



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 9

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьевы горы“
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

БОРИСОВА МИХАИЛА СЕРГЕЕВИЧА
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

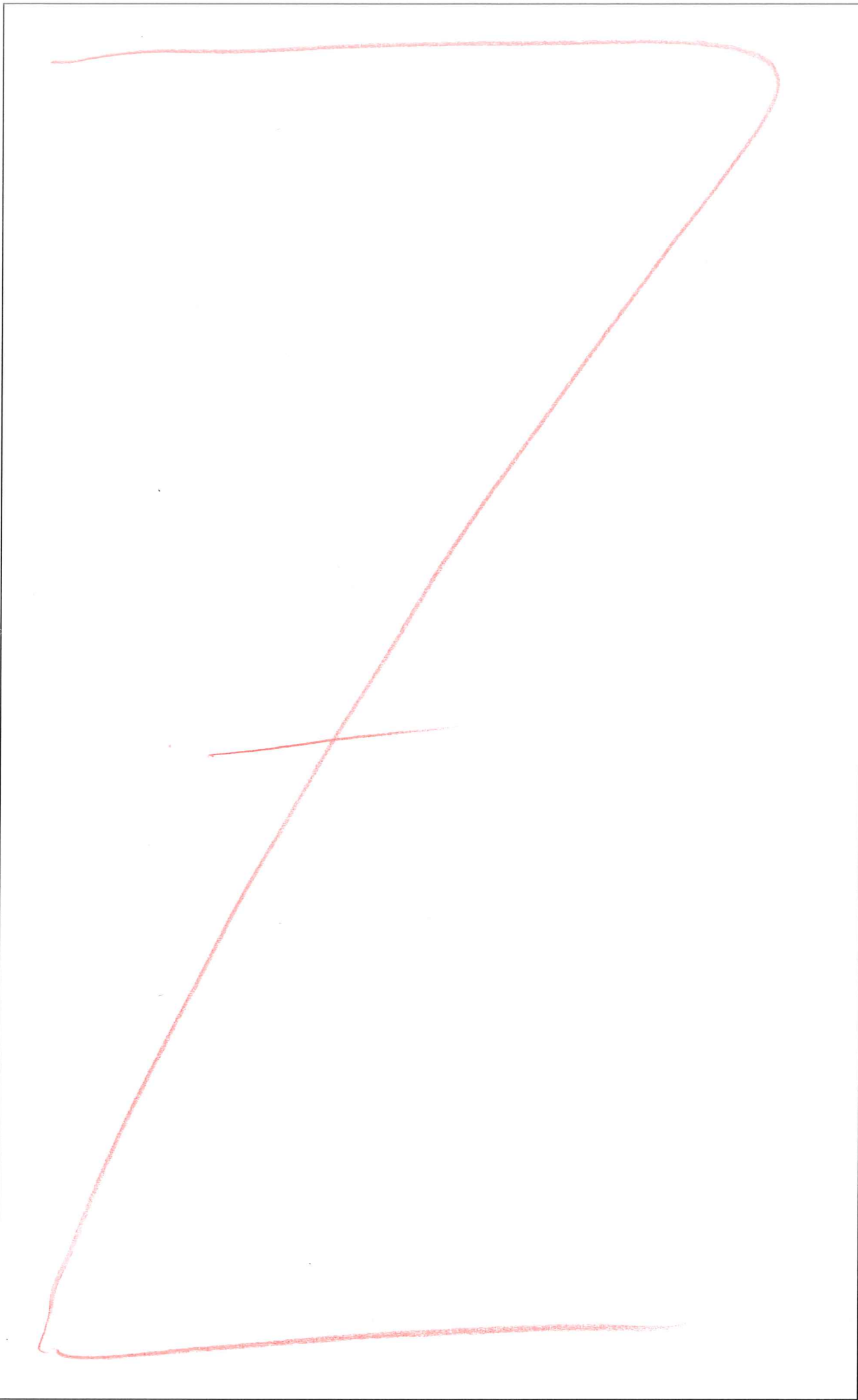
Дата
« 4 » АПРЕЛЯ 2025 года

Подпись участника

Handwritten calculations and diagrams on a draft sheet. Includes:

- Diagrams of circles and triangles with various labels and dimensions.
- Equations: $29V \cdot 20 = 590V$, $247,85V$, $R = 39V$.
- Arithmetic problems: $31 \cdot 59 + 4,2 = 118$, $236, 244,85$.
- Complex calculations involving 340 , 42 , $34 \cdot 72 = 2448$, $34 \cdot 72 = 2448$.
- Trigonometric calculations: $0,1 \cdot 0,8V = 0,08V = \frac{21}{3} = \frac{7}{1}$, $6 = \frac{2}{\sin \frac{2}{3}}$.
- Final calculations: $170000 / 2100 = 80,95$, $20400 / 3500 = 5,83$.

