200$$



$$4200 \cdot \frac{(t_1 - 30,5)}{30,5} = 61 \cdot 2100 + 0,32 \cdot 10^6 + 4200 \cdot 30,5$$



$$4200(t_1 - 30,5) = 128100 + 320.000 + 128100$$

$$4200(t_1 - 30,5) = 576200$$

$$t_1 - 30,5 \approx 137,2$$

$$t_1 \approx 167,7^\circ\text{C}$$

При этом вода не может быть настолько высокой температуры, она была бы паром, а на графике мы бы увидели "плато" соответствующее процессу конденсации. Значит, аспирант что-то напутал. Возможно, он неправильно представил "чёрточку" на горизонтальной оси. Действительно, на плавление льда в любом случае нужно  $0,32 \cdot 10^6 \text{ м}$  теплоты  $\Rightarrow$  на нагрев льда  $\frac{0,32 \cdot 10^6}{5} \text{ м}$  теплоты,

то есть всего за ещё на нагрев получившейся после таяния воды  $\frac{2 \cdot 0,32 \cdot 10^6}{5} \text{ м}$  теплоты  $\Rightarrow$  всего  $\frac{9 \cdot 0,32 \cdot 10^6}{5} \text{ м}$ , эта теплота может прийти только из воды  $\Rightarrow$  это она охладит воду на  $\frac{9 \cdot 0,32 \cdot 10^6}{5}$

$\frac{9 \cdot 0,32 \cdot 10^6}{5} = 137,1$  градусов  $\Rightarrow$  вода вначале была  $\frac{4200}{\text{температурой}} = 100^\circ\text{C} \Rightarrow \times$ .

Таким образом, если судить по графику то  $t_1 = 137,1^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = -61^\circ\text{C}$ ,  $\theta = 30,5^\circ\text{C}$ , однако в силу невозможности данных значений, руководителем остаётся недовольство такой работой (теоретически





такие значения температуры понемногу возможны,  
но это при большом давлении, чего не указано,  
в условии, это если вода изначально была паром,  
что что? никак не отображено на графике.  
Если же энергия идет действительно проводимая  
при большом давлении, то тогда такие

№ 18.

Если же давление действительно было большим,  
то тогда такое возможно (но масштаб на  
вертикальной оси всё равно нужно было указать).

№ 3.

Дано:  $S, \mu$ .

$$F_{\text{тр}} = N \cdot \mu = mg \mu \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

Решение:

① на  $F_{\text{тр}}$

№ 5.

Дано:  $h = 2,5 \text{ м}$   $t_{\text{н}} = 20^\circ \text{C}$

$x = 3 \text{ м}$

$P = 340 \text{ Вт}$

$y = 8 \text{ м}$

~~$P = 340 \text{ Вт}$~~

Решение:

① Окна и двери мастерской были

но можно заарамы  $\rightarrow$  будем считать  
помещение герметичным.



$$(2) \quad PV = \nu RT$$

$\Delta U = \frac{5}{2} \nu RT$  (лучше считать воздух двухатомным газом, т.к. в воздухе много азота, для упрощения).

$$Q = A + \Delta U$$

\* Поскольку объём колпачка постоянен,  $A = 0$ .  
 $\Rightarrow Q = \Delta U$

Объём колпачка  $V = 3 \cdot 6 \cdot 2,5 = 60 \text{ см}^3$

$$T_H = 20^\circ \text{C} = 293^\circ \text{K}$$

\* При этом лампочка это черпнет  $340 \text{ Дж}$  в секунду (т.к.  $P = 340 \text{ Вт}$ )  $\Rightarrow$  за полчаса она сожжёт  $340 \cdot 60 \cdot 30 = 612000 \text{ Дж} \Rightarrow Q = 612000 \text{ Дж}$   
 $\Rightarrow \Delta U = 612000 \text{ Дж}$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu RT = 612000$$

При этом  $PV = \nu RT$  (для насыщенного пара воды).

Изначально:

$$P_H \cdot V = \nu R T_H$$

Потом:

$$P_K \cdot V = \nu R T_K$$

При этом:

$$\frac{5}{2} \nu R (T_K - T_H) = 612000 \text{ Дж} \Rightarrow \nu R (T_K - T_H) = 244800 \text{ Дж}$$

$$\begin{aligned} V(P_K - P_H) &= \nu R (T_K - T_H) = 244800 \\ P_K - P_H &= \frac{244800}{60} = 4080 \text{ Па} \end{aligned}$$

$$P_H = P_{\text{ATM}} = 10^5 \text{ Па} \Rightarrow P_K = P_{\text{ATM}} + 4080 = 104080 \text{ Па}$$





Вариант задания

2

Лист работы

5 из 10

Тогда:

$$\begin{cases} p_H V_H = \nu R T_H \\ p_K V_K = \nu R T_K \end{cases}$$

$$\nu R = \frac{p_H V}{T_H}$$

$$p_K V = \frac{p_H V T_K}{T_H}$$

$$p_K = \frac{p_H T_K}{T_H}$$

$$T_K = \frac{p_K T_H}{p_H}$$

$$T_K = \frac{104080 \cdot 293}{100000} = 305 \text{ K} = 32 \text{ }^\circ\text{C}$$

При  $32^\circ\text{C}$   $p_{\text{НП}} = 4,7578 \text{ кПа}$

$$\frac{p_H}{p_K} = \frac{T_H}{T_K}$$

Тогда при  $32^\circ\text{C}$  влажность  
стала  $\varphi$  равна  $30\% =$   
 $1,43 \text{ кПа}$ .

