



Отборочный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль: «Физика»

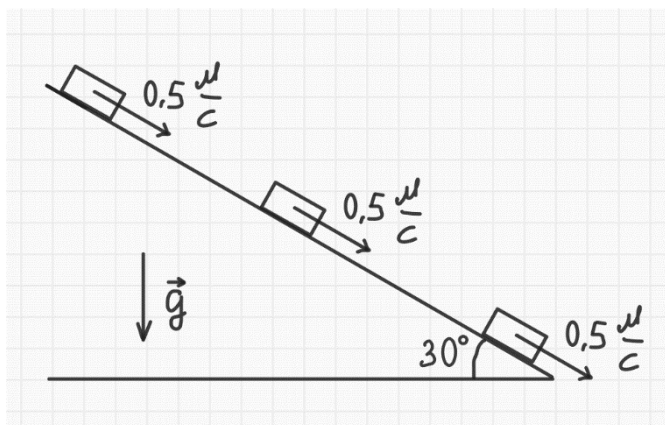
Класс участия: 9

Вариант задания: 2

Задача 1.

У себя в тетради Коля сделал рисунок, отражающий ход эксперимента по определению КПД наклонной плоскости. От незначительного толчка груз соскальзывает вниз свободно. Каким оказался КПД? Ответ выразить в процентах.

Решение:



Ответ: 50%.

Критерии оценивания

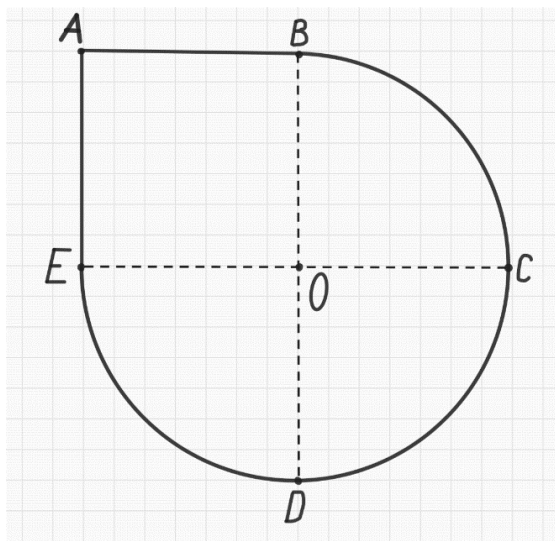
Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	7



Задача 2.

Велосипедист стартует в точке A и, равномерно двигаясь по траектории, изображенной на рисунке, возвращается в исходную точку через одну минуту после старта. $BCDE$ — дуга окружности. Определить ускорение велосипедиста в точке C , если $AB = 50$ м. Ответ выразить в м/с^2 и округлить до сотых. $\pi = 3,14$.

Решение:



Путь велосипедиста

$$L = 2R + \frac{3}{2}\pi R = R \left(2 + \frac{3\pi}{2} \right).$$

Среднепутевая скорость

$$v = \frac{L}{t} = \frac{R}{t} \left(2 + \frac{3\pi}{2} \right).$$

Тогда ускорение

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{R}{t^2} \left(2 + \frac{3\pi}{2} \right)^2 = \frac{50 \cdot (2 + 1,5 \cdot 3,14)}{60^2} \\ \cong 0,625 \cong 0,63 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ответ: 0,63 м/с²

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	7



Задача 3.

По результатам выполненных измерений Вася построил на онлайн-доске график скорости сконструированного им робота (рис 1). Приложив к графику линейку (рис. 2), Вася указал на нем координаты точки A графика. Определить по этим данным ускорение робота в момент времени, соответствующий точке A . Ответ выразить в м/с^2 и округлить до сотых. Направление движения робота в процессе наблюдения не менялось.

