

Титульный лист

победителя
регионального этапа олимпиады имени Дж.Максвелла по
физике

Участник	Класс	Количество баллов
Сергиевский А.С.	8	73



Всероссийская олимпиада школьников по физике
Региональный этап

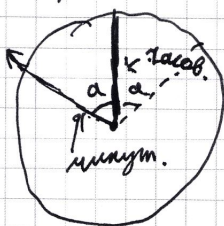
	1	2	3	4	5	Σ
До апелляции						
Подпись						
После апелляции						
Подпись						

№ 1.8.1.

$$\alpha = 60^\circ$$

Стрелки часов движутся равномерно. Минутная за час проходит 12 часовых делений или делает поворот на 360° . Часовая за час проходит одно деление или делает поворот на 30° . Они движутся в одном направлении, а значит их скорость сближения/отдаления $= 360 - 30 = 330^\circ/\text{час}$ или $5,5^\circ/\text{мин.} = v_0$.
Изначальных положений бывает 2: разберём их по отдельности.

1) Угол образован с левой стороны от часовой стрелки



Тогда минутной стрелке до ближайшего угла α нужно догнать часовую и отдалиться от неё на α , тогда относительно часовой стрелки её положение изменится на 2α : $t_1 = \frac{2\alpha}{v_0} = \frac{2\alpha}{5,5} \approx 21,8 \text{ мин.}$

Шифр:

9-8-11

Страница:

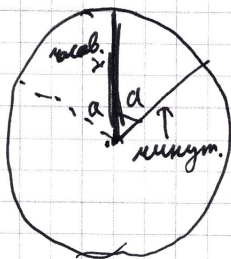
1

из:

6



2) Угол образован с правой стороны от часовой стрелки.



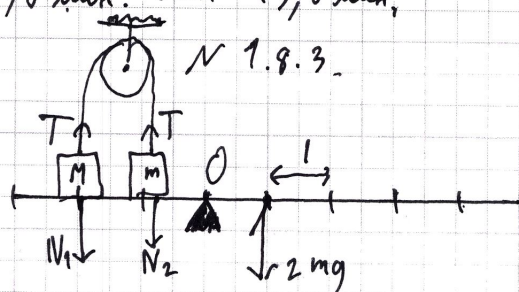
Тогда минутной стрелке нужно образовать угол с другой стороны часовой стрелки. её положение сместится относительно часовой на 2α , но в этот

раз она пройдёт почти окружность (углы $360-2\alpha$).

$$\text{Значит } t_2 = \frac{s}{v} = \frac{360-2\alpha}{5.5} = 43,6 \text{ мин.}$$

Это были все возможные случаи.

Ответ: 21,8 мин. или 43,6 мин.



N 1.8.3.

Дано:

$$M=40 \text{ кг}$$

$$T_0=25 \text{ Н}$$

$$g=10 \text{ Н/кг}$$

$$M=?$$

Пусть точка опоры — точка O. У обозначим на рисунке центр тяжести рычага.

Грузы действуют на рычаг с силами =

$N_1 = (Mg - T)$ и $N_2 = mg - T$. Значит правило моментов для точки O таково: $(l - \frac{1}{8})$ длины рычага)

$$N_1 \cdot 2l + N_2 \cdot l = 2mg \cdot l$$

$$2N_1 + N_2 = 2mg$$

$$2(Mg - T) + mg - T = 2mg \quad \text{Раскроем скобки и найдём } Mg:$$

$$Mg = \frac{mg + 3T}{2} = 0,5mg + 1,5T.$$

Шифр:

Ф-8-11

Страница:

2

из:

8

Значит при равновесии $Mg = 0,5mg + 1,5T$
 а $T = \frac{Mg - 0,5mg}{1,5}$, то есть T -зависит от

Mg . Из уравнения Mg можем увидеть
 что Mg обязательно $\geq 0,5mg$, т.к. $T \geq 0$. и

$$2m \leq M. \quad T \leq 25H, \text{ значит } 0,5mg + 1,5T \leq 40H + 20H + 37,5H \\ \leq 57,5H. \text{ Значит } 2m \leq M \leq 5,75m$$

Во других случаях равновесие будет нарушено.