Запишем уравнения Клапейрона-Менделеева  
для насыщенных паров:

$$\begin{cases} p_H V = \nu R T_H \\ p_K V = \nu R T_K \end{cases} \quad \text{где } V = 60 \text{ м}^3, T_H = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$
$$T_K = 32^\circ\text{C} = 305 \text{ K}, p_K = 1,43 \text{ кПа}$$



Тогда: 
$$p_k V = \frac{p_k V}{T_k}$$



$$p_H V = \frac{p_k V T_H}{T_k}$$

$$p_H = \frac{p_k T_H}{T_k} = \frac{143 \cdot 10^3 \cdot 293}{305} = 137 \cdot 10^3 \text{ Па} = 1,37 \text{ МПа}$$

$$\frac{p_H}{p_{H.П}} = \frac{\eta_H}{100\%} \Rightarrow \text{РА } \eta_H = \frac{1,37}{42,34} \cdot 100\% = 59\%$$

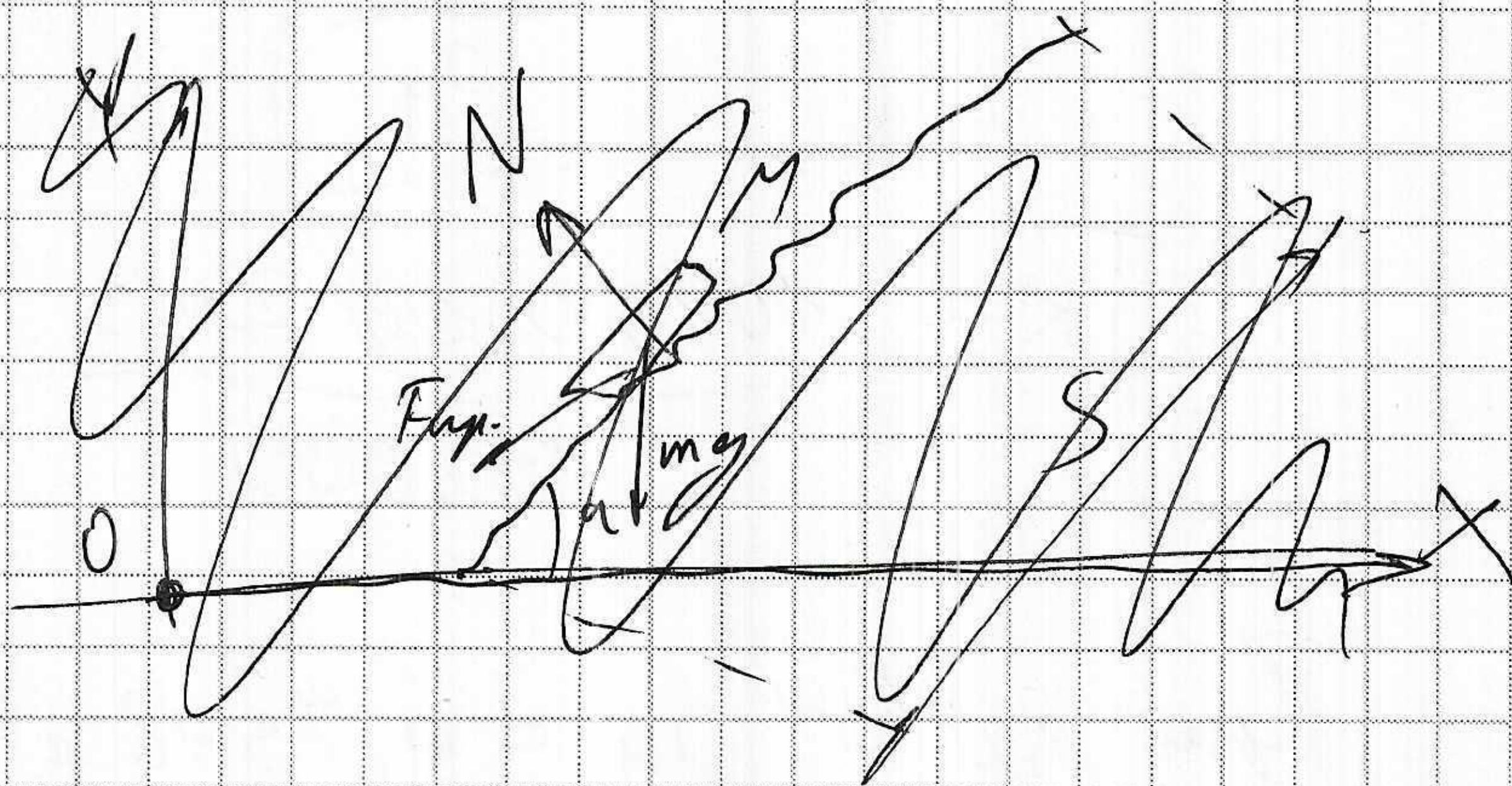
↓  
для 20°C

Ответ:  $\eta_H = 59\%$ .

№3.

Дано:

$$\begin{aligned} m &= 0,7 \\ \alpha &= 30^\circ \\ l &= 0,5 \text{ м} \\ L &= 2 \text{ м} \\ \cos \alpha &= \sqrt{1 - \frac{9}{25}} \\ &= \frac{4}{5} \end{aligned}$$



