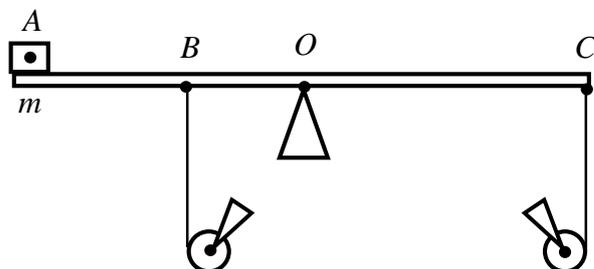


Первый (очный) этап Всесибирской олимпиады по физике

14 ноября 2021 г.

9 класс

Решения и критерии оценки



9.1. Точки сбалансированных качелей B и C соединены канатом, переброшенным через два закрепленных блока (см. рисунок). На левой половине качелей лежит груз массы m . Определите силу натяжения каната. Длина отрезков $AO=CO=l$, $BO=l/2$. Канат считать невесомым и нерастяжимым. Трения нет.

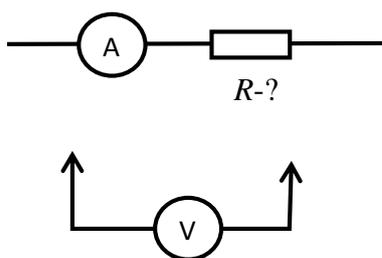
Возможное решение

- 1) Груз давит на качели с силой mg , создающей момент $M_1 = AO \cdot mg$ <2 балла>.
- 2) Обозначим силу натяжения каната T . Момент сил, которыми канат действует на качели относительно их оси вращения, $M_2 = BO \cdot T - CO \cdot T$ <4 балла>.
- 3) При равновесии сумма моментов сил равна нулю: $M_1 + M_2 = 0$ <2 балла>.

Ответ: $T = 2mg$ <2 балла>

Разбалловка по этапам

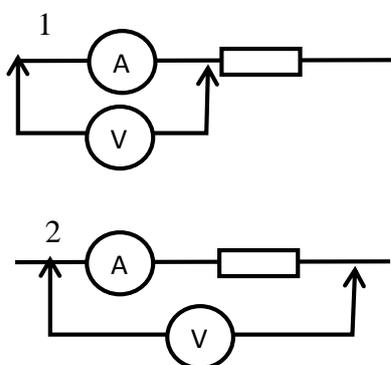
	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение момента силы давления груза	$M_1 = AO \cdot mg$	2
2	Определение момента сил натяжения каната	$M_2 = BO \cdot T - CO \cdot T$	4
3	Баланс моментов	$M_1 + M_2 = 0$	2
5	Получение ответа	$T = 2mg$	2



9.2. На рисунке изображен фрагмент схемы, содержащей амперметр и неизвестный резистор. В вашем распоряжении имеется вольтметр, который можно включить между любыми двумя проводниками этой схемы, не нарушая ее соединений. Амперметр показывает ненулевой ток. Какие измерения нужно сделать (нарисуйте схему), чтобы определить сопротивление резистора, и как из показаний вольтметра U_i и амперметра

I_i в проведенных опытах это сделать? Вольтметр и амперметр неидеальные, имеют конечные внутренние сопротивления.

Возможное решение



1) Включаем вольтметр параллельно амперметру (схема 1) и определяем сопротивление амперметра $r_A = U_1 / I_1$ <4 балла>.

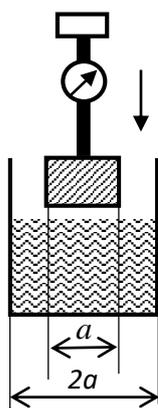
2) Включаем вольтметр параллельно цепи из амперметра и резистора (схема 2) и определяем ее сопротивление $r_A + R = U_2 / I_2$, где R – искомое сопротивление <4 балла>.

Сопротивление резистора $R = U_2 / I_2 - U_1 / I_1$.