Ответ: $2m \leq M \leq 5,75m$.

№ 1.8.2.

Дано:

$$T_k \geq 10 \text{ мин.}$$

$$\Delta m = 100 \text{ г.}$$

$\rho - ?$

$m_1, m_2 - ?$

$t_{01}, t_{02} - ?$

$t_{k1}, t_{k2} - ?$

$\Delta t_0 - ?$

$$c_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad c_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \lambda = 330 \text{ кДж/кг}$$

Лёгкий кусок льда тает быстрее - градусник растёт линейно. В момент времени T_1 разность температур начинает уменьшаться, это значит что лёгкий кусочек начал процесс плавления, а тяжёлый до него еще не дошёл. В момент T_2 разность стала на какое время = 0, это можно объяснить тем что 2 тела вошли в процесс плавления.

В момент T_3 градусник начинает расти т.к.

первое лёгкое тело уже закончило плавиться - стало водой, а второе ещё нет. И в момент T_4 градусник опять уменьшился, т.к. второе тело также закончило плавление.

Значит $\rho V \cdot (T_3 - T_1) = \lambda m_1$ - процесс плавления лёгкого куска льда.

Шифр:

Ф-8-11

Страница:

3

из:

6



$\lambda \cdot P \cdot (\tau_4 - \tau_2) = \lambda m_2$ — процесс плавления
материала. Если $m_2 = m_1 + \Delta m$

$$\text{и } P \cdot (\tau_4 - \tau_2) = \lambda m_1 + \lambda \Delta m$$

Взятим из второго уравнения первое, найдем
по графику $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$ и вычислим P :

$$P \cdot (\tau_4 - \tau_2 - \tau_3 + \tau_1) = \lambda \Delta m$$

$$P = \frac{\lambda \Delta m}{\tau_4 - \tau_2 - \tau_3 + \tau_1} = 22000 \frac{\text{Дж}}{\text{мин}}.$$

Первый кусочек растает за $\tau_3 - \tau_1 \approx 240 \text{ с.} + \beta$

Второй за $\tau_4 - \tau_2 \approx 360 \text{ с.} + \alpha$ ($\alpha < 15$), т.к. эту часть
невозможно определить из-за цены деления графика:

$$\tau_2 = 90 + \alpha < 95. \quad \tau_3 = 340 + \beta > 345 \quad \text{и} \quad \tau_3 < 350.$$

$$\text{т.к. } \alpha \text{ и } \beta \text{ очень малы. } \frac{P(\tau_4 - \tau_2)}{P(\tau_3 - \tau_1)} \approx \frac{4}{3} = \frac{\lambda m_2}{\lambda m_1} = \frac{m_1 + \Delta m}{m_1}$$

$$\text{Значит } 4m_1 = 3m_1 + 3\Delta m \quad m_1 = 3\Delta m.$$

$$m_1 = 300 \text{ г.} \quad m_2 = 400 \text{ г.}$$

За время τ_1 кусок массы m_1 расплавился, значит

$$P \cdot \tau_1 = c_1 m_1 \Delta t_{01}$$

$$\Delta t_{01} = \frac{P \cdot \tau_1}{c_1 \cdot m_1} \approx 41^\circ \text{C}.$$

$\Delta t_{01} = 0 - \Delta t_{01} = -41^\circ \text{C}$, второй кусок взят при той же
температуре.