Решение:

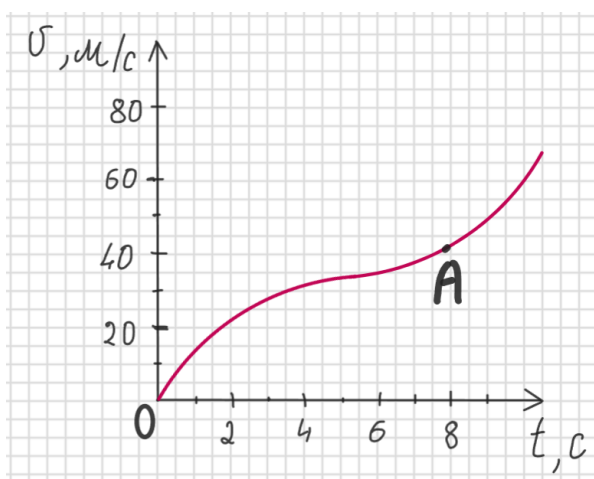


Рис. 1

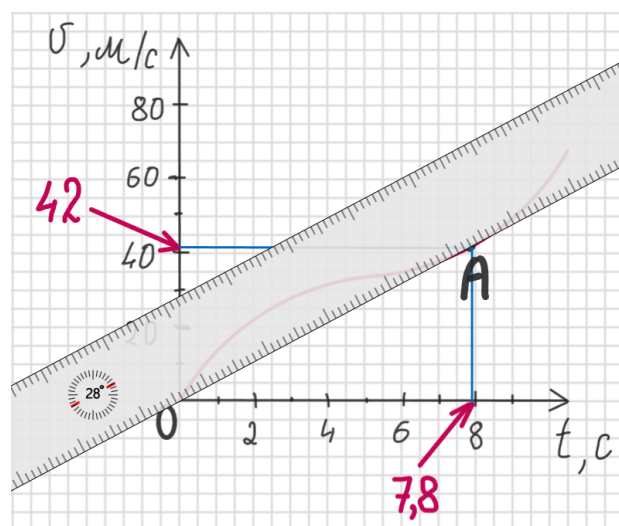


Рис. 2

Ответ: 5,38 м/с^2 .

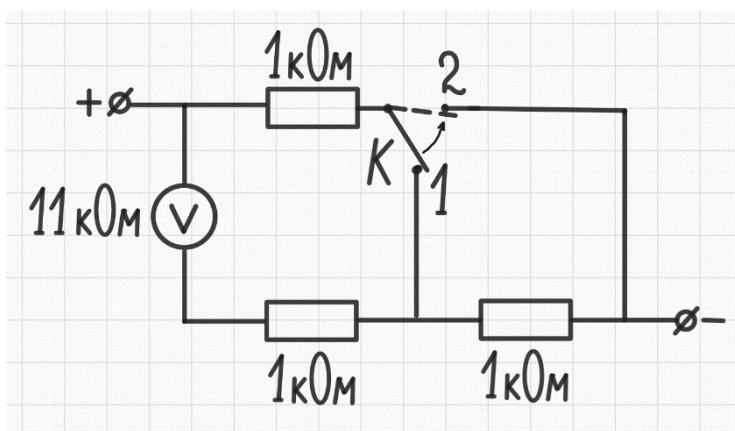
Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	7

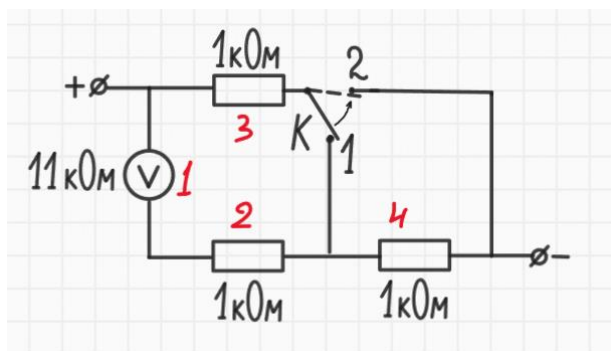


Задача 4.

Катя обнаружила в тетради старшего брата схему, изображенную на рисунке, и решила спаять ее. По данным рисунка определить отношение показаний вольтметра, когда ключ в положении 2, к показаниям вольтметра, когда ключ в положении 1. В обоих случаях на схему подается одно и то же напряжение. Ответ округлить до сотых.