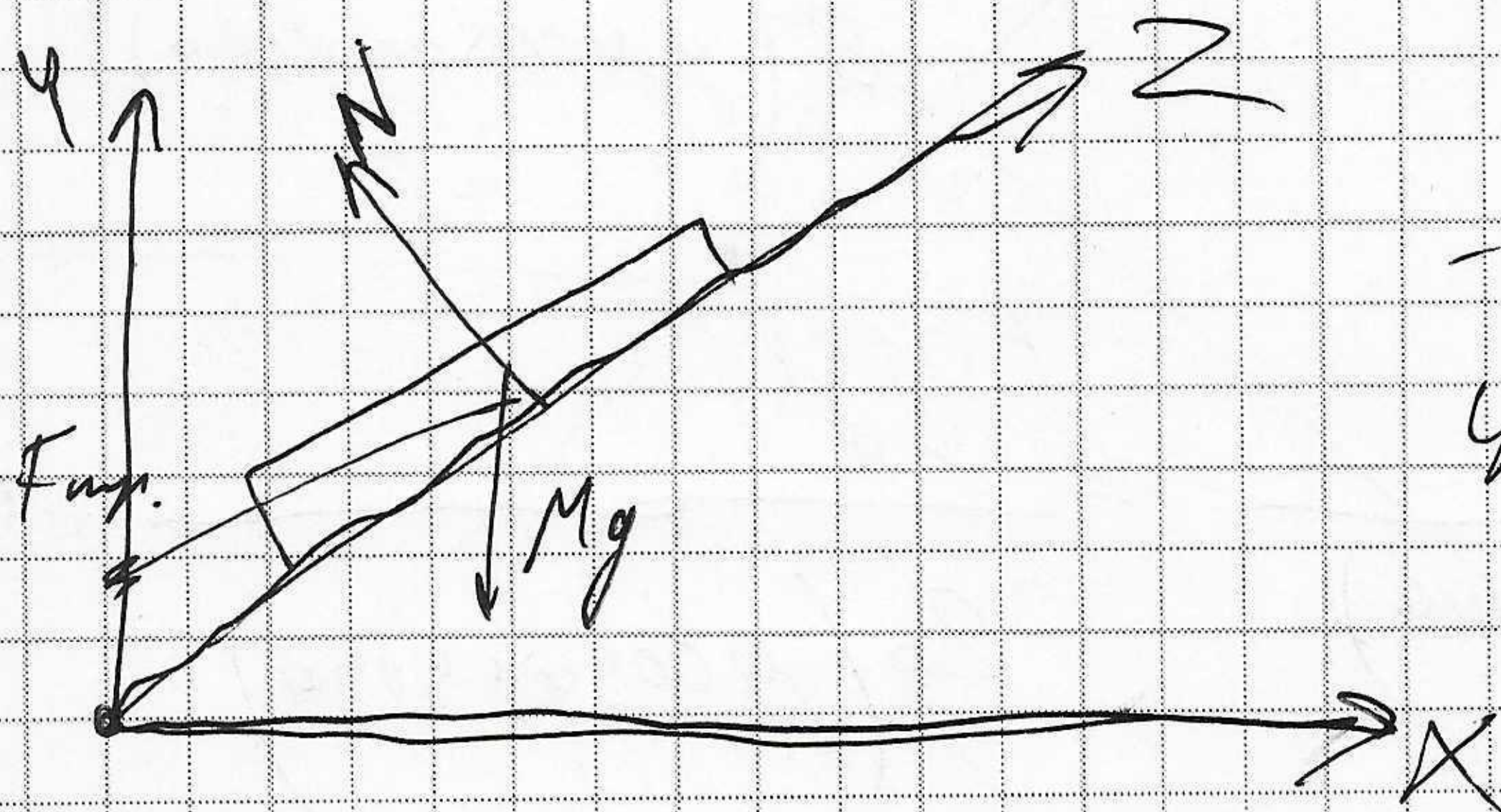
Решение:

①  $F_{\text{тр}} = mg \mu \cos \alpha$  Таким образом, сила трения зависит только от массы человека <sup>и угла наклона</sup> т.к.  $\mu = \text{const}$ ,  $\alpha = \text{const}$ ,  $g = \text{const}$  для данной задачи). Тогда выражаем

Решение:

Решение:





- когда ледянки  
уже полностью  
на горе

② По ~~OX~~ OZ:  $F_{обш} = F_{тр} + Mgs\sin\alpha$ , где  
 $M$  - общая масса ледянки и человека на  
ней.

При этом  $F_{обш} = Ma$ , где  $a$  - ускорение

Пусть  $m_1$  - масса мамонта

$m_2$  - масса фризана

$m_3$  - масса маленькой ледянки

$m_4$  - масса большой ледянки.

~~Ледянки, судя по ~~всему~~ всему, ~~отличаются~~~~  
~~только ~~то~~ Большая ледянка в 4 раза~~  
~~длиннее маленькой  $\Rightarrow$  она и в 4 раза тяж-~~  
~~жел  $\Rightarrow m_4 = 4m_3$~~

③ Найдем расстояние, которое проедет  
ледянка:  $\frac{at^2}{2} = \frac{gl_1}{2}$  (это расстояние, кото-  
рое проедет ледянка),  $l_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{F_{обш}t^2}{2M} = \frac{(F_{тр} + Mgs\sin\alpha)t^2}{2M} =$   
 $= \frac{(Mg\mu\cos\alpha + Mgs\sin\alpha)t^2}{2M} = \frac{(g\mu\cos\alpha + g\sin\alpha)t^2}{2}$ . При этом



$$t = \frac{v_0}{a} \Rightarrow l_1 = \frac{(gM \cos \alpha + g \sin \alpha) v_0^2}{2 a^2}$$



$$= \frac{(gM \cos \alpha + g \sin \alpha) v_0^2}{2 \left( \frac{F_{\text{одн}}}{M} \right)^2} = \frac{g(M \cos \alpha + \sin \alpha) v_0^2}{2 (gM \cos \alpha + g \sin \alpha)^2}$$

$$= \frac{v_0^2}{2(gM \cos \alpha + g \sin \alpha)} = \frac{v_0^2}{2g(M \cos \alpha + \sin \alpha)} = l$$

Наши образы ни ускорения, ни скорости от  $M$  не зависят.

Рассмотрим ~~при этом~~ ~~задачу~~ посыл на гору как два этапа:

- Начало ледянки уже скользит вверх, но конец еще не встал на гору и движется горизонтально.

- Вся ледяная уже на горе полностью

На первом этапе  $F_{\text{одн}}$ , действующая на ледянку, равна  $\Delta Mg(M \cos \alpha + g \sin \alpha)$ , где  $\Delta M$  — та

часть массы ледянки и человека, которая уже встала на гору. Заметим также,

что у второй ледянки этапа №2 (когда она уже полностью на горе) не будет.