$$P \cdot \tau_2 = m_1 (c_1 \Delta t_{01} + \lambda + c_0 \Delta t_{k1})$$

$$\Delta t_{k1} = \frac{P \cdot \tau_2}{m_1} - c_1 \Delta t_{01} - \frac{\lambda}{c_0} = 95,6^\circ \text{C}$$

$$t_{k1} \Delta t_{k1} = 0 + \Delta t_{k1} = 95,6^\circ \text{C} \approx 96^\circ \text{C}$$

Шифр: Ф-8-11

Страница: 4 из: 6

$$\Delta t_{k2} = \frac{P \cdot C_k}{m_2} - c_1 \Delta t_{02} - \lambda = 31,9^\circ\text{C}$$

$$t_{k2} = 0 + \Delta t_{k2} \stackrel{\text{с в.}}{=} 31,9^\circ\text{C} \approx 32^\circ\text{C}$$

γ) В момент t_1 первый кусок растаял, а второй начался на $\frac{1}{4}$ от $\Delta t_{01} = \Delta t_{02} = 30,45^\circ\text{C}$

$$\text{и } \Delta t_0 = 10,25^\circ\text{C} \times 10^\circ = \Delta t$$

Ответ: $P = 22000 \frac{\text{Дж}}{\text{мин}}$, $m_1 = 300\text{г}$, $m_2 = 400\text{г}$, $t_{01} = t_{02} = -41^\circ\text{C}$, $t_{k1} = 96^\circ\text{C}$, $t_{k2} = 32^\circ\text{C}$, $\Delta t = 10^\circ\text{C}$

№ 1.8.4.

Начертим график измерений. Как видно точки почти лежат на одной прямой, некоторые измерения имеют погрешность, а значит можем провести одну прямую, и она будет проходить через точки 1 и 7. На силу трения влияющая масса воздуха - то над поршнем и масса груза. Затянем правый Тупи равновесия и давления на одной высоте будут одинаковыми, найдём их на уровне нижней границы Δh для точек 1 и 7.

$$\rho g \Delta h_1 = \frac{a(m_0 + m_1)}{S} \quad a - \text{коэф. трения, } a(m_0 + m_1) - \text{взв. сила трения.}$$

$$\Delta h_1 = \frac{a(m_0 + m_1)}{\rho g S}$$

$$\rho g \Delta h_2 = \frac{a(m_0 + m_2)}{S}$$

$$\Delta h_2 = \frac{a(m_0 + m_2)}{\rho g S}$$

$$\Delta h_2 - \Delta h_1 = \frac{a(m_2 - m_1)}{\rho g S}$$

$$\Downarrow$$

$$\Delta h_2 - \Delta h_1 = \frac{F_{\text{тр}} \cdot \frac{1}{\rho g S}}{a(m_2 - m_1)}$$

Шифр:

Ф-8-11

Страница:

5

из:

6

$$\Delta h_2 - \Delta h_1 = 0,72 \text{ м.}$$

$$m_2 - m_1 = 85 \text{ г.}$$

$$a \cdot \frac{1}{\rho g s} = \frac{0,72}{0,085} \approx 8,5.$$

$$\frac{a}{s} = 85000$$

Значит ~~при $\Delta h = 0$~~ ^{нагре груза = 0.}

$$\Delta h = 0,1 \cdot 8,5 = 2,08 - h_0 = 0,85$$

$$h_0 = 1,23 \text{ (неч. высота)}$$

$$\frac{\Delta h}{\Delta m} = \text{const, не меняется, а значит при } h = 1,90 \text{ м.}$$

$$\Delta h = 1,90 - 1,23 = 0,67 \text{ и } m_x = 79 \text{ г.}$$

т.е. при Δh перем. высоту на 0,0085 м.