Решение:



Ключ в положении 2.

$$U_{(2)} = \frac{11}{13} U.$$

Ключ в положении 1.

$$R_{1-3} = \frac{12}{13}.$$

$$R_{(1)} = \frac{12}{13} + \frac{13}{13} = \frac{25}{13}.$$

$$\frac{U_{1-3}}{U} = \frac{12}{13} \cdot \frac{13}{25} = \frac{12}{25} \Rightarrow U_{1-3} = \frac{12}{25} U = U_{12}.$$

$$\frac{U_{(1)}}{U_{12}} = \frac{11}{12} \Rightarrow U_{(1)} = \frac{11}{12} \cdot \frac{12}{25} U = \frac{11}{25} U.$$

$$\frac{U_{(2)}}{U_{(1)}} = \frac{11}{13} \cdot \frac{25}{11} = \frac{25}{13} \cong 1,92.$$



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

Ответ: 1,92.

Критерии оценивания

<i>Критерий</i>	<i>Балл</i>
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	11



Задача 5.

Двигатель автомобиля УАЗ «Патриот» израсходовал 13,2 л бензина на 100 км пути. На рис. 1 приведен снимок цифрового спидометра автомобиля во время езды, а на рис. 2 — фотография тахометра (прибора, показывающего количество оборотов коленчатого вала двигателя в минуту). Определить КПД двигателя в таком режиме езды. Мощность двигателя считать пропорциональной частоте вращения коленвала. Согласно данным, заявленным производителем, при частоте вращения вала 4600 об/мин двигатель «Патриота» развивает мощность 128 л. с. (1 л. с = 733,5 Вт). Удельная теплота сгорания бензина 43,6 МДж/кг. Плотность бензина 750 кг/м³. Ответ выразить в % и округлить до десятых.



Рис. 1



Рис. 2

Решение:

Найдем сперва мощность двигателя при скорости 100 км/ч:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{v}{v_0} \Rightarrow N = N_0 \frac{v}{v_0}.$$

$$\eta = \frac{kNt}{q\rho V} = \frac{kN_0 v s}{v_0 v q \rho V} = \frac{733,5 \cdot 128 \cdot 2250 \cdot 100 \cdot 10^3}{4600 \cdot \frac{100}{3,6} \cdot 43,6 \cdot 10^6 \cdot 750 \cdot 13,2 \cdot 10^{-3}} = 38,30\% \\ \cong 38,3\%.$$

Ответ: 38,3%.

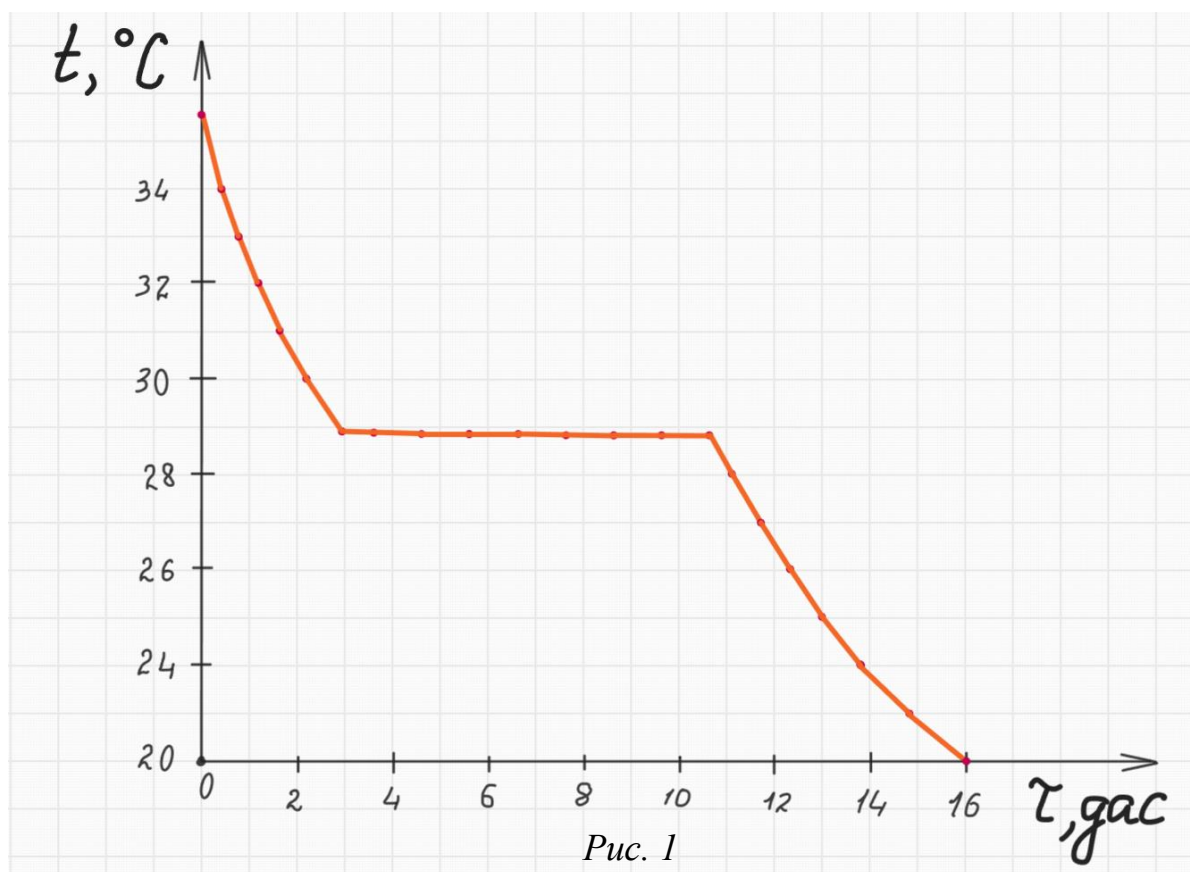
Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	11