Построим график зависимости  $F_{\text{одн}}$  от коор-





Вариант задания

2

Лист работы

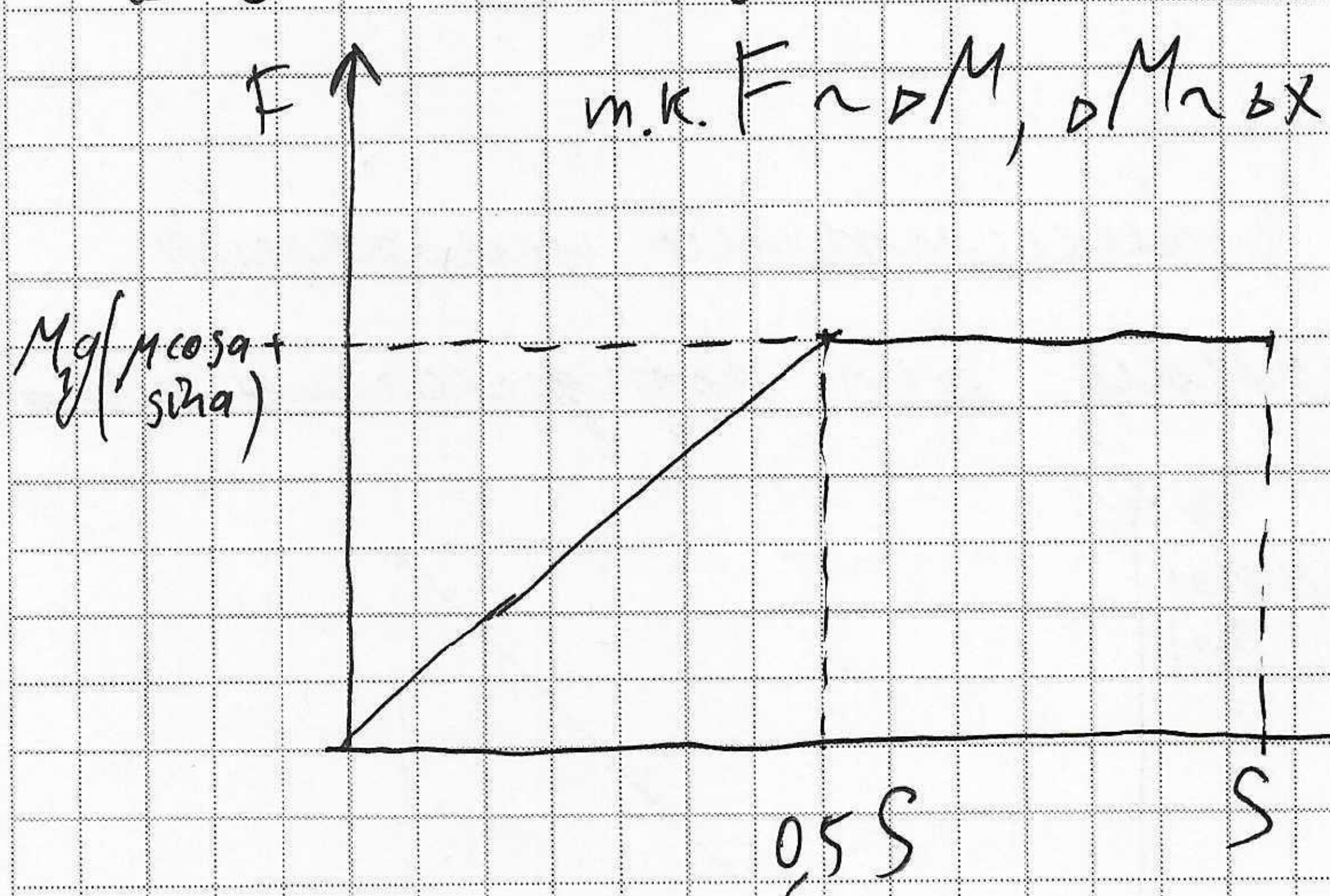
7

из

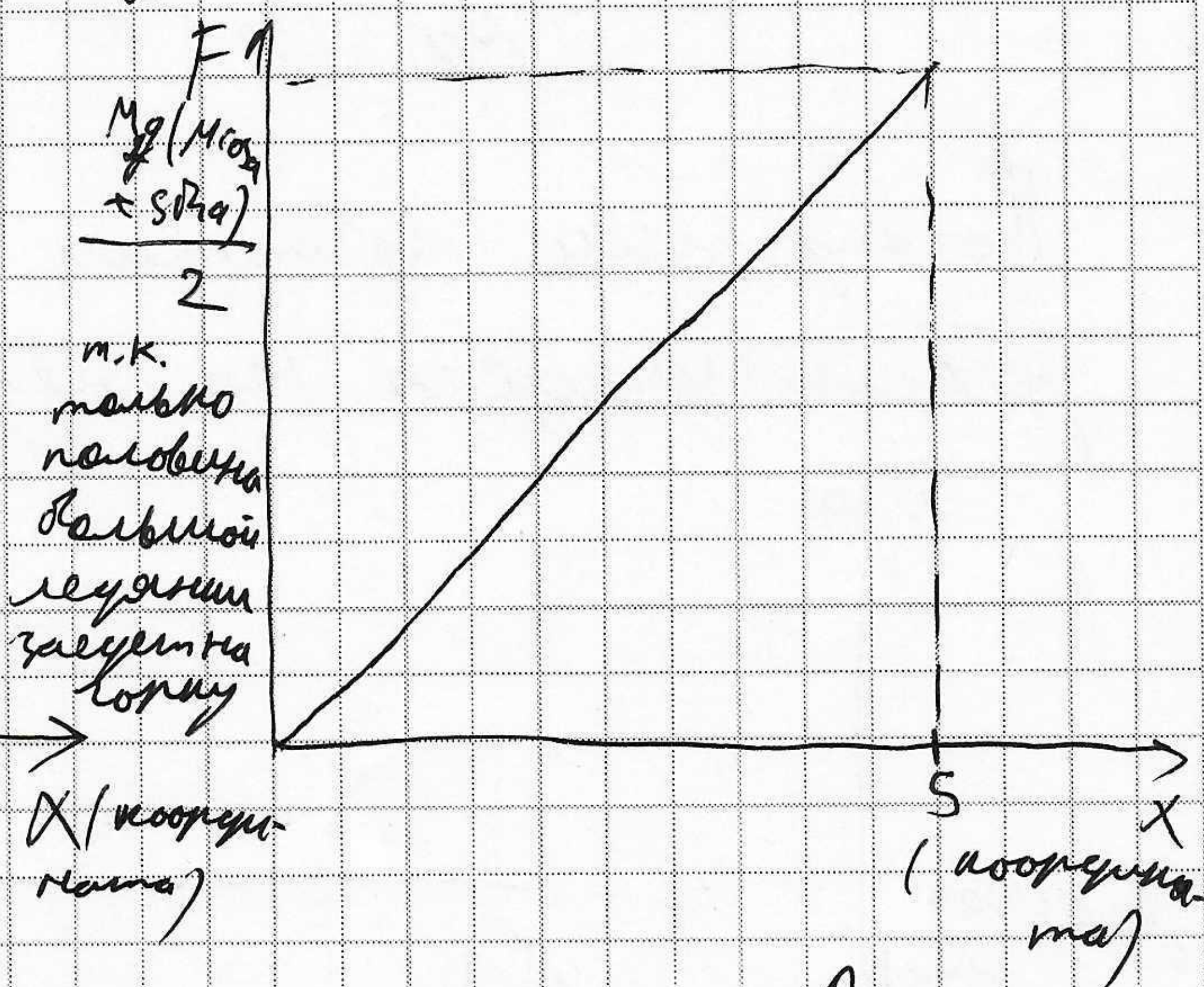
10

динамика перемещений массы ледяной по оси OZ: (для  
обеих ледяных):

Для меньшей:



Для большой:



$A = F \cdot S$ , но если в данном случае  $A =$   
площади под графиком.