$$\text{и изнач. } \frac{F_{\text{пр}}}{s} =$$

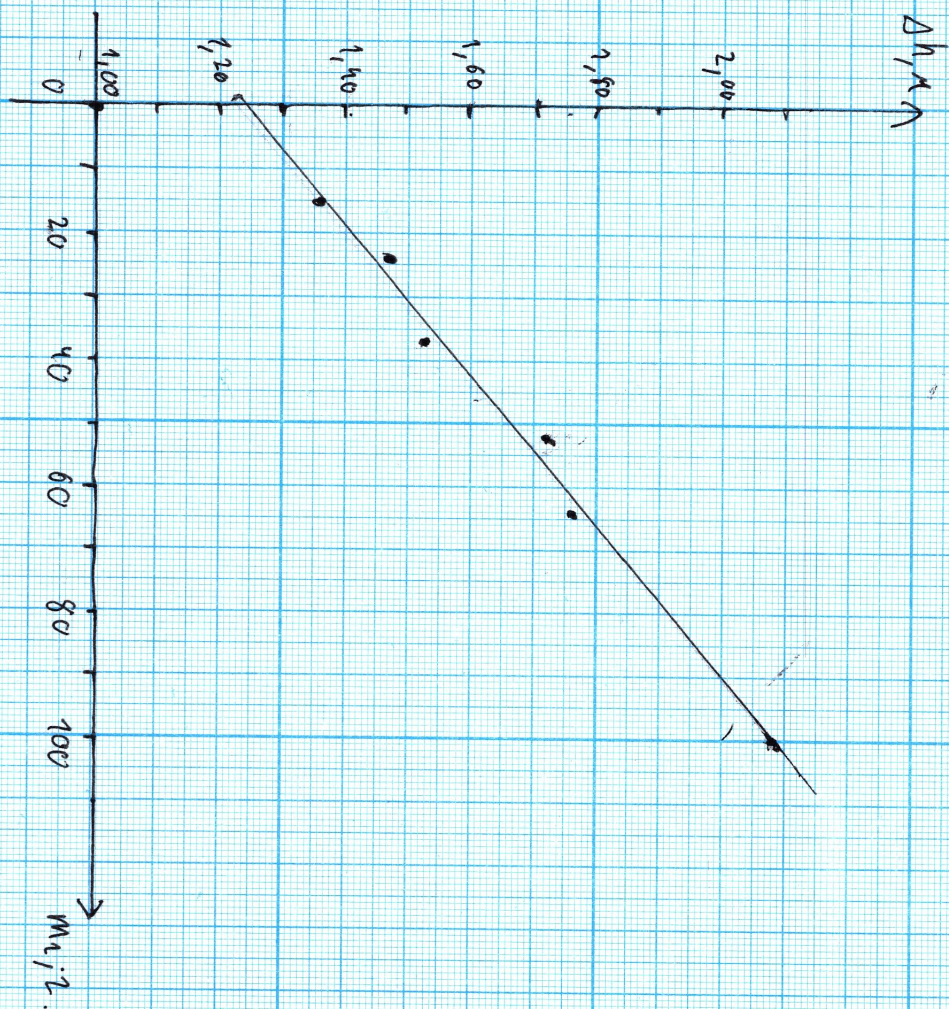
$$\text{Ответ: } m_x = 79 \text{ г.}$$

Значит

$$0,9 \cdot 0,67 \text{ г} = \frac{0,079 \text{ кг}}{s} \quad \text{и} \quad S = 0,000118 \text{ м}^2 = 11,8 \text{ мм}^2$$

$$\text{Ответ: } S = 11,8 \text{ мм}^2, m_x = 79 \text{ г.}$$





99-8-11

Его тянут вниз силы $T_3 + mg$, а вверх T_2 .

