

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2019-2020
ФИЗИКА

9 класс

II этап

Задача 1

На лабораторных работах по определению теплоёмкости воды, ученикам выдавали калориметры, в которые наливалось $V = 1,5$ л воды и электрический нагреватель мощностью $P = 0,8$ кВт, подключённые к источникам питания. Спустя время $\tau = 11,5$ мин, когда вода ещё не закипела, один из учеников заметил, что потребляемая мощность снизилась на $q = 50$ Вт. Определите, при какой температуре воды произошло падение мощности источника тока, если начальная температура воды $t_0 = 10^\circ\text{C}$, температура воды в конце эксперимента $t_m = 95^\circ\text{C}$. Плотность воды $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а удельная теплоёмкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$.

Оценка задания № 1 - 20 баллов

Решение

Пусть t – температура при которой произошло падение мощности, τ_x – время при котором произошло падение мощности. Запишем уравнения теплового баланса для двух этапов нагревания:

$$P\tau_x = c\rho V(t - t_0),$$
$$(P - q)(\tau - \tau_x) = c\rho V(t_m - t).$$

Здесь мы заменили массу воды $m = \rho V$. Складывая два этих уравнения получим

$$(P - q)\tau + q\tau_x = c\rho V(t_m - t_0).$$

Отсюда легко получить выражение для τ_x

$$\tau_x = \frac{(c\rho V(t_m - t_0) - (P - q)\tau)}{q}.$$

Подставим полученное выражение в первое уравнение теплового баланса и выразим t :

$$t = t_0 + \frac{P}{q}(t_m - t_0) - \frac{P(P - q)}{q c\rho V}\tau.$$

Наконец получим численное значение t

$$t \approx 55,7^\circ\text{C}.$$

Ответ: $\approx 55,7^\circ\text{C}$

Критерий	Баллы
Записаны уравнения теплового баланса для 2-х случаев	6
Получено выражение для времени при котором произошло падение мощности	6
Получено выражение в общем виде для t	4
Получено численное выражение для t	4

Задача 2

Для сцепки четырёх вагонов, отличающихся по массе на $\eta = 10\%$ в сторону увеличения, первый вагон скатывают с горки длиной S и углом наклона α . Остальные вагоны

расположены на горизонтальной поверхности и отстоят друг от друга на небольшом расстоянии. Считая каждую сцепку абсолютно не упругой, найти скорость такого состава сразу после последней сцепки.

Оценка задания № 2 - 20 баллов

Решение

Пусть m – масса 1-го вагона, тогда $1,1m$ – масса второго вагона, $1,2m$ – масса третьего вагона, $1,3m$ – масса четвертого вагона. Высота горки с которой скатывается первый вагон

$$h = S \sin \alpha.$$

Следовательно, по закону сохранения энергии скорость первого вагона v_0 перед первой сцепкой выражается из уравнения

$$mgh = \frac{mv_0^2}{2},$$

Тогда

$$v_0 = \sqrt{2gS \sin \alpha}.$$

Рассмотрим первую сцепку. По закону сохранения импульса имеем

$$mv_0 = (m + 1,1m)v_1,$$

где v_1 – скорость системы из второго и первого вагонов. Отсюда следует

$$v_1 = \frac{v_0}{2,1}.$$

Аналогично рассматриваем вторую сцепку:

$$(m + 1,1m)v_1 = (m + 1,1m + 1,2m)v_2,$$

где v_2 – скорость системы из 3-х вагонов, и

$$v_2 = \frac{v_0}{3,3}.$$

Наконец для последней сцепки

$$(m + 1,1m + 1,2m)v_2 = (m + 1,1m + 1,2m + 1,3m)v_3,$$

где v_3 – скорость системы 4-х вагонов отсюда:

$$v_3 = \frac{v_0}{4,6}.$$

Подставляем выражение для v_0 и получаем

$$v_3 = \frac{\sqrt{2gS \sin \alpha}}{4,6}.$$

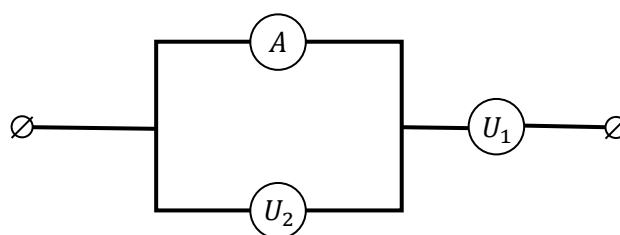
Ответ: $\frac{\sqrt{2gS \sin \alpha}}{4,6}$

Критерий	Баллы
Получено выражение для скорости v_0 с использованием закона сохранения энергии	4
Получено выражение для скорости v_1 (закон сохранения импульса)	4
Получено выражение для скорости v_2 (закон сохранения импульса)	4
<i>Два предыдущих пункта могут отсутствовать, т.к. для каждой сцепки выполнен закон сохранения импульса и можно сразу записать $mv_0 = (m + 1,1m + 1,2m + 1,3m)v_3$, где v_3 – скорость системы из четырех вагонов сразу после сцепки.</i>	8
Получено выражение для скорости v_3 (закон сохранения импульса) через v_0	4
Получено окончательное выражение для скорости v_3	4

Задача 3

Электрическая цепь подключена к источнику постоянного тока. Показания амперметра $I = 0,2$ мА, а вольтметров $U_1 = 1,5$ В и $U_2 = 0,3$ В соответственно. Найти сопротивления всех приборов, если вольтметры одинаковы.