Задача 6.

Изучая свойства кристаллических тел, Марина получила экспериментальную зависимость температуры некоторого вещества от времени — *кривую остывания*. На онлайн-доске Марина построила график полученной зависимости (рис. 1). Время на оси абсцисс указано в декасекундах ($1 \text{ дас} = 10 \text{ с}$). В ходе эксперимента вещество побывало в двух агрегатных состояниях — жидком и твердом. Построив график, Марина измерила углы наклона его крайних участков в местах, где они стыкуются с горизонтальным (рис. 2 и 3). Удельная теплоемкость исследуемого вещества в твердом состоянии $370 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Определить удельную теплоемкость вещества в жидком состоянии. Ответ выразить в СИ и округлить до целых.



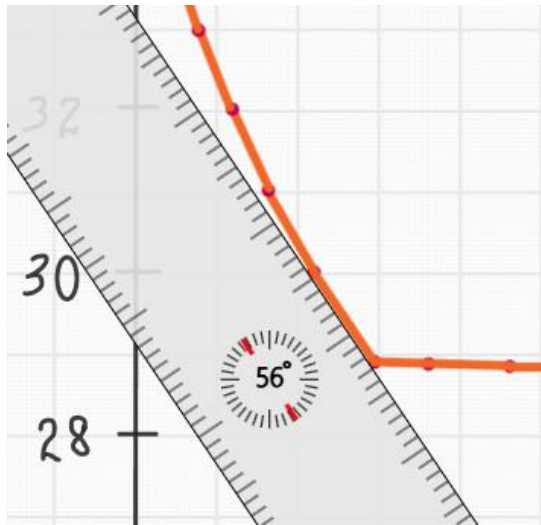


Рис. 2

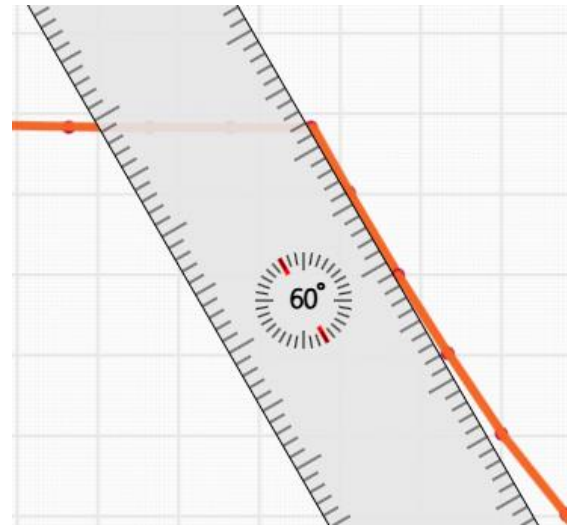


Рис. 3

Решение:

