

**Первый этап Всесибирской Открытой Олимпиады Школьников
по физике**

13 ноября 2022 г.

Решения и критерии оценки, 9 класс

1. Мотоцикл выехал из пункта A в пункт B . Через время $t_1 = 2$ часа после старта он догнал грузовик, который выехал из A на время τ , равное 1 часу, раньше мотоцикла и тоже двигался в B . Мотоциклист сообщил водителю грузовика, что необходимо вернуться и взять дополнительный груз, а сам продолжил движение в прежнем направлении и с прежней скоростью. На весь путь от A до B он затратил время $T = 6$ часов. Какое время t на весь путь из A в B (с учетом возврата) затратил грузовик? Считать, что грузовик и мотоцикл движутся с постоянной скоростью, временем остановки для загрузки и принятия решения пренебречь.

Возможное решение

В буквах:

Пусть длина маршрута равна S , а место, где мотоцикл догнал грузовик, находится на расстоянии x . Мотоцикл, двигаясь со скоростью v , прошел путь x за время t_1 :

$$x = vt_1 \quad (1)$$

Грузовик, двигаясь со скоростью u , на этот путь затратил время $t_1 + \tau$.

$$x = u(t_1 + \tau) = vt_1 \quad <2 \text{ балла}>$$

Получаем связь скоростей грузовика и мотоцикла:

$$u = \frac{vt_1}{t_1 + \tau} \quad (2) \quad <2 \text{ балла}>.$$

Мотоцикл за время T преодолел расстояние $S = vT$ (3) <1 балл>.

За искомое время t грузовик прошел путь $S + 2x = ut$ <2 балла>.

Подставив в последнее равенство значение x из (1), u из (2) и S из (3), получим:

$$T + 2t_1 = \frac{t_1 t}{t_1 + \tau} \quad <2 \text{ балла}>$$

$$t = \frac{(T + 2t_1)(t_1 + \tau)}{t_1} = \frac{(6 + 2 \cdot 2)(2 + 1)}{2} = 15 \text{ часов.}$$

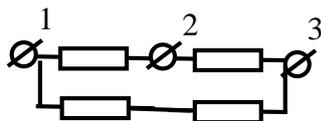
Ответ: 15 часов. <1 балл>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Формулировка условия встречи мотоцикла и грузовика	$x=u(t_1+\tau)=vt_1$	2
2	Установление связи скоростей мотоцикла и грузовика	$u = \frac{vt_1}{t_1+\tau}$	2
3	Описание движения мотоцикла и грузовика	$S = Tv$ $S + 2x = ut$	1 2
4	Получение уравнения на искомое время	$T + 2t_1 = \frac{t_1 t}{t_1 + \tau}$	2
5	Получение ответа	$t = 15$ часов	1

2. В черном ящике смонтирована схема из 4-х резисторов сопротивлением $R_0 = 1$ Ом каждый. Из ящика выведены 3 клеммы, присоединенные к схеме. Омметр, подключенный к клемме 1 и клемме 2, показывает сопротивление $R = 0.75$ Ом. То же самое он показывает, если его подключить к клеммам 2 и 3. Измеренное сопротивление между клеммами 1 и 3 оказалось не равным нулю. Чему равно это сопротивление?

Возможное решение



Сопротивление между клеммами $R < R_0$ получается только в случае, если между ними включен 1 резистор и параллельно с ним схема из других резисторов. <2 балла>

Сопротивление этой схемы R_x найдем из соотношения

$$R = \frac{R_0 R_x}{R_0 + R_x}, \text{ откуда } R_x = \frac{R R_0}{R_0 - R} = 3 \text{ Ом} = 3R_0 \text{ <3 балла>}$$

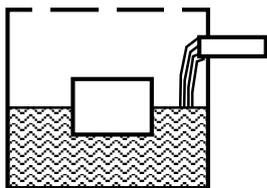
Это означает, что данная схема является последовательным соединением оставшихся 3 резисторов. Таким образом, 1 резистор включен между клеммами 1 и 2, 1 между 2 и 3, оставшиеся два замыкают цепь параллельную как к первому, так и ко второму. Схема приведена на рисунке. Клеммы 1 и 3 соединяют две параллельные цепи сопротивлением $2R_0$ каждая. <3балла>

$$R_{13} = \frac{2R_0 \cdot 2R_0}{2R_0 + 2R_0} = 1 \text{ Ом} \text{ <2 балла>}$$

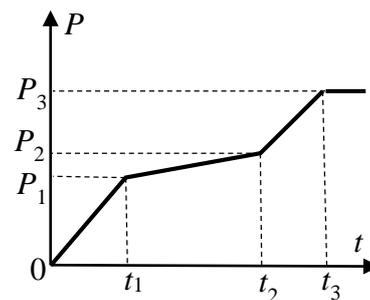
Ответ: 1 Ом.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Утверждение о том, что между клеммами включен 1 резистор и параллельная цепь		2
2	Определение сопротивления параллельной цепи	$R = \frac{R_0 R_x}{R_0 + R_x}, R_x = 3R_0$	3
3	Построение схемы цепи в черном ящике		3
4	Получение ответа	$R_{13} = 1 \text{ Ом}$	2



3. На дне бассейна прямоугольной формы лежит однородное тело в форме прямоугольного параллелепипеда. Бассейн сверху закрыт решеткой. В него с постоянным расходом медленно наливают воду. На графике показана зависимость от времени давления воды вблизи дна бассейна. Определите по данным графика плотность материала, из которого состоит тело. Атмосферное давление на графике принято за ноль. Плотность воды ρ_0 .