Тогда для меньшей ледяной  $A_{\text{мел.1}} =$

$$= \frac{3Mg(m \cos \alpha + \sin \alpha)S}{2}, \quad A_{\text{больш.2}} = \frac{Mg(m \cos \alpha + \sin \alpha)S}{2}$$

Таким образом, для большой ледяной  $A$ , при  
равной  $F_{\text{упр}}$  и  $F_{\text{м}}$ , второе перемещение, чем для  
меньшей.

При этом заметим из графиков, что на  
первом этапе, (когда меньшая ледяная  
еще не полностью загрузила)  $F_{\text{больш.1}}$  и  $F_{\text{мел.2}}$   
второй в любой момент времени совпадают



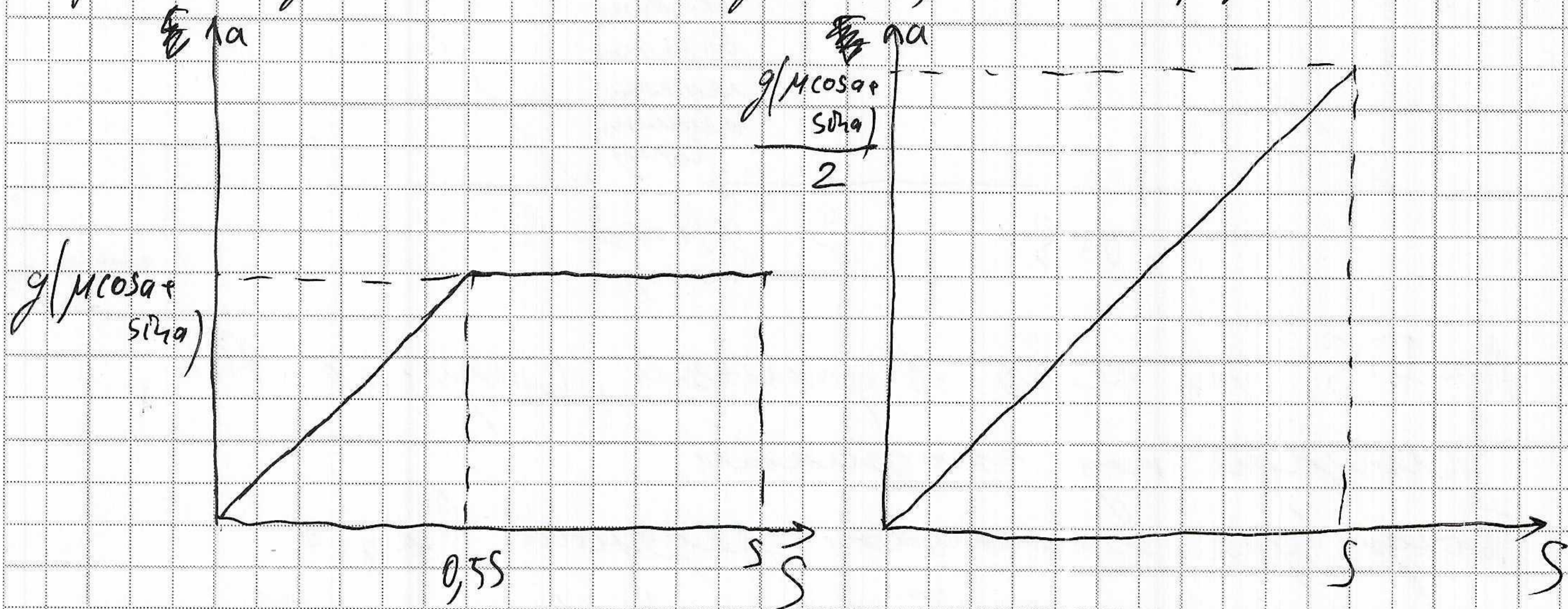
Результат, чем у первой, а после (на втором этапе) это соотношение постепенно уменьшается до нуля.



Предположим, что массы груза и машины равны.

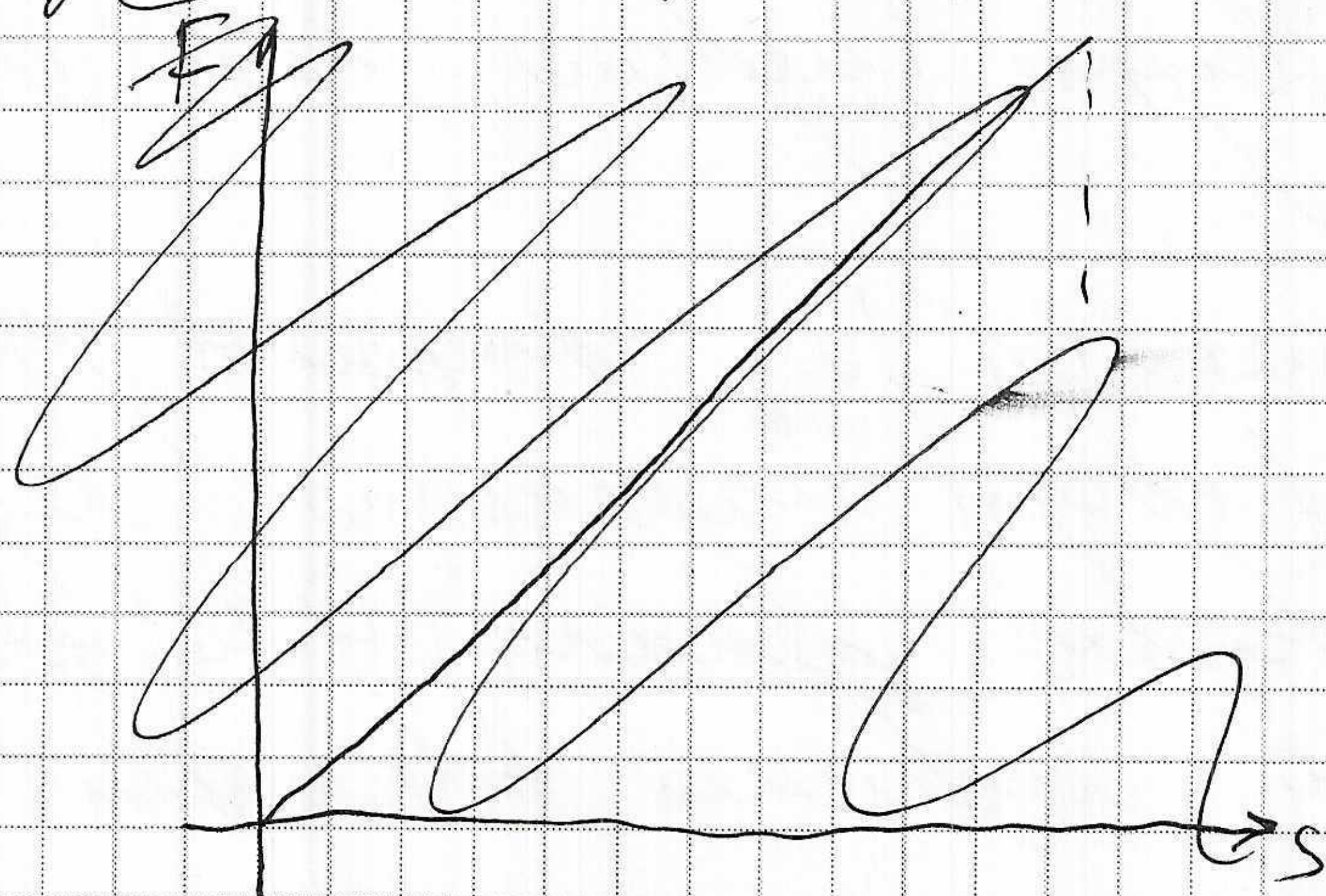
Тогда  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{1}$  верно