Поскольку цены деления по осям численно совпадают, угловые коэффициенты наклонов крайних участков будут численно совпадать с тангенсами углов их наклонов:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{Т}} = \frac{\Delta t_{\text{Т}}}{\Delta \tau},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{Ж}} = \frac{\Delta t_{\text{Ж}}}{\Delta \tau}.$$

Перед началом кристаллизации и сразу после мощность теплоотвода одна и та же:

$$c_{\text{Ж}} m \frac{\Delta t_{\text{Ж}}}{\Delta \tau} = c_{\text{Т}} m \frac{\Delta t_{\text{Т}}}{\Delta \tau}.$$

То есть

$$c_{\text{Ж}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{Ж}} = c_{\text{Т}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{Т}},$$

откуда

$$c_{\text{Ж}} = \frac{c_{\text{Т}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{Т}}}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{Ж}}} = \frac{370 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ}{\operatorname{tg} 56^\circ} = 427,43 \cong 427 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right),$$



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

Ответ: 432 Дж/(кг·К).

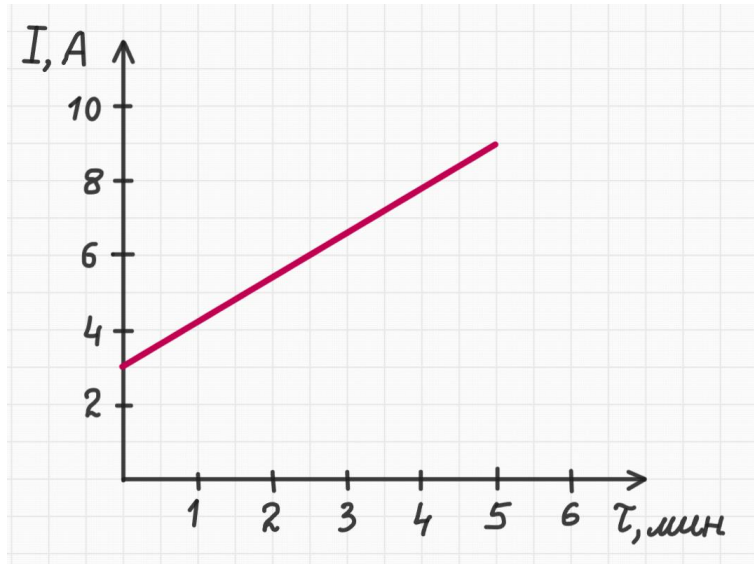
Критерии оценивания

<i>Критерий</i>	<i>Балл</i>
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	11



Задача 7.

Пропуская ток через полупроводниковый нагревательный элемент, литр воды, взятый при 0°C , доводят до кипения (атмосферное давление нормальное). График зависимости силы тока в элементе от времени изображен на рисунке. В момент начала



кипения амперметр вышел из строя и перестал давать показания. Сколько минут кипела вода пока полностью не выкипела? Ответ округлить до десятых. Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Удельная теплота парообразования воды $2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$. Скачков напряжения в сети не было.

Решение:

$$cm\Delta t = \frac{I_1 + I_2}{2} U\tau.$$

$$rm = UI_2T.$$

$$\frac{c\Delta t}{r} = \frac{(I_1 + I_2)\tau}{2I_2T}.$$

$$T = \frac{(I_1 + I_2)r\tau}{2I_2c\Delta t} = \frac{(3 + 9) \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 5}{2 \cdot 9 \cdot 4200 \cdot 100} \cong 18,3 \text{ мин.}$$

Ответ: 18,3 мин

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	15



Задача 8.

Колобок равномерно катится вниз по траволатору (эскалатор без ступенек, рис. 1). При этом скорость центра колобка относительно траволатора, равна скорости траволатора относительно земли и составляет 2 м/с. Используя данные рисунка 2, определить скорость точки А горизонтального диаметра колобка. Ответ выразить в м/с и округлить до сотых.

