

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ 2020–2021 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП

11 класс

Задача 1

По двухполосному шоссе в одну сторону движутся автомобили со скоростями 60 км/ч и 90 км/ч. На километровом участке одновременно находятся 90 автомобилей, а за минуту мимо висящей на столбе видеокамеры по шоссе проезжает 110 автомобилей. Во сколько раз (на этом километровом участке) медленных автомобилей больше, чем быстрых, если автомобили распределены по своим полосам шоссе равномерно? Ответ округлите до сотых. (10 баллов)

Возможное решение

Пусть число медленных автомобилей на километровом участке шоссе равно n_1 , а число быстрых n_2 . Тогда $n_1 + n_2 = n = 90$ км⁻¹. Выразим число проезжающих за единицу времени по шоссе автомобилей j через n_1 и n_2 и их скорости $v_1 = 60$ км/ч и $v_2 = 90$ км/ч. За время t мимо видеокамеры проезжают автомобили, исходно находившиеся от видеокамеры на расстояниях, не превышающих $v_1 t$ и $v_2 t$. Зная число автомобилей, приходящееся на единицу длины шоссе, найдём число проехавших мимо видеокамеры автомобилей: $N_1 = n_1 v_1 t$ медленных, и $N_2 = n_2 v_2 t$ быстрых. Тогда число автомобилей, проезжающих мимо видеокамеры за единицу времени, равно $n_1 v_1 + n_2 v_2 = j = 110$ мин⁻¹. Из соотношений $n_1 + n_2 = n$ и $n_1 v_1 + n_2 v_2 = j$ получим:

$$\begin{cases} n_1(v_1 - v_2) = j - nv_2 \\ n_2(v_2 - v_1) = j - nv_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{nv_2 - j}{j - nv_1} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

Ответ: 1,25

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 2

Точечное тело бросают с поверхности земли под некоторым углом α к горизонту со скоростью 10 м/с. Оказалось, что кинетическая энергия тела в течение всего времени полёта больше или равна его потенциальной энергии. Считайте нулевым уровнем потенциальной энергии поверхность земли; сопротивлением воздуха пренебречь. Ускорение свободного падения равно 10 м/с².

- 1) Найдите максимальное значение угла α . Ответ выразите в градусах, округлите до целого числа. (6 баллов)
- 2) Чему равна максимальная высота подъёма тела? Ответ выразите в м, округлите до десятых. (4 балла)

Возможное решение

Минимальное значение кинетической энергии достигается в наивысшей точке подъёма – оно равно

$$W_{\min} = \frac{m(v \cos \alpha)^2}{2},$$

где m – масса тела, v – его начальная скорость тела, α – угол к горизонту, под которым бросили тело.

Максимальное значение потенциальной энергии равно

$$U_{\max} = mgH = mg \frac{(v \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{m(v \sin \alpha)^2}{2},$$

где H – высота наивысшей точки траектории тела.

Записываем неравенство:

$$\frac{m(v \cos \alpha)^2}{2} \geq \frac{m(v \sin \alpha)^2}{2} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha \leq 1 \Rightarrow \alpha_{\max} = 45^\circ.$$

Из формулы для максимальной высоты подъёма $H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ получаем искомую величину $H = 2,5$.

Ответы:

1)	2)
45	2,5

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 3

Один моль идеального одноатомного газа, изобарно расширяясь, получает количество теплоты $Q = 10$ Дж.

1) Найдите совершённую им при этом работу A . Ответ выразите в Дж, округлите до целого числа. (6 баллов)

2) Чему равно изменение температуры газа в этом процессе? Универсальная газовая постоянная равна $8,31$ Дж/(моль·К). Ответ выразите в К, округлите до сотых. (4 балла)

Возможное решение

При $p = \text{const}$ совершаемая ν молями газа работа при увеличении температуры на ΔT равна

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T.$$

Запишем первое начало термодинамики:

$$Q = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + A = \frac{5}{2}A.$$

Отсюда

$$A = \frac{2}{5}Q = 4 \text{ Дж.}$$

Так как $A = \frac{2}{5}Q$, и $A = \nu R\Delta T$, то $\Delta T = \frac{2}{5} \frac{Q}{\nu R} = 0,48$.