Построим графики зависимости ускорения, действующего на лебедку, от координаты тела.



Намным образом, на первом этапе (когда первая лебедка еще не вся заехала

на один график:







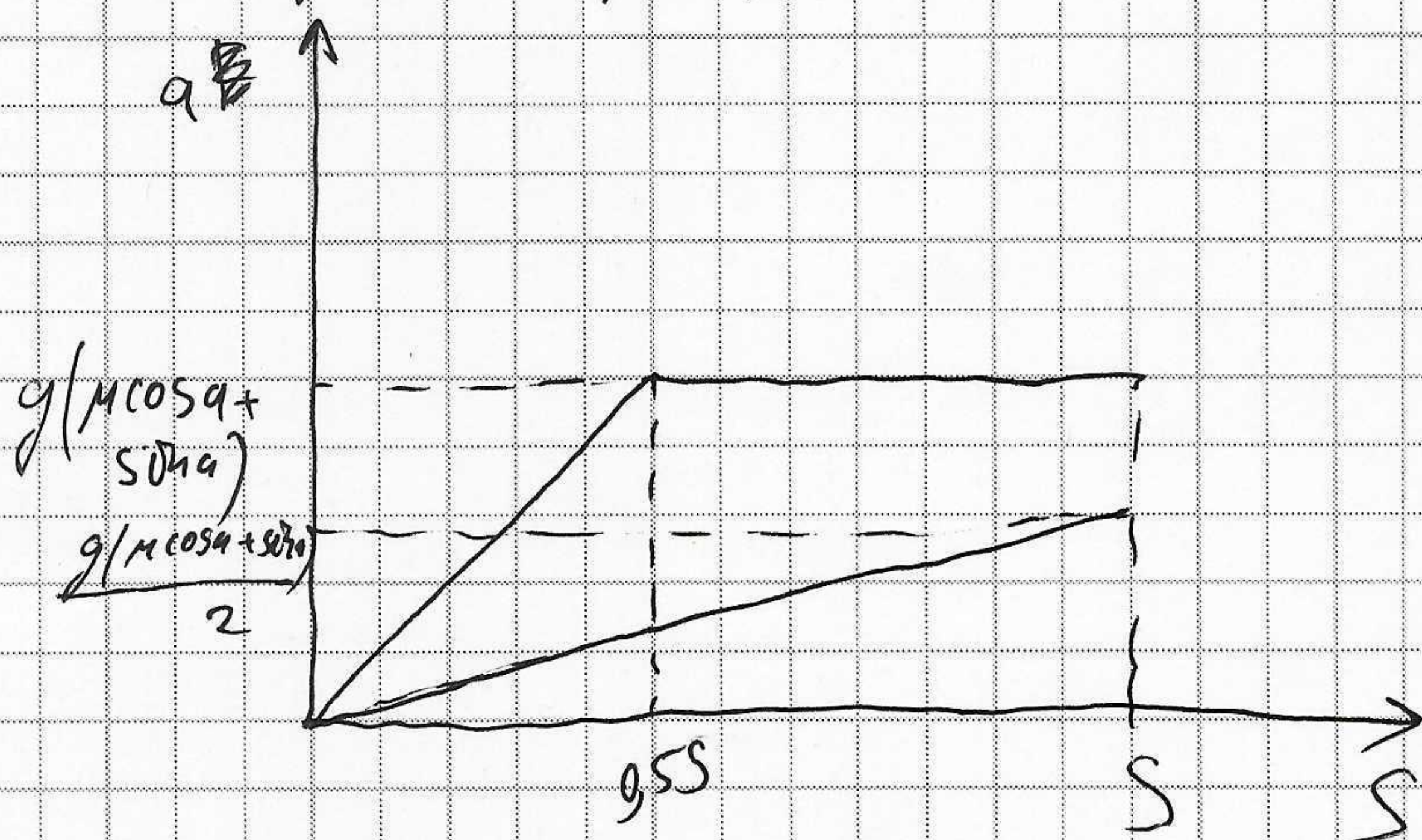
Вариант задания

2

Лист работы

8 из 10

На осях график:



Решим задачу на первом участке (0,5S)  
«ускорение первого в 4 раза больше в любой момент времени, а на втором участке  
сначала в 4 раза больше, а после постепенно  
это соотношение уменьшается до нуля».