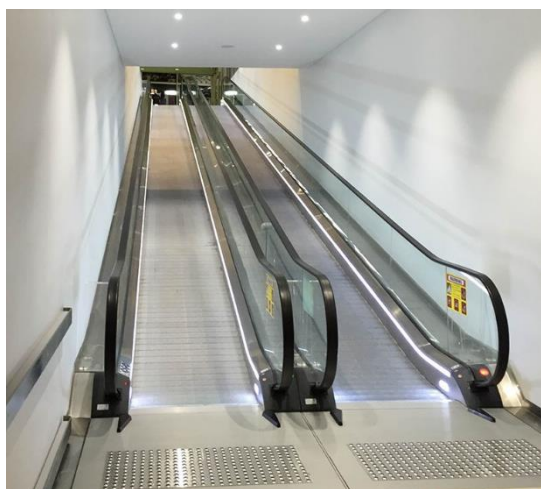


Рис. 1

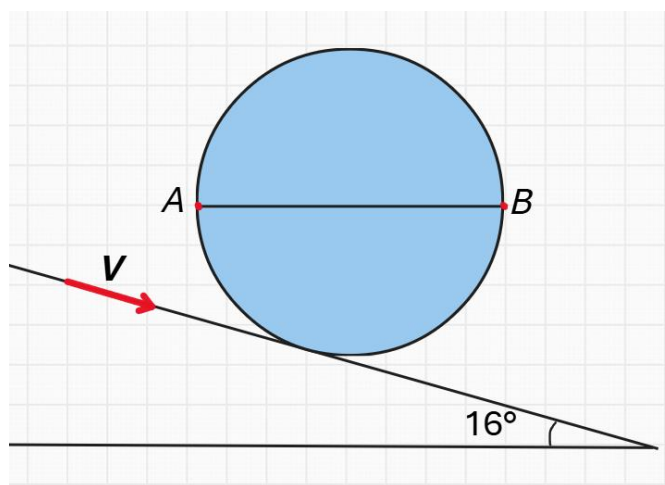
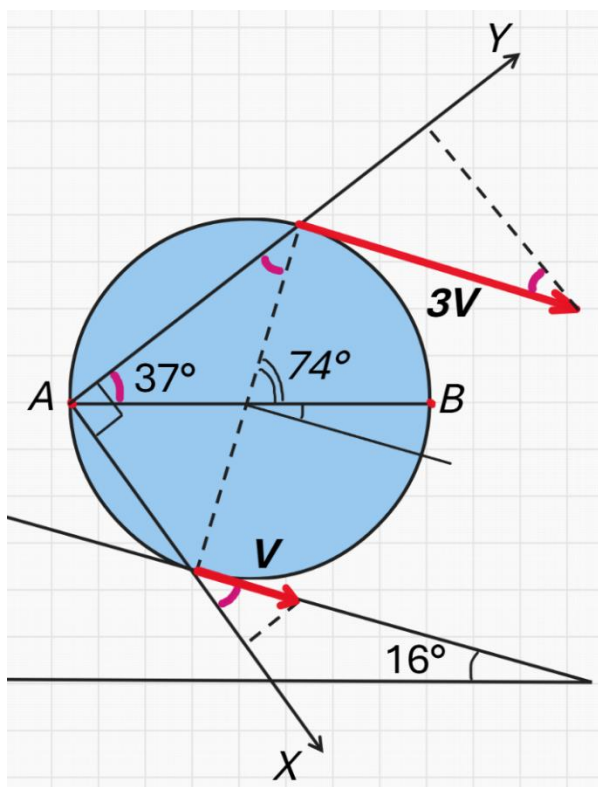


Рис. 2

Решение:



$$\begin{aligned}v_A &= \sqrt{(v \cos 37^\circ)^2 + (3v \sin 37^\circ)^2} = \\&= v\sqrt{1 + 8 \sin^2 37^\circ} \\v_A &= 2\sqrt{1 + 8 \sin^2 37^\circ} \cong 3,95 \frac{\text{м}}{\text{с}}.\end{aligned}$$