Ответы:

1)	2)
4	0,48

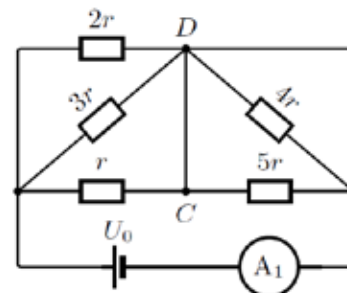
Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 4

В цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивление $r = 100$ Ом. Напряжение на выводах батарейки $U_0 = 6$ В. Амперметр A_1 считайте идеальным.

1) Определите показания амперметра A_1 . Ответ выразите в мА, округлите до целого числа. (6 баллов)

2) Вместо перемычки CD поставили идеальный амперметр A_2 . Что он показывает? Ответ выразите в мА, округлите до целого числа. (4 балла)



Возможное решение

а) Через сопротивления $4r$ и $5r$ ток не течёт. Следовательно, амперметр A_1 покажет ток:

$$I_1 = U_0 \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{3r} \right) = \frac{11 U_0}{6 r} = 110 \text{ мА.}$$

б) Через амперметр A_2 потечёт тот же ток, что и через сопротивление r . Ток 110 мА в узле растечётся на три тока, которые соотносятся как $2 : 3 : 6$ (так как сопротивления относятся как $3 : 2 : 1$). Следовательно, второй амперметр покажет ток $I_2 = \frac{6}{11} I_1 = 60 \text{ мА.}$

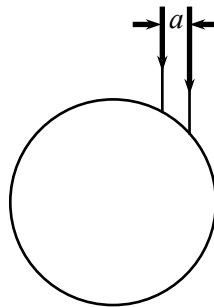
Ответы:

1)	2)
110	60

Максимум за задачу – 10 баллов.

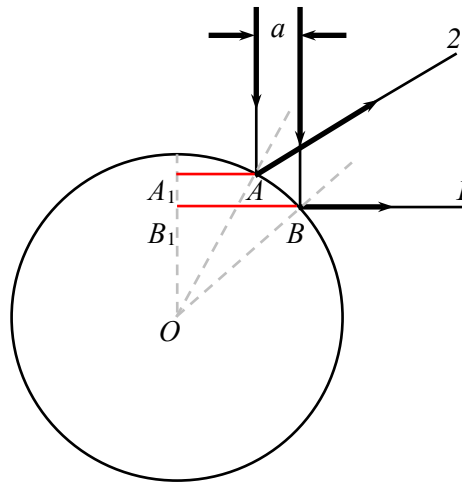
Задача 5

На поверхность зеркального шара падают два параллельных луча света, лежащие в плоскости, проходящей через его центр. Расстояние между лучами $a = 1$ см. Известно, что при отражении от поверхности шара один из лучей отклоняется от первоначального направления на угол $\alpha = 90^\circ$, а другой — на угол $\beta = 60^\circ$. Найдите радиус R шара. Ответ выразите в см, округлите до десятых. **(10 баллов)**



Возможное решение

Падающий луч 2 составляет угол $\frac{\beta}{2}$ с нормалью OA . Значит, угол OAA_1 равен $\theta = \frac{\pi}{2} - \frac{\beta}{2} = \frac{\pi}{3}$. Отраженный луч 1 составляет угол $\frac{\alpha}{2}$ с нормалью OB . Следовательно, угол OBV_1 равен $\varphi = \frac{\alpha}{2} = \frac{\pi}{4}$.



Из рисунка видно, что

$$a = BB_1 - AA_1 = R \cos \varphi - R \cos \theta \Rightarrow R = \frac{a}{\cos \frac{\pi}{4} - \cos \frac{\pi}{3}} = 2(\sqrt{2} + 1)a.$$

Ответ: 4,8.

Максимум за задачу – 10 баллов.

Всего за работу – 50 баллов.