Это в равновесии, значит $T_3 + mg = T_2$

$$T_2 = \frac{11}{4} mg = 110 \text{ Н.}$$

Рассмотрим равновесие для верхнего рычага:

Вниз действуют $T_2 + F + mg$, вверх T_1 , значит

$$T_1 = T_2 + F + mg = 3mg = 210 \text{ Н.}$$

Отметим на рисунке точку C и запишем правило моментов для неё: (крепление шарнира и верхнего рычага)

$$x \cdot T_1 = 4l \cdot mg + 7l \cdot T_2$$

$$x = \frac{4l \cdot mg + 7l \cdot T_2}{T_1} = \frac{l \cdot (4mg + 7T_2)}{T_1} = 50 \text{ см.}$$

Ответ: $T_1 = 210 \text{ Н}$, $T_2 = 110 \text{ Н}$, $T_3 = 40 \text{ Н}$, $F = 30 \text{ Н}$, $x = 50 \text{ см}$.

N 2.8.3.

Дано:

$$\rho_1 = 0,80 \text{ г/см}^3$$

$$L = 12,5 \text{ см}$$

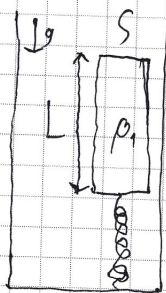
$$S = 10 \text{ см}^2$$

$$L_0 = 10 \text{ см}$$

$$k = 50 \text{ Н/м}$$

$$\rho_0 = 1,00 \text{ г/см}^3$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$



На куб действуют силы: mg вниз и F от пружины + F_A — сила Архимеда.

Поскольку объёмом пружины можно пренебречь, на неё вода действовать не будет.

Изначально, воды нет, и значит

$$mg = F \quad \rho_1 S L g = k \Delta x_0$$

$$\Delta x_0 = \frac{\rho_1 S L g}{k} = 2 \text{ см.}$$

Начальная деформация $\Delta x_0 = 2 \text{ см}$.

Шифр: А-8-11

Страница:

2

из:

7

$$L_{\text{нат}} = L_0 - \Delta X = 8 \text{ см. Т.е. до } h = 8 \text{ см.}$$

Сила архимеда не будет действовать на тело и $\Delta X = 2 \text{ см.}$ Далее:

$$F_a + F = mg$$

$$F = mg - F_a$$

$$k \Delta X = \rho_1 S L g - \rho_0 S h g.$$

$$-\Delta X = \frac{-\rho_0 S h g}{k} + \frac{\rho_1 S L g}{k}$$

$$-\Delta X = \Delta h \cdot \frac{-\rho_0 S g}{k} + \frac{\rho_1 S L g}{k}$$

Имеем функцию вида

$$y = x \cdot k + b, \text{ где } k \text{ и } b - \text{ постоянны.}$$

Значит график, эта его часть будет линейной.

Сам график разделён на 3 части: с $h = 0 - 8 \text{ см, } \Delta X = -2 \text{ см.}$

(Пружина стала при $\Delta X < 0$) т.к. уровень воды не достиг груза, далее ΔX линейно растёт до момента когда $F_a = mg$, г. $\rho_0 S h g = \rho_1 S L g$ и

$$\frac{\Delta h}{L} = \frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{8}{10}. \Delta h = 10 \text{ см. Но в этот момент пружина растянута, значит } h = L_0 + \Delta h = 20 \text{ см.}$$

Значит мы можем отметить две точки и соединить их

(точки с коорд. $(-2, 8)$ и $(0, 18)$; начало и макс. сила архимеда)

это будет второй отрезок графика. Ч далее груз будет всплывать, а ΔX останется $= 0$.

Начертим график по полученным данным,

Пружина растянута когда она не стала, т.е. при $h \geq 20 \text{ см.}$

Ответ: при $h \geq 20 \text{ см.}$

$$-\Delta X = (h - (L_0 - \Delta X)) \cdot \frac{-\rho_0 S g}{k} + \frac{\rho_1 S L g}{k}$$

Δh = удлинение погружения груза в жидкость.

Из уравнения статики $-\Delta X$, поставлю, что по условию пружина стала при $\Delta X < 0$.
 $\Delta X = -\Delta X$

Шифр:

А - 8 - 11

Страница:

3

из:

4

N 2.8.4,



Исходя из таблицы можем сделать
несколько выводов - начальная температура

первое время происходит процесс плавления,
то что первые 35 секунд длится именно он можем
сказать потому что температура почти не менялась,
а потом был резкий её скачок. Усредним
первые пять измерений из таблицы и получим
 $t_{нач} = 238^{\circ}\text{C}$. Это же и есть температура плавления.