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

Ответ: 3,95 м/с

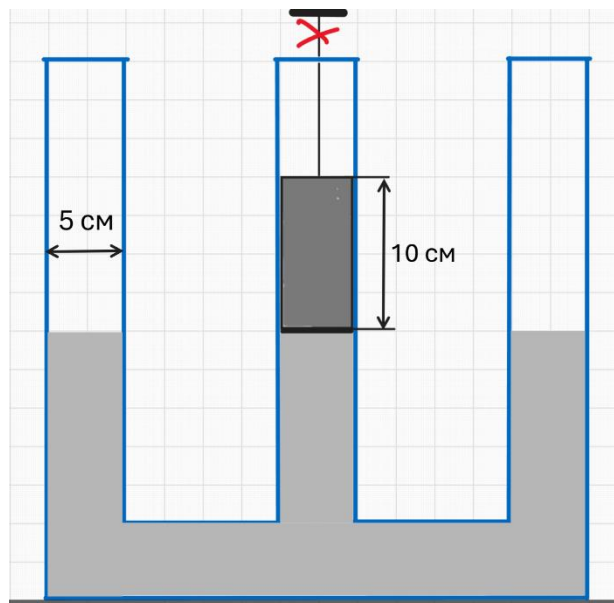
Критерии оценивания

<i>Критерий</i>	<i>Балл</i>
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	15



Задача 9.

В Ш-образную трубку, состоящую из трех сообщающихся открытых сверху сосудов равных сечений налита ртуть. Диаметр каждого сечения указан на рисунке. В среднем сосуде ртуть закрыта крышкой, плотно прилегающей к стенкам, но способной скользить вдоль них практически без трения. На эту крышку ставят свинцовый цилиндр высотой 10 см, подогнанный по диаметру



трубки, но, благодаря смазке, также способный скользить вдоль трубки практически без трения. Вначале цилиндр удерживают нитью так, как показано на рисунке. Затем нить пережигают. Какое количество тепла выделится к моменту, когда систему придет в равновесие? Ртуть не выливается из трубок. Плотность ртути 13600 кг/м^3 . Плотность свинца 11300 кг/м^3 . Ответ выразить в джоулях и округлить до сотых. Ускорение свободного падения 10 м/с^2 . $\pi = 3,14$.

Решение:

Условие равновесия цилиндра:

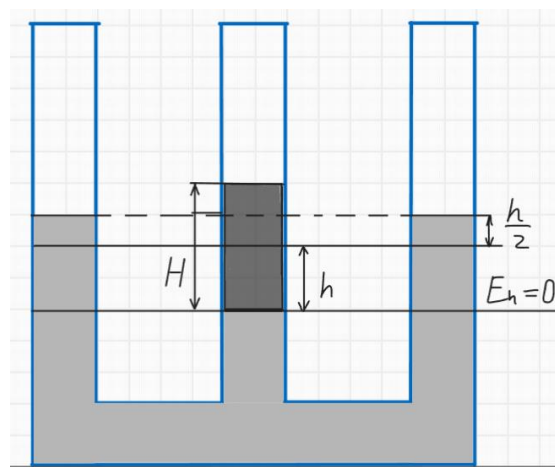
$$\rho_{\text{св}} S g H = \rho_{\text{рт}} S g H.$$

Откуда глубина опускания цилиндра

$$h = \frac{2\rho_{\text{св}}}{3\rho_{\text{рт}}} H.$$

Убыль потенциальной энергии цилиндра:

$$-\Delta E_{\text{св}} = mgh = \frac{\pi d^2 \rho_{\text{св}}^2 g H^2}{6\rho_{\text{рт}}}.$$





Приращение потенциальной энергии ртути

$$\Delta E_{\text{рт}} = 2\rho_{\text{рт}}S \frac{h}{2} \cdot \frac{5}{4}gh - \rho_{\text{рт}}Shg \frac{h}{2} = \frac{3}{4}\rho_{\text{рт}}Sgh^2 = \frac{3}{16}\pi d^2\rho_{\text{рт}}gh^2 = \frac{\pi g d^2 \rho_{\text{св}}^2}{12\rho_{\text{рт}}}H^2.$$

Закон сохранения энергии:

$$-\Delta E_{\text{св}} = \Delta E_{\text{рт}} + Q.$$

Отсюда

$$Q = \frac{\pi g (\rho_{\text{св}} d H)^2}{12\rho_{\text{рт}}}.$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot (11300 \cdot 0,05 \cdot 0,1)^2}{12 \cdot 13600}$$

Ответ: 0,61 Дж.

Критерии оценивания

<i>Критерий</i>	<i>Балл</i>
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	16