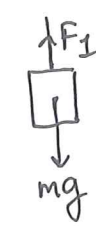




51-34-54-30
(115.1)

Задача 1:

найдем силу F_1 натяжения веревки в первом случае:
(m -масса груза)



груз находится в равновесии \Rightarrow по 3 закону Ньютона:

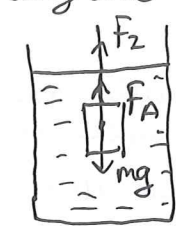
$$F_1 = mg$$

пусть $\rho_{вода} = \rho \Rightarrow$ по условию задачи:

$$\rho_{тела} = 5\rho_{вода} = 5\rho, \text{ тогда:}$$

$$F_1 = 5\rho Vg \quad (V - \text{объем груза})$$

найдем силу F_2 натяжения веревки во втором случае по 3 закону Ньютона:



$$F_2 = mg - F_A = 5\rho Vg - \rho Vg = 4\rho Vg$$

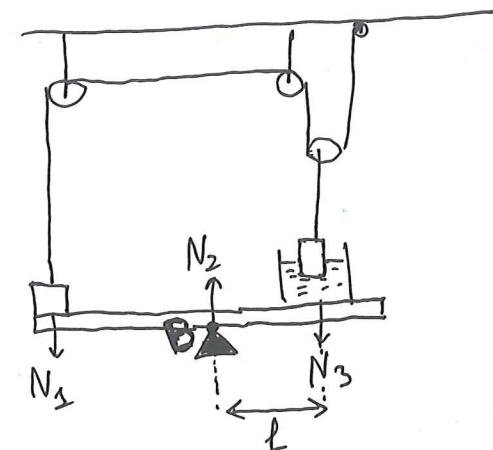
$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{4\rho Vg}{5\rho Vg} = 0,8$$

\Rightarrow сила натяжения увеличится на 0,8
"на" 80% "на... Ньютона"

Ответ: $\frac{F_2}{F_1} = 0,8$

Задача

рассставим силы, действующие на рычаг:



найдем силы N_1 и N_3 :
(сила натяжения веревки = T)

по 3 закону Ньютона:

$$\Rightarrow N_1 = mg - T$$

по 3 закону Ньютона:

$$F_A = mg - 2T$$



$$N_3 = F_A = mg - 2T + Mg$$

(сила, действующая на сосуд)

(силы, действующие на груз)

пусть l - расстояние от центра рычага до центра масс системы "сосуд + груз", тогда:

система в равновесии \Rightarrow моменты всех сил, действующих на рычаг $= 0$. Запишем это уравнение (сумму всех моментов) относительно точки В:

$$\frac{L}{2}(mg - T) = l(Mg + mg - 2T) \quad (+) \quad (1)$$

рассмотрим второй случай (когда вынуть увеличим):

пусть сила натяжения нити во втором случае $= T'$.
т.к. вся система остаётся в равновесии, то ~~моменты сил~~

$$\left(\frac{L}{2} N_1 + 0 \cdot N_2 + l \cdot N_3 = 0 \right)$$

моменты сил, действующих на рычаг $= 0$. Запишем это уравнение (2):

т.к. во втором случае изменяется (при сравнении с первым случаем) только натяжение нити, а другие внешние силы не изменяются, то уравнение (2) - это уравнение (1) с заменой T на T' :

$$\frac{L}{2}(mg - T') = l(Mg + mg - 2T') \quad (2)$$

вычтем из уравнения (1) уравнение (2):

$$\frac{L}{2}(mg - T) - \frac{L}{2}(mg - T') = l(Mg + mg - 2T) - l(Mg + mg - 2T')$$

$$(T' - T) \frac{L}{2} = l(2T' - 2T)$$

$\frac{L}{2} = 2l \Rightarrow l = \frac{L}{4}$, подставим это значение в уравнение (1):