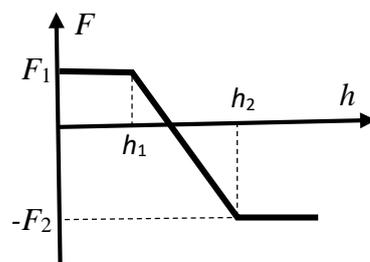
Ответ: $R = U_2 / I_2 - U_1 / I_1$ <2 балла>

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Схема для определения сопротивления амперметра и результат измерения	$r_A = U_1 / I_1$	4
2	Схема для определения суммы сопротивлений амперметра и резистора, результат измерения	$r_A + R = U_2 / I_2$	4
3	Получение ответа	$R = U_2 / I_2 - U_1 / I_1$	2



9.3. Брусок с помощью тонкой штанги медленно опускается в сосуд с жидкостью. В штанге смонтирован динамометр, который измеряет силу F , прикладываемую к бруску. На графике показана зависимость этой силы от высоты, на которой он находится. По данным графика определите плотность бруска и жидкости. Брусок и сосуд имеют в поперечном сечении форму квадрата со стороной, соответственно, a и $2a$.



Возможное решение

1) При высоте больше h_2 брусок находится вне жидкости, и динамометр показывает его вес: $F_2 = mg$ <2 балла>.

2) При высоте меньше h_1 брусок целиком утоплен в жидкости, и показание динамометра равно сумме действующих на брусок сил Архимеда и тяжести $F_1 = \rho_0 g V - mg$, где V – объем бруска, ρ_0 – плотность жидкости <2 балла>.

3) При погружении в жидкость брусок, имея высоту h , вытесняет объем жидкости $V = a^2 h$ и ее уровень в сосуде поднимается на $\Delta h = V / 4a^2$, так что в момент, когда нижняя кромка бруска опустится с h_2 до h_1 , верхняя будет на высоте $h_2 + \Delta h$, а высота бруска $h = h_2 - h_1 + V / 4a^2 = h_2 - h_1 + h / 4$, откуда $h = \frac{4}{3}(h_2 - h_1)$ и объем бруска $V = \frac{4}{3} a^2 (h_2 - h_1)$ <4 балла>.

Плотность бруска $\rho = \frac{m}{V} = \frac{F_2}{a^2 g h} = \frac{3F_2}{4a^2 g (h_2 - h_1)}$, плотность жидкости.

$$\rho_0 = \frac{F_1 + F_2}{gV} = \frac{3(F_1 + F_2)}{4a^2 g (h_2 - h_1)}$$

Ответ: $\rho = \frac{3F_2}{4a^2 g (h_2 - h_1)}$, $\rho_0 = \frac{3(F_1 + F_2)}{4a^2 g (h_2 - h_1)}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Интерпретация показаний динамометра при высоте $> h_2$	$F_2 = mg$	2
2	Интерпретация показаний динамометра при высоте $< h_1$	$F_1 = \rho_0 g V - mg$	2
3	Определение объема бруска	$V = \frac{4}{3} a^2 (h_2 - h_1)$	4
4	Получение ответа	$\rho = \frac{3F_2}{4a^2 g (h_2 - h_1)}$, $\rho_0 = \frac{3(F_1 + F_2)}{4a^2 g (h_2 - h_1)}$	2

9.4. Камешек массы m заморожен в лед, имеющий температуру $T_0 = 0^\circ \text{C}$. Эту льдинку помещают в термос, содержащий объем V воды при температуре $T > T_0$. При какой минимальной массе льда льдинка не утонет? Плотность камня ρ_1 , плотность льда ρ_2 , плотность воды ρ_0 , $\rho_1 > \rho_0 > \rho_2$, теплота плавления льда λ , удельная теплоемкость воды c . Потерями тепла пренебречь.

Возможное решение

1) Обозначим начальную массу льда M . После установления теплового равновесия масса нерастаявшего льда m' определяется из условия теплового баланса

$$(M - m')\lambda = \rho_0 V c (T - T_0), \quad \langle 3 \text{ балла} \rangle \quad (1)$$

2) Льдинка массы m' с камешком массы m не утонет, если ее суммарный объем больше, чем объем воды той же массы (или сила Архимеда при полном погружении льдинки меньше силы тяжести, действующей на льдинку и камень):

$$\frac{m}{\rho_1} + \frac{m'}{\rho_2} \geq \frac{(m + m')}{\rho_0} \quad \langle 3 \text{ балла} \rangle \quad (2)$$

3) Решая уравнение (2), находим необходимую конечную массу льда:

$$m' \geq \frac{m \rho_2 (\rho_1 - \rho_0)}{\rho_1 (\rho_0 - \rho_2)} \quad \langle 1 \text{ балл} \rangle$$

Исходную массу льда находим из уравнения (1), подставив в него значение m' .

