



Отборочный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

Профиль: «Физика»

Класс участия: 9

Вариант задания: 1

Задача 1.

По результатам выполненных измерений Вася построил на онлайн-доске график пути сконструированного им робота (рис 1). Приложив к графику линейку (рис. 2), Вася указал на нем координаты точки А графика. Определить по этим данным скорость робота в момент времени, соответствующий точке А. Ответ выразить в км/ч и округлить до сотых.

Решение:

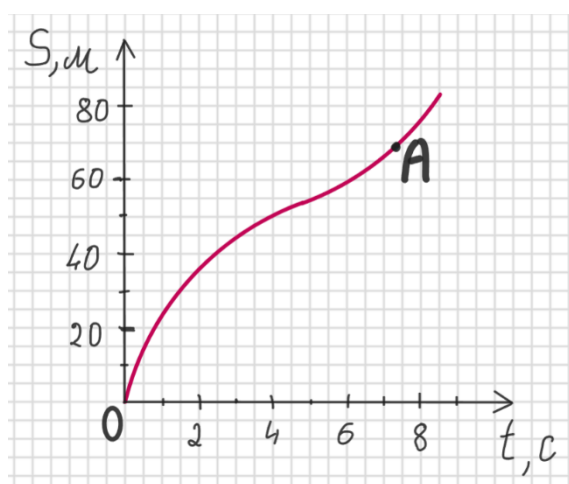


Рис. 1

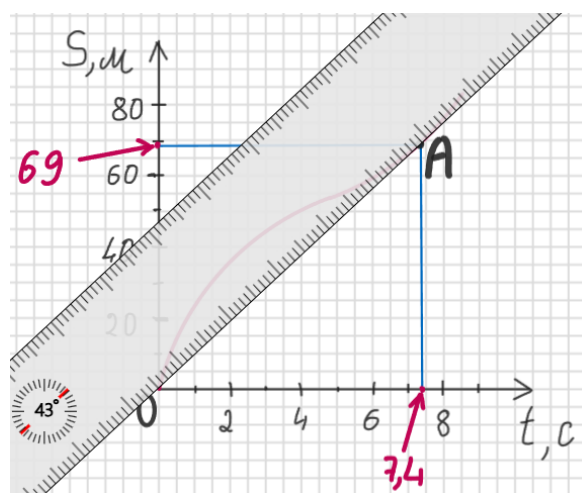


Рис. 2

Ответ: 33,57 км/ч.

Критерии оценивания

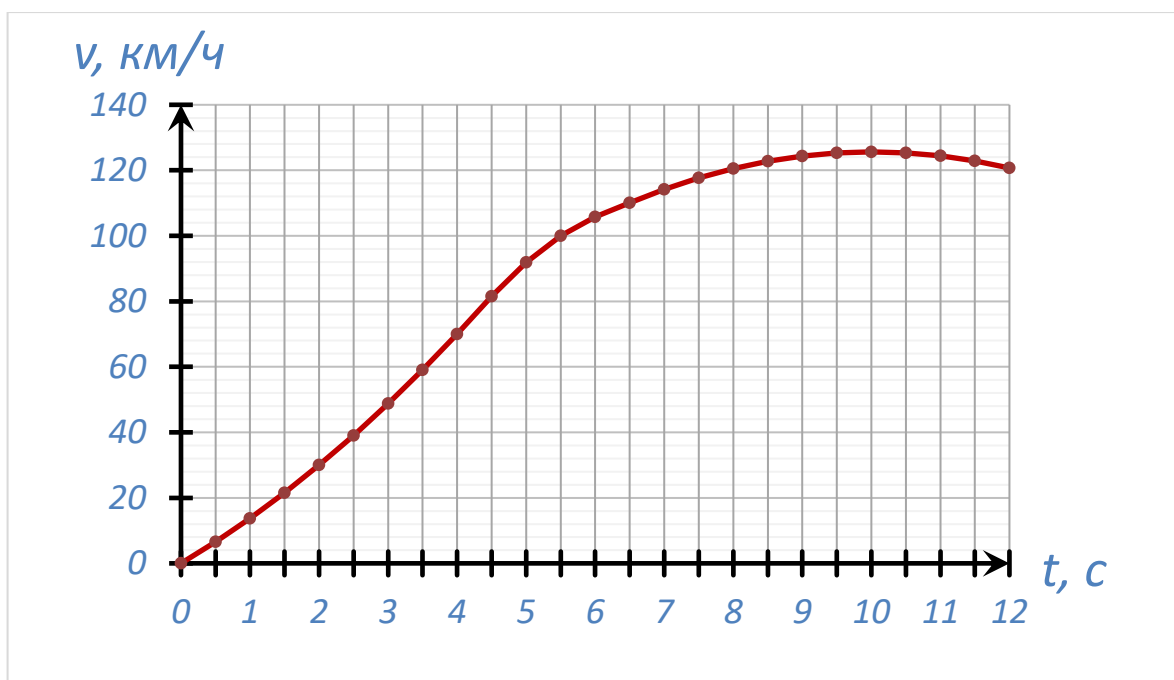
Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	7