(с 42 по 48 50 секунд тело стремительно нагрелось
температуру. - точка ~~плавности~~ нагревалась, найдем среднюю
скорость нагрева, она равна $V_1 = \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{2.6^{\circ}\text{C}}{8\text{с}} = 0.95^{\circ}\text{C/с}$.

$\tau \cdot t = \tau \cdot \tau = t$. В момент $\tau = 42\text{с}$. тело имело
температуру около 240.4°C , $t_{нач} = 238^{\circ}\text{C}$. $\frac{(240.4 - 238)}{V_1} =$
 $= 2.5\text{с}$. Это то время которое тело нагревалось с
момента окончания плавления до $\tau = 42\text{с}$. Значит

$\tau_0 = 42 - 2.5 = 39.5\text{с}$ - время плавления тела. $\tau_0 \approx 40\text{с}$.

$P \cdot \tau_0 = \lambda m$ ($m = 150\text{г}$; $\lambda = 20\text{кДж/кг}$)

$$P = \frac{\lambda m}{\tau_0} \approx 75\text{Вт}$$

(момента с 53с. до 44с. тело точно остывало.

$$V_2 = \frac{(246.9 - 234.1)}{47 - 53} \approx 0.325^{\circ}\text{C/с}$$

За период с 50с. до 53с. температура упала на 1.1°C .

$V_2 \cdot 3\text{с} \approx 1^{\circ}\text{C}$. Такое возможно только если тело
эти три секунды остывало, и температуры взяты с небольшо-

Шифр:

Ф - 8 - 11

Страница:

4

из:

7

пой порешать, т.к. в другом случае
скорость остывания на этом участке

будет сильно больше V_2 - средней скорости.

Значит тело нагревалось 50°C , из них 40°C плавилось

Значит $\Delta T_3 = 50 - 40 = 10^\circ\text{C}$ и

$$P \cdot \Delta T_3 = c m \Delta t_3, \quad \Delta t_3 = 248 - 238 = 10^\circ\text{C}$$

$$c = \frac{P \cdot \Delta T_3}{m \Delta t_3} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

но такой же логикой получим что тело в процессе
охлаждения достигнет $t_{\text{окл}}$ за $80 - 50 = 30^\circ\text{C} = T_{\text{окл}}$

$$P_{\text{окл}} \cdot T_{\text{окл}} = c m \Delta T_3 = P \cdot \Delta T_3$$

$$\frac{P}{P_{\text{окл}}} = \frac{T_{\text{окл}}}{\Delta T_3} = \frac{3}{1} \text{ - Значит } P = 3 P_{\text{окл}}$$

Тело нагревалось и плавилось за 50°C , на
обратный процесс уйдет та же энергия, а с мощностью

$$P \cdot 50^\circ\text{C} = P_{\text{окл}} \cdot T_{\text{к}} = 3 P_{\text{окл}} \cdot 50^\circ\text{C}$$

$T_{\text{к}} = \frac{P \cdot 50^\circ\text{C}}{P_{\text{окл}}} = 150^\circ\text{C}$. Значит на обратный процесс
потребуется 150°C . Изобразим $t(T)$ на графике:

на отдельном листочке.

Ответ: $P = 75 \text{ Вт}$, $c = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, $T_{\text{к}} = 150^\circ\text{C}$.

Шифр:

А-8-11

Страница:

5

из:

7

№ 2.8.2.

$$t_0 = 115 \text{ мин} = 1 \text{ ч } 55 \text{ мин.}$$

Они двигались по прямой, возможно 2 ситуации.