Ответ: $M_{\min} = \frac{m \rho_2 (\rho_1 - \rho_0)}{\rho_1 (\rho_0 - \rho_2)} + \frac{\rho_0 V c (T - T_0)}{\lambda} \quad \langle 3 \text{ балла} \rangle$

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Условие теплового баланса	$(M - m')\lambda = \rho_0 V c (T - T_0)$	3
2	Условие плавания льдинки с камешком	$\frac{m}{\rho_1} + \frac{m'}{\rho_2} \geq \frac{(m + m')}{\rho_0}$	3
3	Определение необходимой конечной массы льда	$m' \geq \frac{m \rho_2 (\rho_1 - \rho_0)}{\rho_1 (\rho_0 - \rho_2)}$	1
4	Получение ответа	$M_{\min} = \frac{m \rho_2 (\rho_1 - \rho_0)}{\rho_1 (\rho_0 - \rho_2)} + \frac{\rho_0 V c (T - T_0)}{\lambda}$	3

9.5. Одинаковые автомобили движутся по дороге непрерывным потоком со скоростью v с одинаковым интервалом h (под интервалом понимается расстояние между передними бамперами следующих друг за другом автомобилей). На время t включился запрещающий сигнал светофора, и перед ним образовалась колонна стоящих автомобилей длины L . После включения разрешающего сигнала автомобили начали стартовать один за другим со скоростью v , соблюдая одинаковый, но отличный от h интервал. В результате через время t_1 включенного разрешающего сигнала стоящих автомобилей не осталось. Определите новый интервал между движущимися автомобилями, считая, что их количество в колонне велико, и они стоят плотно друг за другом. Значение интервала движения много меньше начальной длины колонны стоящих автомобилей и расстояния, которое проезжает автомобиль за время работы любого сигнала светофора. Временем ускорения и торможения автомобилей пренебречь.

Возможное решение

1) За время t в колонну попадут автомобили, находящиеся на участке дороги длины $S_1 = L + vt$ <2 балла>.



2) За время «рассасывания» колонны t_1 левый край колонны сместится влево на $\Delta L = L \frac{t_1}{t}$, и в

колонну дополнительно попадут автомобили с промежутка $S_2 = \Delta L + vt_1$ <2 балла>, а

полное количество побывавших в колонне автомобилей $N = \frac{L + \Delta L + vt + vt_1}{h}$ <2 балла>.

3) За время t_1 автомобили впереди колонны переместятся вправо на vt_1 . Таким образом, все N автомобилей распределятся на участке дороги длины $L + \Delta L + vt_1$, и их интервал будет

$$h_1 = h \frac{L(t + t_1) + vtt_1}{(L + vt)(t + t_1)} \text{ <3 балла>.$$

Ответ: $h_1 = h \frac{L(t + t_1) + vtt_1}{(L + vt)(t + t_1)}$ <2 балла>.

Разбалловка по этапам

	Этапы решения	Соотношения	Балл
1	Определение длины участка дороги, с которого автомобили попадают в колонну за время запрещающего знака светофора	$S_1 = L + vt$	2
2	Определение длины участка дороги, с которого автомобили попадают в колонну при разрешающем знаке светофора	$\Delta L = L \frac{t_1}{t}, S_2 = \Delta L + vt_1$	2
3	Определение полного числа автомобилей, побывавших в колонне	$N = \frac{L + \Delta L + vt + vt_1}{h}$	2
4	Определение длины участка дороги, занятого автомобилями из колонны	$L + \Delta L + vt_1$	2
5	Получение ответа	$h_1 = h \frac{L(t + t_1) + vtt_1}{(L + vt)(t + t_1)}$	2