Нам нужно найти время на малой

тогда:  
на первом этапе человек на  
малой скорости замедлится так, что  
тогда время

$$\begin{aligned} \text{При этом } S &= v_{\text{ср}} \cdot t = \left( \frac{v_0 + v_k}{2} \right) \cdot t \\ &= \left( \frac{v_0 + (v_0 - at)}{2} \right) \cdot t = \frac{2v_0t - at^2}{2} = \frac{v_0t - \frac{at^2}{2}}{1} = S \end{aligned}$$









Вариант задания

2

Лист работы

9 из 10

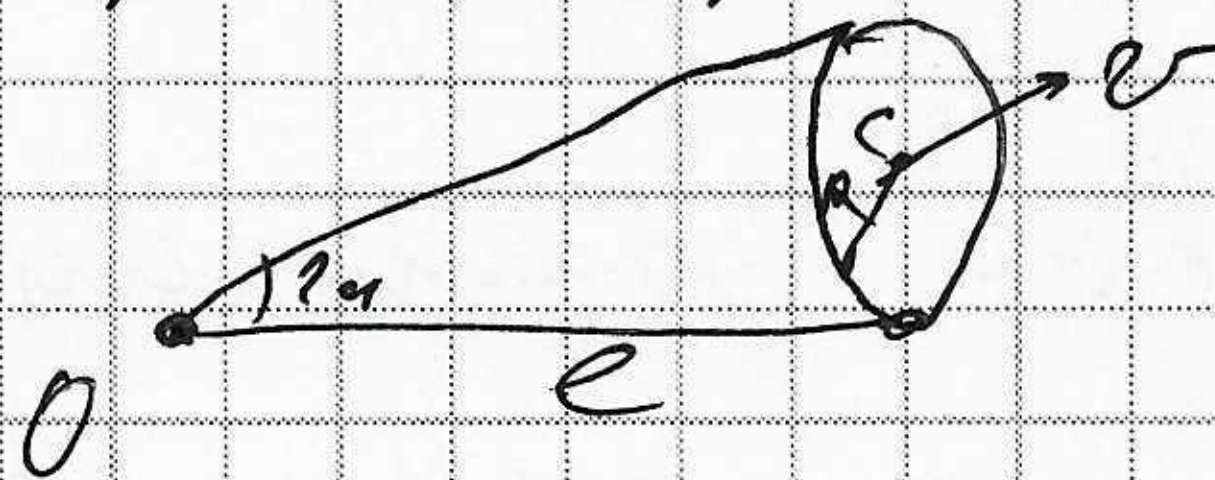
Решение:

N6.

$R, v, 2\pi$

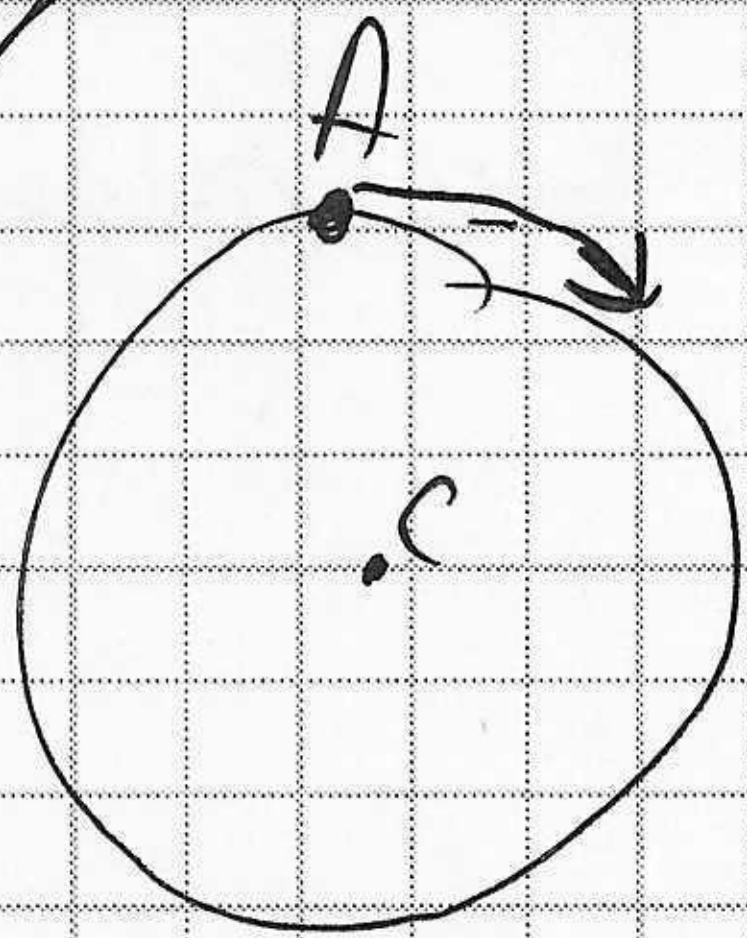
Вектор  $\vec{v}$  — «линия» конуса

① Конт. конуса  $v = \frac{2\pi R}{T}$

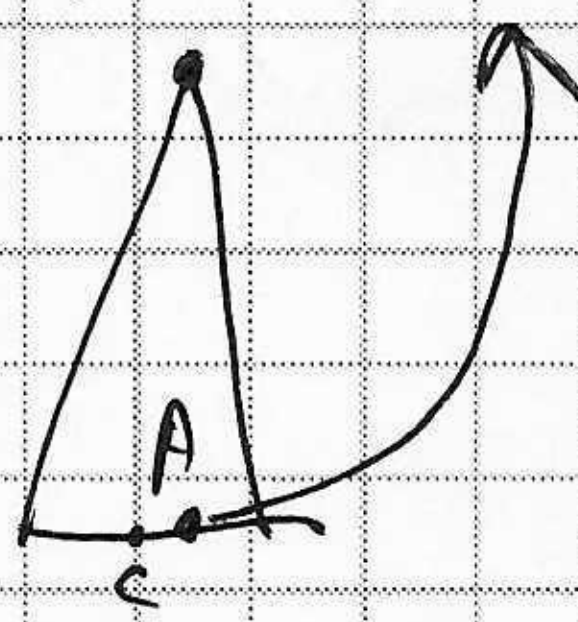


Заметим, что сам конус <sup>(его ось)</sup> движется по окружности, однако все точки на «обоз» конуса движутся одновременно по большой окружности вместе с осью конуса и по окружности вращения самого обода:

Вид со стороны



Вид сверху



Заметим также, что конус, чтобы проехать расстояние  $2\pi R$ , нужно, чтобы все <sup>его</sup> точки конуса прошли, то есть чтобы проехать  $2\pi R$  по большой окружности, точка A должна сделать один оборот по малой. Тогда за время  $2\pi R$  A делает один оборот по малой окружности.  $v$  Тогда скорость точки A по малой =  $v$ .