$$\frac{L}{2}(mg - T) = \frac{L}{4}(Mg + mg - 2T)$$

$$2mg - 2T = Mg + mg - 2T$$

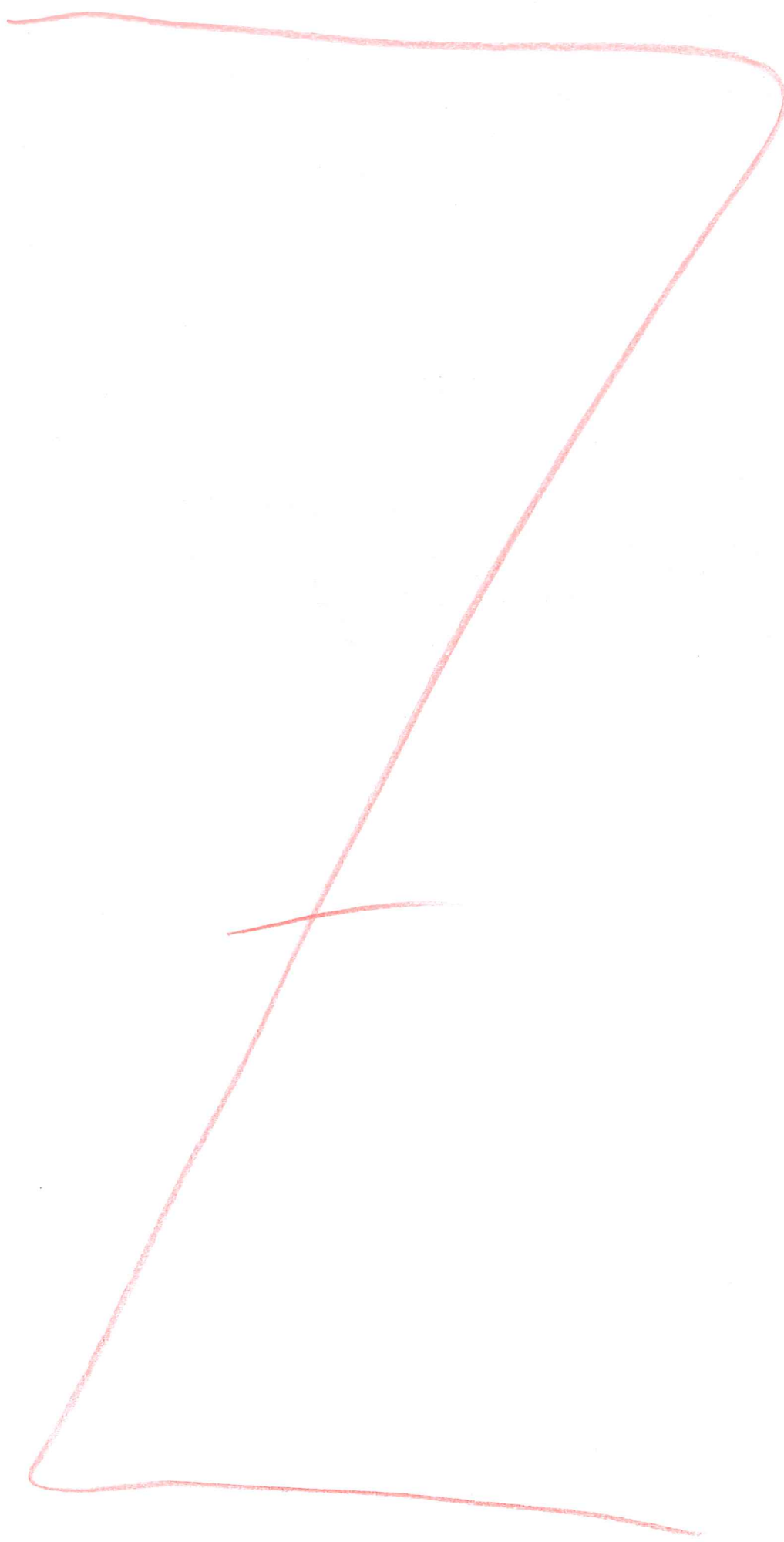
$$mg = Mg \Rightarrow m = M \Rightarrow \frac{m}{M} = 1 \quad (+)$$

$$\text{Ответ: } l = \frac{L}{4}; \quad \frac{m}{M} = 1$$

Задача 2:
Вопрос

температура мокрого снега равняется 0°C , т.к. лёд и вода находятся в равновесии: чтобы лёд растаял, вода должна охладиться, но вода достигла температуры плавления \Rightarrow она может только кристаллизоваться. Я





51-34-54-30
(115.1)

если вода кристаллизуется (массой m), то выделит тепло $Q_{\text{к}} = \lambda m$. лёд получит это тепло. Найдем массу M растопившегося льда, который растаял: $\lambda M = Q = \lambda m \Rightarrow M = m$. Получается, ~~что~~ масса образовавшейся воды = массе образовавшегося льда. Тогда получившаяся ситуация = ситуации в начале \Rightarrow при $t = 0^\circ\text{C}$ система находится в равновесии.
 Ответ: $t = 0^\circ\text{C}$

задача

рассмотрим ситуацию, в которой в сосуд закрыт покрыв сугг первый раз (пусть ΔV - объём сосуда, тогда объём покрыва суга = V и объём воды (при $t = 5^\circ\text{C}$) = V):

