

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ
Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
2017/18 учебного года

ФИЗИКА

9 класс

Задача 1.

Пассажирский поезд едет со скоростью v_0 . По соседним путям его обгоняет электричка, скорость которой $v = 90$ км/ч. Машинист электрички заметил, что он проехал мимо поезда за $t_1 = 70$ секунд. На обратном пути электричка и поезд снова встретились. Теперь машинист электрички по своим часам определил, что время прохождения электрички мимо поезда оказалось равным $t_2 = 10$ с. Определите скорость поезда.

Возможное решение:

Пусть l – сумма длин электрички и поезда. Именно на такое расстояние смещается поезд относительно электрички, когда проходит мимо нее. В первом случае:

$$l = t_1 v_{\text{отн1}} = t_1 (v - v_0),$$

где $v_{\text{отн1}}$ – скорость электрички относительно поезда в первом случае. Во втором случае:

$$l = t_2 v_{\text{отн2}} = t_2 (v + v_0).$$

Приравняв полученные выражения для l и выражая v_0 , получим:

$$v_0 = v \frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} = 90 \cdot \frac{70 - 10}{70 + 10} = 67,5 \text{ км/ч}.$$

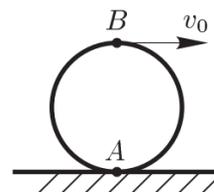
Ответ: скорость поезда 67,5 км/ч.

Критерии оценки:

Критерии оценки выполняемого задания	Баллы
Записано выражение для l в первом случае	3
Записано выражение для l во втором случае	3
Получено выражение для скорости поезда	2
Вычислено значение скорости поезда	2
Итого	10

Задача 2.

Колесо радиуса R катится без проскальзывания по гладкой горизонтальной поверхности (см. рис.). В некоторый момент времени скорость верхней точки колеса оказалась равной v_0 . Чему в этот момент равно ускорение нижней точки, в которой колесо соприкасается с поверхностью?



Возможное решение:

Т.к. колесо катится без проскальзывания, то в указанный момент времени точка A покоится, а движение колеса представляет собой мгновенное вращение вокруг нее. Тогда, если скорость точки B равна v_0 , то скорость оси колеса равна $v_0/2$.

Обозначим угловую скорость колеса – ω , тогда скорость нижней точки равна

$$v_A = \frac{v_0}{2} - \omega R = 0,$$

откуда

$$\omega = \frac{v_0}{2R}.$$

Перейдем в инерциальную систему отсчета, движущуюся со скоростью $\vec{v}_0/2$. В этой системе отсчета колесо вращается с угловой скоростью ω относительно своей оси. Поэтому ускорение точки A направлено к центру колеса и равно:

$$a = \omega^2 R = \frac{v_0^2}{4R}.$$

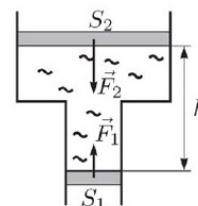
При переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую ускорения тел не меняются, поэтому в исходной системе отсчета ускорение точки A так же равно a .

Критерии оценки:

Критерии оценки выполняемого задания	Баллы
Найдена скорость оси колеса	2
Определена угловая скорость	2
Рассмотрена идея перехода в другую инерциальную систему отсчета	3
Определено ускорение в исходной системе отсчета	3
Итого	10

Задача 3.

В сосуде между двумя поршнями находится вода ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$). На нижний поршень площадью $S_1 = 110 \text{ см}^2$ действует сила $F_1 = 1,815 \text{ кН}$, на второй поршень массой 11 кг и площадью $S_2 = 220 \text{ см}^2$ действует сила $F_2 = 3,3 \text{ кН}$. Поршни неподвижны, жидкость несжимаема, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, нижний поршень можно считать невесомым. Определить расстояние между поршнями.



Возможное решение:

Давление жидкости на уровне верхнего поршня равно

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} + \frac{mg}{S_2} = 155 \text{ кПа} .$$

Давление жидкости на уровне нижнего поршня

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} = 165 \text{ кПа} .$$

Разность давлений равно гидростатическому давлению, т.е. $p_1 = p_2 + \rho gh$ (h – расстояние между поршнями). Отсюда выражаем h

$$h = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} = 1 \text{ м} .$$

Ответ: расстояние между поршнями равно 1 м .