При этом при движении по большой окружности  $v = \frac{2\pi R}{T} = v \cdot 2\pi R$  (или  $v = \frac{2\pi R}{T}$ ) (или  $v = \frac{2\pi R}{T}$ ) (или  $v = \frac{2\pi R}{T}$ )



скорость волны ( $v$ ).

При движении по малой окружности:  
 $T =$



$$T = \frac{2\pi l}{v} \Rightarrow v = \frac{2\pi l}{T} \Rightarrow \boxed{W = \frac{2\pi}{T}} \Rightarrow \boxed{W_1 = \frac{v}{l}}$$

При движении по малой окружности:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow \boxed{W = \frac{2\pi}{T}} \Rightarrow \boxed{W_2 = \frac{v}{R}}$$

~~$W_1 = \frac{v}{l}$~~

Заметим, что в процессе  
движения скорость волны  
постоянна, как и все физические  
параметры.





Вариант задания

2

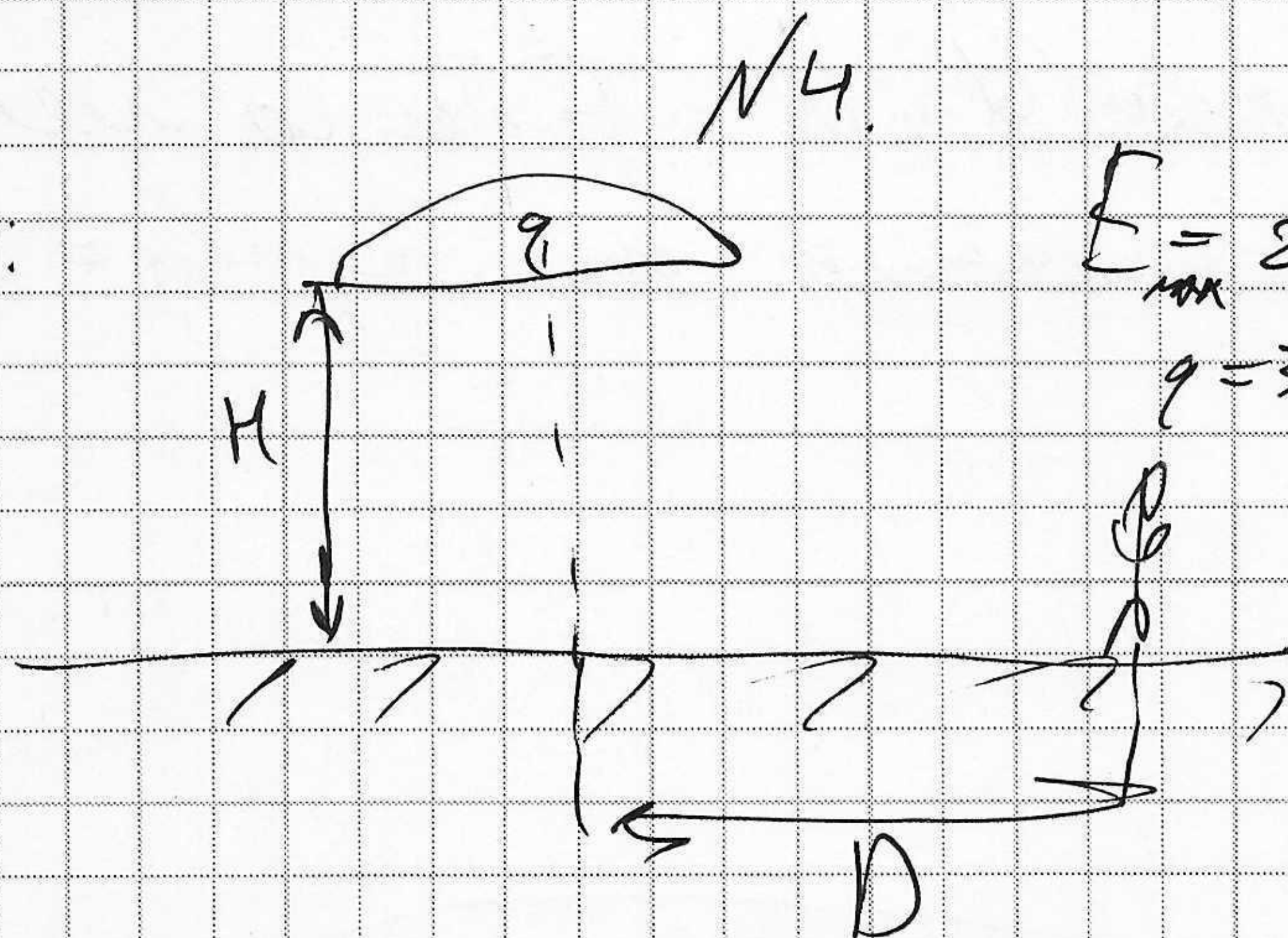
Лист работы

10

из

10

Дано:



$$E_{\max} = 2000 \text{ В/м}$$
$$q = 30 \text{ Кл}$$

Решение:

① Доценку нужно ввести так, чтобы  
молния не имела возможности ударить  
в него.

②  $U = \frac{kq}{r}$  вблизи стержня.

Для данной задачи

$$E = \frac{U}{d} = \frac{kq}{rd}, \quad r = d \Rightarrow E = \frac{kq}{d^3}$$

$E_{\max} = 2000 \text{ В/м}$  по прямо по стержню, то  
если где  $d = H \Rightarrow d = H = \frac{kq}{E}$

$$\Rightarrow H = \sqrt[3]{\frac{kq}{E}}$$

$$H = \sqrt[3]{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 30}{2000}} = \sqrt[3]{135.000.000}$$

$$\approx 500 \text{ м}$$



Вид этой "продвинутой" способности можно  
и ~~заметить~~ темная линия она не образуется



при

можно стоять на малом расстоянии,  
чтобы при малом  $U$  и  $d$  было меньше  
 $2000 \text{ В/м}$ , расстояние от нуля  $= \sqrt{H^2 + d^2}$ .