Задача 2.

График скорости автомобиля во время тест-драйва представлен на рисунке. Масса автомобиля 2,5 т. КПД двигателя 35%. Сколько миллилитров бензина израсходовал двигатель за 5,5 с после начала движения? Удельная теплота сгорания бензина 46 Мдж/кг. Плотность бензина 750 кг/м³. Изменением массы автомобиля и сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ округлить до десятых.

Решение:



$$\frac{Mv^2}{2} = \eta q \rho V.$$

$$V(\text{мл}) = \frac{Mv^2}{2\eta q \rho} = \frac{2500 \cdot \left(\frac{100}{3,6}\right)^2 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,35 \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 750} = 79,88 \cong 79,9 (\text{мл}).$$

Ответ: 79,9 мл

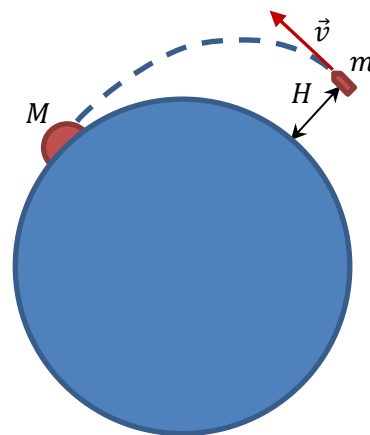
Критерии оценивания

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



Задача 3.

Металлическая болванка массой $m = 2$ т находится на низкой околоземной орбите ($H = 100$ км над поверхностью Земли) и движется со скоростью $v = 8$ км/с. Болванку сводят с орбиты и наводят на полусферу, расположенную на земле и изготовленную из того же металла (см. рис.). В результате удара оба тела испаряются. Какой могла быть максимальная масса полусферы M ? Начальные температуры болванки и полусферы принять одинаковыми. На перевод одного килограмма данного металла из твердого в парообразное состояние необходимо затратить $q = 8$ МДж тепла. Ускорение свободного падения 10 м/с². Изменением силы тяжести с высотой, потерями энергии на нагрев атмосферы, а также вращением Земли пренебречь. Ответ выразить в килограммах.



Решение:

По закону сохранения энергии

$$\frac{mv^2}{2} + mgH = q(m + M).$$

Отсюда

$$M = m \left(\frac{v^2}{2q} + gH - 1 \right) = 2000 \cdot \left(\frac{(8 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 8 \cdot 10^6} + 10 \cdot 100 \cdot 10^3 - 1 \right) = 6250 \text{ кг.}$$

Ответ: 6250 кг.

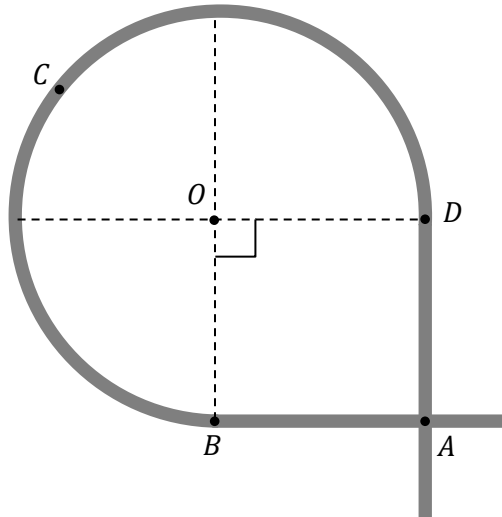
Критерии оценивания

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



Задача 4.