предположим, что изначальная вода в ~~сосуде~~ сосуде охладилась до температуры t_1 и лёд в покрыв суге растаял, тогда найдем t_1 :
 (ρ - плотность воды) ← по условию

$$c \rho V (t - t_1) = \lambda \cdot 0,99 \cdot 0,8V$$

$$ct - ct_1 = \lambda \cdot 0,72 \Rightarrow t_1 = t - \frac{0,72\lambda}{c} = 5 - \frac{408}{14} = \frac{5}{14} (^\circ\text{C}) \Rightarrow$$

\Rightarrow наше предположение верное, тогда найдем конечную температуру t_2 :

$$c \rho V (t_2 - 0) = c \rho V (t_1 - t_2) \Rightarrow t_2 = \frac{t_1}{2} = \frac{5}{14} ^\circ\text{C}$$

т.к. лёд растаял, то освободился объём ΔV (т.к. $\rho_{\text{льда}} = 0,99 \rho_{\text{воды}}$). Найдем ΔV :

$$\Delta V = \frac{(\rho_{\text{воды}} - \rho_{\text{льда}}) V}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{0,1}{1} V = 0,1V$$

рассмотрим 2-ую ситуацию (добавили $0,1V$ покрыва суга к воде объёмом $(2V - 0,1V) = 1,9V$, при температуре t_2). Найдем объём растопившегося льда, который растаял (V_1):

$$V_1 \cdot 0,99 \cdot \lambda = c \rho \cdot 1,9V \Rightarrow V_1 = \frac{1,9cV}{0,99\lambda} = \frac{1700}{21} V$$

т.к. изначально было льда $0,1 \cdot 0,8V = 0,08V$, то:

сравнивая обеими приходим к выводу:
~~весь лёд в морозе сразу растает, тогда~~
 найдём температуру t_3 образовавшейся ~~маршевой~~ в конце воды:

$$1,9 \cdot 5 \text{ Vc} (t_2 - t_3) = 0,1 \text{ Vc} (t_3 - 0) + 0,08 \text{ V} \cdot 0,99 \lambda$$

$$1,9 \cdot t_2 - 1,9 \cdot t_3 = 0,1 t_3 + 0,072 \lambda$$

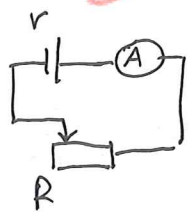
$$t_3 = \frac{1,9 \cdot t_2 - 0,072 \lambda}{2c} = \frac{1,9 \cdot t_2 - 0,072 \lambda}{2c} \approx 0,1^\circ \text{C} \Rightarrow$$

\Rightarrow всего порций будет засыпано 3, т.к. при второй порции начальная температура воды очень мала, а калориметр будет запеллен примерно на 95%

Ответ: 3 порции; калориметр запеллен на 95%

Задача 3:

Вопрос



Амперметр идеален $\Rightarrow R_A = 0$; пусть r - внутреннее сопротивление источника, R_1 ($u R_2$) - сопротивления резистора,

тогда по закону Ома для 1-го и 2-го случая:

$$I_1(-1,1) = \frac{U_1}{r + R_1} + \text{т.к. резистор подключают к источнику постоянного напряжения, то: } U_1 = U_2 \Rightarrow$$

$$I_2(0,6) = \frac{U_2}{r + R_2} + \Rightarrow I_1(r + R_1) = I_2(r + R_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r(I_1 - I_2) = I_2 R_2 - I_1 R_1 \Rightarrow r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = \frac{0,6 \cdot 4 - 1,1 \cdot 2}{1,1 - 0,6} =$$

$$= \frac{2,4 - 2,2}{0,5} = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 \text{ (ом)}$$

Ответ: $r = 0,4 \text{ ом}$

Задача 4:

Задача

перейдём в СО центра окружности:
 найдём всё время t : (скорости самолётов в этой СО = v)

$$t = \frac{\pi R}{v} + \frac{R}{v} = \frac{\pi R + R}{v}$$

перейдём в СО земли и найдём перемещение центра окр-ти r :

$$r = \frac{u(\pi R + R)}{v} \quad \left. \begin{array}{l} \Rightarrow r = \frac{u(\pi R + R)}{8u} = R \frac{\pi + 1}{8} = \frac{16(3,14 + 1)}{8} = \\ 8u = v \text{ (по условию)} \end{array} \right\} = 2 \cdot 4,14 = 8,28 \text{ (км)}$$

Ответ: $r = 8,28 \text{ км}$

перейдём в СО реки, тогда:

скорость течения $\omega = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 длина пути в 1 случае: $l_1 = 25 + 2t_1$
 длина пути во 2 случае: $l_2 = 25 - 2t_2$
 всё время $T = \frac{25 + 2t_1}{3} + \frac{25 - 2t_2}{3}$