Критерии оценки:

Критерии оценки выполняемого задания	Баллы
Определено давление на уровне верхнего поршня	2
Определено давление на уровне нижнего поршня	2
Предложена идея о том, что разность давлений на уровнях поршней равна гидростатическому давлению	4
Определено расстояние между поршнями	2
Итого	10

Задача 4.

В сосуде с водой плавает кусок льда массой $m = 0,7$ кг. Система находится в тепловом равновесии. Сколько теплой воды при температуре $t = 40$ °С нужно добавить в сосуд, чтобы объем выступающей из воды части льда уменьшился в $n = 3$ раза? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 334$ кДж/кг, удельная теплоемкость воды $c_в = 4200$ Дж/(кг·°С).

Возможное решение:

Пусть в воде плавает кусок льда массы m , при этом над водой находится часть его объема V . Тогда объемы всего кусочка льда и его погруженной части соответственно равны:

$$V_0 = \frac{m}{\rho_л}, \quad V_{погр} = V_0 - V.$$

В состоянии равновесия сила Архимеда, действующая на погруженную часть льда, уравновешивается силой тяжести:

$$\rho_в V_{погр} g = mg,$$

откуда

$$\frac{\rho_в}{\rho_л} m - \rho_в V = m.$$

Окончательно получаем:

$$V = \frac{\rho_в - \rho_л}{\rho_в \rho_л} m.$$

Как видно из последнего выражения, уменьшение объема выступающей части в n раз соответствует уменьшению массы куска льда во столько же раз.

Предположим, что $m_в$ – масса добавленной теплой воды. Также отметим, что после установления теплового равновесия в сосуде остается лед. Это значит, что добавленная вода остывает до температуры $t_0 = 0$ °С. Из условия теплового баланса:

$$\left(m - \frac{m}{n}\right) \lambda = m_в c_в (t - t_0).$$

Отсюда находим:

$$m_в = \frac{n-1}{n} \frac{m \lambda}{c_в (t - t_0)} = \frac{3-1}{3} \frac{0,7 \cdot 334000}{4200 \cdot (40-0)} \approx 0,93 \text{ кг}.$$

Ответ: необходимо добавить 0,93 кг теплой воды.

Критерии оценки:

Критерии оценки выполняемого задания	Баллы
Найдены объемы всего куска льда и его погруженной части	1
Написано условие плавания куска льда	2
Определен объем выступающей части куска льда	2
Написано уравнение теплового баланса для льда и воды	2
Вычислена масса добавленной воды	3
Итого	10

Задача 5.

У сообразительного экспериментатора был стрелочный вольтметр, позволяющий измерять напряжение до $U_1 = 5$ В. Методом проб и ошибок экспериментатор установил, что если с вольтметром последовательно подключить резистор сопротивлением 25 кОм, то тогда этот же вольтметр можно будет использовать для измерения напряжений до $U_2 = 30$ В. С целью дальнейшего усовершенствования вольтметра экспериментатор определил, что если параллельно вольтметру подключить резистор (шунт) с сопротивлением $R = 50$ Ом, то получившийся прибор позволяет измерять также и силу тока. Какое максимальное значение силы тока I_{\max} можно будет измерить данным прибором?

Возможное решение:

Обозначим внутреннее сопротивление вольтметра как r . Запишем закон Ома для участка цепи с вольтметром:

$$I_1 r = U_1,$$

где I_1 – максимальная сила тока, протекающего через вольтметр при отклонении стрелки на всю шкалу.

После подключения добавочного сопротивления получаем

$$I_1 (r + R) = U_2.$$

Решая совместно написанные уравнения, найдем:

$$r = R \frac{U_1}{U_2 - U_1} = 5 \text{ кОм}.$$

При подключении к вольтметру шунта получим

$$I_{ш} + I_1 = I_{\max},$$

или, с учетом первого уравнения

$$I_{\max} = \frac{U_1}{R_{ш}} + \frac{U_1}{r} = \frac{5}{50} + \frac{5}{5000} = 0,101 \text{ А}.$$

Ответ: максимальное значение силы тока $I_{\max} = 0,101$ А.

Критерии оценки:

Критерии оценки выполняемого задания	Баллы
Записан закон Ома для участка цепи с вольтметром	2
Записан закон Ома при подключении добавочного сопротивления	2
Вычислено значение сопротивления вольтметра	2
Записано выражение для I_{\max} при подключении шунта	2
Вычислено значение максимальной силы тока	2
Итого	10