Фрагмент транспортной развязки (вид сверху) изображен на рисунке. Участок BCD близок к дуге окружности с центром в точке O . $ABOD$ можно считать квадратом (хотя в действительности DA расположен над AB). Участок AB автомобиль проходит со средней скоростью $v_1 = 110$ км/ч, дугу BCD — со скоростью $v_2 = 90$ км/ч, участок DA — со скоростью $v_3 = 80$ км/ч. Определить среднюю скорость v автомобиля на всем пути $ABCD$. Ответ выразить в м/с и округлить до десятых. Число π принять равным 3,14.



Решение:

$$v = \frac{2r + \frac{3}{4} \cdot 2\pi r}{\frac{r}{v_1} + \frac{\frac{3}{4} \cdot 2\pi r}{v_2} + \frac{r}{v_3}} = \frac{2 + \frac{3}{2}\pi}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_3} + \frac{3\pi}{2v_2}}$$
$$v = \frac{2 + 1,5 \cdot 3,14}{\frac{1}{110} + \frac{1}{80} + \frac{3 \cdot 3,14}{2 \cdot 90}} \cong 25,21 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cong 25,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 25,2 м/с.

Критерии оценивания

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



Задача 5.

Игрушка ванька-встанька (неваляшка) в простейшей модели состоит двух сферических оболочек одинаковой толщины радиусами $r_1 = 20$ см и $r_2 = 30$ см. Масса большей сферы $m_1 = 90$ г. Снизу к ней прикреплен груз массой $m = 0,5$ кг (рис. 1). С какой наименьшей силой F нужно надавливать на неваляшку, чтобы удерживать ее в горизонтальном положении на гладком столе (рис. 2)? Ответ выразить в ньютонах. Ускорение свободного падения 10 м/с². Площадь сферы пропорциональна квадрату ее радиуса.

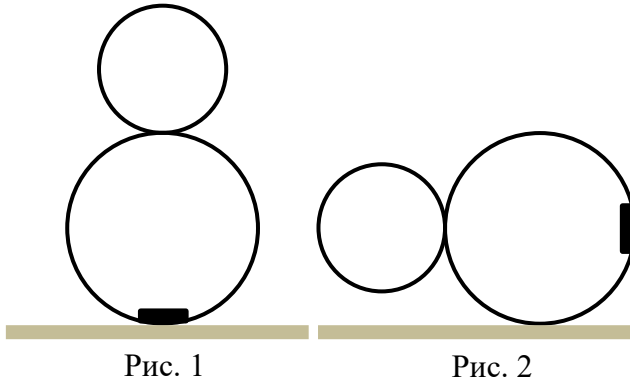


Рис. 1

Рис. 2

Решение:

Найдем сперва массу меньшей сферы:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{4}{9} \Rightarrow m_1 = \frac{4}{9} \cdot 9 \cdot 10^{-2} \text{ кг} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ кг}.$$

Очевидно, силу F необходимо прикладывать к малой сфере. Поскольку усилие надавливающее, оно должно быть перпендикулярно поверхности, к которой приложено. Поскольку стол гладкий, усилие должно быть вертикально. Набору этих условий удовлетворяет только сила, приложенная в точке A (рис. 3).

Запишем относительно точки B правило моментов сил, приложенных к неваляшке (пропорции длин векторов сил на рисунке не соблюдены):

$$(F + m_1 g)(r_1 + r_2) = mgr_2.$$

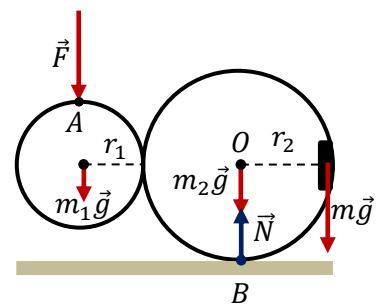


Рис. 3



Отсюда искомая сила

$$F = \frac{g(mr_2 - m_1(r_1 + r_2))}{r_1 + r_2} = 10 \cdot \frac{(5 \cdot 10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^{-1} - 4 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-1})}{0,5}$$
$$= 2,6 \text{ Н.}$$

Ответ: 2,6 Н.