Возможное решение

Во временном промежутке $\langle 0, t_1 \rangle$ тело лежит на дне, в промежутке $\langle t_1, t_2 \rangle$ оно плавает, в промежутке $\langle t_2, t_3 \rangle$ упирается в решетку, при $t > t_3$ бассейн полностью заполнен, и лишняя вода вытекает через решетку. <2 балла>

Давление воды $P = \rho_0 g h$. Высота $h_1 = P_1 / \rho_0 g$ отвечает высоте, на которую погружено в воду плавающее тело. <2 балла>

Высота $H = P_3 / (\rho_0 g)$ отвечает высоте бассейна.

Высота $H_1 = P_2 / (\rho_0 g)$ отвечает уровню воды момент времени t_2 , когда плавающее тело только коснулось решетки.

Тогда $h_2 = H - H_1 = (P_3 - P_2) / (\rho_0 g)$ отвечает высоте выступающей из воды части плавающего тела. <2 балла>

Из закона Архимеда $\rho g s (h_1 + h_2) = \rho_0 g h_1 s$. <2 балла>

Ответ: $\rho = \frac{\rho_0 P_1}{(P_3 + P_1 - P_2)}$ <2 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Построение сюжета из анализа графика		2
2	Определение глубины погружения тела	$h_1 = P_1 / \rho_0 g$	2
3	Определение высоты тела над водой	$h_2 = (P_3 - P_2) / \rho_0 g$	2
4	Формулировка закона Архимеда	$\rho g s (h_1 + h_2) = \rho_0 g h_1 s$	2
5	Получение ответа	$\rho = \frac{\rho_0 P_1}{(P_3 + P_1 - P_2)}$	2

4. Электропоезд, стоявший перед входом в длинный тоннель, начал разгоняться после того, как загорелся зелёный сигнал светофора. Через время t_1 он полностью вошел в тоннель. Определите время τ , в течение которого электропоезд целиком находился в тоннеле, если из тоннеля он выходил в течение времени t_2 . Электропоезд от начала движения до полного выхода из тоннеля двигался с постоянным ускорением.

Возможное решение

Обозначим длину электропоезда L , а его ускорение a . За время t_1 поезд преодолел расстояние, равное его длине:

$$L = \frac{at_1^2}{2}. \text{ <2 балла>}$$

Такое же расстояние электропоезд преодолел за время t_2 :

$$L = vt_2 + \frac{at_2^2}{2},$$

где v – скорость электропоезда к моменту начала выхода из тоннеля. <2 балла>

Поскольку к началу выхода из тоннеля поезд ускорился в течение интервала времени, равного $t_1 + \tau$, эта скорость равна:

$$v = a(t_1 + \tau). \text{ <2 балла>}$$

Приравнивая пройденные расстояния и подставляя скорость, получаем уравнение на время τ .

$$\frac{at_1^2}{2} = a(t_1 + \tau)t_2 + \frac{at_2^2}{2}. \text{ <2 балла>}$$

Решая уравнение, получаем ответ: $\tau = \frac{t_1^2 - t_2^2}{2t_2} - t_1$. <2 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Связь длины электропоезда и времени въезда в тоннель	$L = \frac{at_1^2}{2}$	2
2	Связь длины электропоезда и времени выезда из тоннеля	$L = vt_2 + \frac{at_2^2}{2}$	2
3	Определение скорости электропоезда к началу выхода из тоннеля	$v = a(t_1 + \tau)$	2
4	Получение уравнения на время τ	$\frac{at_1^2}{2} = a(t_1 + \tau)t_2 + \frac{at_2^2}{2}$	2
5	Решение уравнения и получение ответа	$\tau = \frac{t_1^2 - t_2^2}{2t_2} - t_1$	2

5. Сплошной однородный цилиндр высоты H , находится в сосуде с жидкостью, погрузившись на половину высоты, так что его ось расположена вертикально. Снизу он удерживается тонкой легкой пружиной, которая растянута на $H/4$. В сосуд долили жидкости до полного погружения цилиндра. При этом уровень жидкости стал выше на H от первоначального. Найдите плотность материала цилиндра. Плотность жидкости ρ_0 .

Возможное решение

Обозначим жесткость пружины k . Для начальной ситуации уравнение баланса сил имеет вид <2 балла>

$$\rho gV + \frac{kH}{4} = \frac{\rho_0 gV}{2},$$

где V – объём цилиндра.

Когда уровень жидкости поднялся на H , погруженный объём цилиндра стал равен V . При этом дно цилиндра поднялось до первоначального уровня жидкости, то есть на $H/2$. На столько же дополнительно растянулась пружина <3 балла>. Уравнение баланса сил для конечной ситуации будет <2 балла>

$$\rho gV + \frac{3kH}{4} = \rho_0 gV.$$

Решая эти два уравнения, получаем **ответ:** $\rho = \rho_0/4$ <3 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Формулировка условия начального равновесия	$\rho gV + \frac{kH}{4} = \frac{\rho_0 gV}{2}$.	2
2	Определение геометрической связи растяжения пружины с подъемом уровня воды		3
3	Формулировка условия конечного равновесия	$\rho gV + \frac{3kH}{4} = \rho_0 gV$.	2
4	Получение ответа	$\rho = \rho_0/4$	3