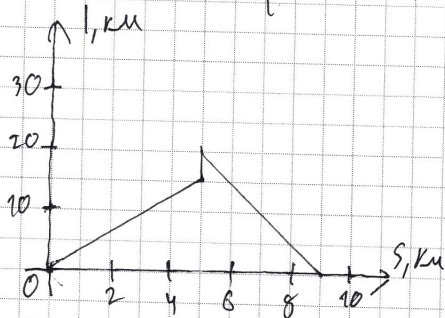
1) в одном направлении. В этом случае:

График делится на три участка: 1. - оба в пути, ^{отдаляются.}

2. - один отдыхает 3. снова оба в пути, но уже сближаются. Графики этих переходов четко видны.

В случае 1) - ~~было~~ Пока один проехал 5 км, ^В Расстояние между ними стало 15 км, значит Трохор проехал 20 км, за то же время. и $4 \cdot v_1 = v_{n1}$.

За то же время сближения один проехал 4 км, а Трохор $20 - 4 = 16$ км. (величины взяты из графика)



$$\frac{S_n}{S_a} = \frac{t \cdot v_n}{t \cdot v_a} = \frac{4}{1}$$

$$\frac{S_n}{S_a} = \frac{t \cdot v_{n2}}{t \cdot v_{a1}} = \frac{16}{4} = 4$$

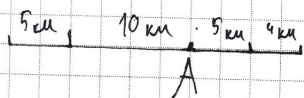
Значит $v_{n2} = 4 v_{a1}$.

Это значит что при таком исходе Трохор не менял своей скорости что противоречит условию.

Такой случай невозможен.

2) Они двигались в разных направлениях.

Тогда в первом участке графика:



$$l = S_n + S_a; \quad 15 \text{ км} = S_n + 5 \text{ км} \quad S_n = 10 \text{ км} \quad \text{и} \quad \frac{S_n}{S_a} = \frac{v_{n1}}{v_a} = 2$$

Шифр:

А-8-11

Страница:

6

из:

7

$$v_{n1} = 2v_a. \quad t_1 = \frac{S_a}{v_a} = \frac{5 \text{ км}}{v_a} = 5 \text{ т}$$

Далее Трохар проедет ещё 5 км, пока
Ярик стоит, $t_2 = \frac{5 \text{ км}}{v_{n1}} = \frac{5 \text{ км}}{2v_a} = 2,5 \text{ т}$.

Далее Ярик отгадывается от места стоянки, но
за то же время Трохар его догонит. Из графика
видно: $S_{n2} = 20 + 4 = 24 \text{ км}$ $\frac{S_{n2}}{S_{a2}} = \frac{v_{n2}}{v_a} = 6$
 $v_{n2} = 6v_a$ $\frac{v_{n2}}{v_{n1}} = \frac{6v_a}{2v_a} = 3$. Значит Трохар увеличит
свою скорость в 3 раза, $3 > 2$. Этот вариант не
противоречит условию, причём это - ещё и единственный
удовлетворяющий условию вариант. Разберём его до конца.

$$t_3 = \frac{S_{a2}}{v_a} = \frac{4 \text{ км}}{v_a} = 4 \text{ т}$$

$$t_1 + t_2 + t_3 = 11,5 \text{ т} = t_0 = 115 \text{ мин}$$

$$t = 10 \text{ мин}$$

$$v_a = \frac{S_{a1}}{5t} = 0,1 \text{ км/мин} = 6 \text{ км/ч}$$

$$v_{n1} = 2v_a = 12 \text{ км/ч}$$

Ярик отбывает ~~пока Трохар проезжает~~ $2,5t = 25 \text{ мин}$.

$$S_n = S_{n1} + S_{n2} = 39 \text{ км}$$

Ответ: 1) $S_n = 39 \text{ км}$. 2) в 3 раза 3) 25 мин 4) 6 км/ч.

Шифр: А-8-11

Страница: 7 из: 7