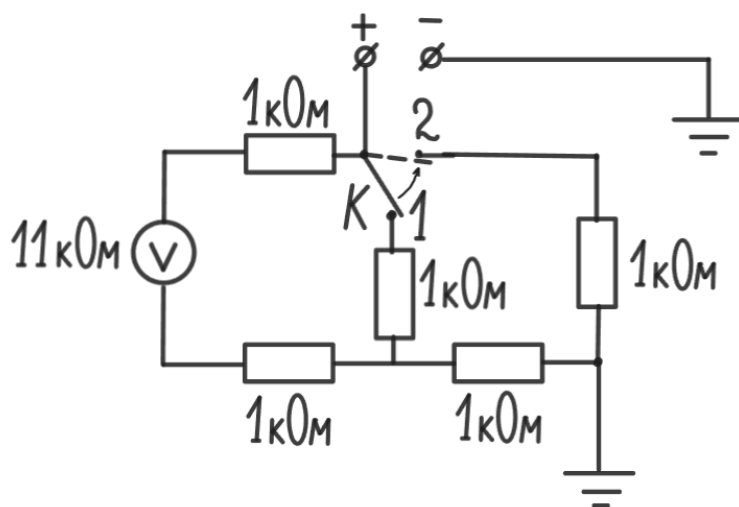
Критерии оценивания

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

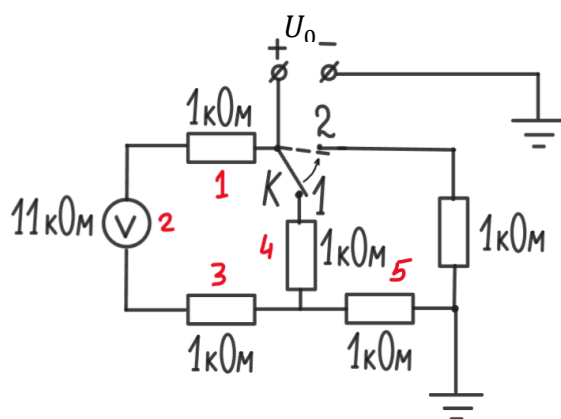


Задача 6.

Для исследования свойств различных соединений проводников ученики нарисовали электрическую схему и собрали ее. По данным рисунка определить отношение показаний вольтметра, когда ключ находится 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 1.

$$R_{1-4} = \frac{13}{14} \text{ Ом.}$$

$$R_{06}^1 = \frac{27}{14} \text{ Ом.}$$

$$\frac{U_{1-4}}{U_0} = \frac{R_{1-4}}{R_{06}^1} = \frac{13}{14} \cdot \frac{14}{27} = \frac{13}{27}.$$

$$\frac{U_V^1}{U_{1-4}} = \frac{11}{13}.$$

Следовательно

$$\frac{U_V^1}{U_0} = \frac{U_V^1}{U_{1-4}} \cdot \frac{U_{1-4}}{U_0} = \frac{11}{13} \cdot \frac{13}{27} = \frac{11}{27}.$$



Ключ в положении 2.

$$\frac{U_V^2}{U_0} = \frac{11}{14}$$

Таким образом

$$\frac{U_V^2}{U_0} : \frac{U_V^1}{U_0} = \frac{11}{14} : \frac{11}{27} = \frac{27}{14} \cong 1,93.$$

Ответ: 1,93.

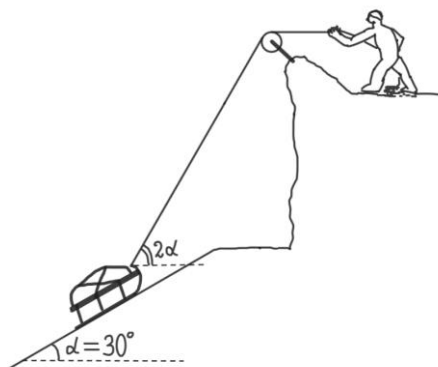
Критерии оценивания

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



Задача 7.

Санки с грузом на горке подтягивают с помощью неподвижного блока, вытягивая 0,5 м веревки в секунду (см. рис.). Определить скорость санок в момент, изображенный на рисунке. Ответ выразить в м/с и округлить до сотых.



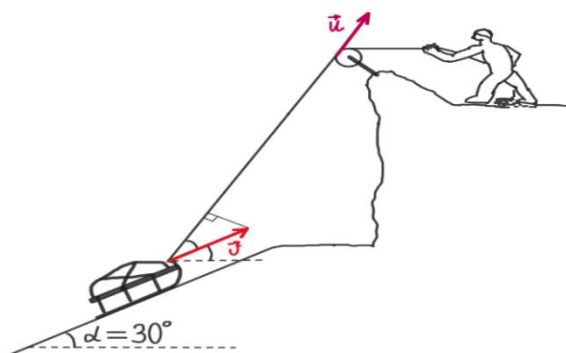
Решение:

Участок веревки AB можно принять за твердое тело. Тогда

$$v \cos 30^\circ = u$$

Отсюда

$$u = \frac{v}{\cos 30^\circ} = \frac{2v}{\sqrt{3}} \cong 0,58 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Ответ: 0,58 м/с

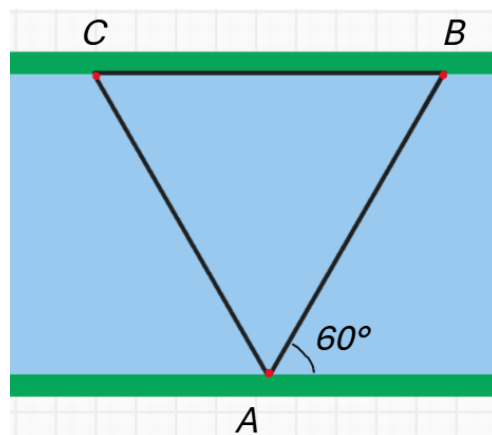
Критерии оценивания

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



Задача 8.

Лодочник переправляется через реку шириной 300 м за кратчайшее время. Достигнув противоположного берега, гребец, практически без остановки начинает двигаться вдоль него. Затем он снова осуществляет переправу в кратчайшее время. Полная траектория лодки изображена на рисунке. Определить



среднепутевую скорость лодки. Ответ выразить в м/с и округлить до сотых. Скорость течения 2 м/с.

Решение:

Поскольку обратная переправа осуществляется также в кратчайшее время, $\triangle ABC$ равносторонний. Тогда

$$v_{\text{сп}} = \frac{3S}{\frac{2S}{v_{\text{п}}} + \frac{S}{v-u}} = \frac{3(v-u)v_{\text{п}}}{2(v-u) + v_{\text{п}}}$$

Далее $v_{\text{п}} = \frac{u}{\cos 60^\circ} = 2u$.

$$v = u \operatorname{tg} 60^\circ = u\sqrt{3}.$$

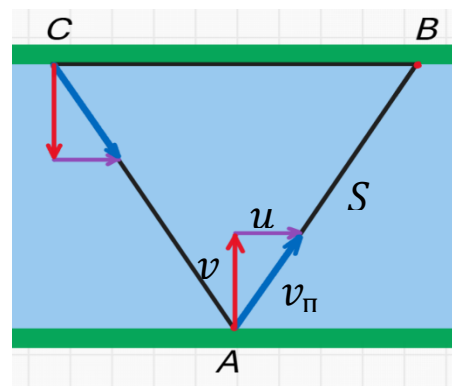
Подставим в первоначальную формулу

$$v_{\text{сп}} = \frac{3(u\sqrt{3}-u) \cdot 2u}{2(u\sqrt{3}-u) + 2u} = \frac{3u^2(\sqrt{3}-1)}{u\sqrt{3}}.$$

Окончательно

$$v_{\text{сп}} = u(3 - \sqrt{3}) = 2(3 - \sqrt{3}) \cong 2,54 \text{ м/с.}$$

Ответ: 2,54 м/с



Критерии оценивания

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



Задача 9.

Двигатель грузового автомобиля на горизонтальном участке трассы развивает мощность 200 л. с. При этом грузовик может тащить на буксире легковой автомобиль со скоростью 40 км/ч. С какой скоростью будут двигаться грузовой и легковой автомобили, если их водители устроят на этом участке соревнование по перетягиванию троса? Ответ выразить в км/ч и округлить до десятых. Мощность двигателя легкового автомобиля в процессе соревнования составляет 100 л. с. Обороты двигателя грузовика во всех трех ситуациях одинаковы. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости автомобиля, причем коэффициент пропорциональности не зависит от направления движения. Другие виды сопротивления не учитывать.

Решение:

$$N_1 = (\alpha_1 + \alpha_2)v_0^3 \Rightarrow \alpha_1 + \alpha_2 = \frac{N_1}{v_0^3}.$$

$$N_1 - N_2 = (\alpha_1 + \alpha_2)v^3 = \frac{N_1}{v_0^3}v^3.$$

$$v = v_0 \sqrt[3]{\frac{N_1 - N_2}{N_1}}.$$

$$v = 40 \sqrt[3]{\left(\frac{200 - 100}{200}\right)} \cong 31,7 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Ответ: 31,7 км/ч.

Критерии оценивания

Критерий	Балл
Дан неверный ответ/ответ отсутствует	0
Дан верный ответ	16