Оценка задания № 3 - 20 баллов



Решение

Поскольку амперметр подключен параллельно с вольтметром U_2 напряжение на нем совпадает с напряжением на вольтметре 2, тогда по закону Ома сопротивление амперметра:

$$R_A = \frac{U_2}{I}.$$

Если обозначить I_1 – силу тока на вольтметре 1, а I_2 – силу тока на вольтметре 2, должно быть выполнено равенство

$$I + I_2 = I_1.$$

Так как вольтметры одинаковы имеем:

$$I + \frac{U_2}{R_U} = \frac{U_1}{R_U},$$

где R_U – сопротивление вольтметров. Из последнего выражения получим

$$R_U = \frac{U_1 - U_2}{I}.$$

Наконец получим:

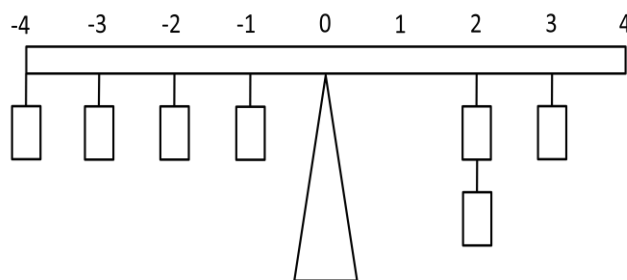
$$R_A = 1500 \text{ Ом}, R_U = 600 \text{ Ом}.$$

Ответ: 600 Ом

Критерий	Баллы
Определено напряжение на амперметре	4
Получено выражение в общем виде для сопротивления амперметра	4
Записано соотношение связывающее токи на приборах	6
Получено выражение в общем виде для сопротивления вольтметров	4
Получены численные выражения сопротивлений	2

Задача 4

На данном рычаге через равные расстояния прикреплены крючки. Крючки пронумерованы от -4 до 4 , где 0 приходится на середину рычага. Все грузы одинаковой массы. Определите номер крючка, к которому нужно подвесить такой же груз, чтобы рычаг находился в равновесии.



Оценка задания № 4 - 20 баллов

Решение

Обозначим m_n массу весящую на крючке под номером n . Во введенных обозначения момент силы тяжести действующий на крючке под номером n имеет вид

$$M_n = m_n l n,$$

где l – длина отрезка рычага между двумя крючками. Таким образом можно записать уравнение моментов:

$$-4lm - 3lm - 2lm - lm + 2l2m + 3lm + klm = 0,$$

где k номер крючка на который нужно повесить груз. Последнее уравнение можно записать следующим образом

$$\begin{aligned} -10lm + 7lm + klm &= 0, \\ -3lm + klm &= 0, \\ k &= 3. \end{aligned}$$

Ответ: № 3

Критерий	Баллы
Правильно записано уравнение моментов	12
Правильно вычислен номер крючка	8

Задача 5

Скатываясь равноускоренно с наклонной плоскости, брусок проезжает мимо четырёх меток, отстоящих на одинаковом расстоянии друг от друга. На прохождение между двумя первыми метками он затратил $t_1 = 3$ с, а между второй и третьей проехал за $t_2 = 1,32$ с. Определите время t_3 движения бруска между третьей и четвертой метками.

Оценка задания № 5 - 20 баллов

Решение

Имеют место тождества

$$S = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}, \quad (1)$$

$$S = (v_0 + at_1)t_2 + \frac{at_2^2}{2}, \quad (2)$$

$$S = (v_0 + at_1 + at_2)t_3 + \frac{at_3^2}{2}. \quad (3)$$

Из тождества (3) следует квадратное уравнение на t_3

$$\tau^2 = (t_0 + 2t_1 + 2t_2)t_3 + t_3^2,$$

где

$$\tau^2 = \sqrt{\frac{2S}{a}}, t_0 = \frac{2v_0}{a}.$$

Положительный корень этого уравнения имеет вид

$$t_3 = -\left(\frac{t_0}{2} + t_1 + t_2\right) + \sqrt{\left(\frac{t_0}{2} + t_1 + t_2\right)^2 + \tau^2}.$$

Вычислим значения t_0 и τ^2 . Из уравнений (1) и (2) после соответствующих переобозначений получим систему:

$$\begin{aligned} \tau^2 &= t_0 t_1 + t_1^2, \\ \tau^2 &= (t_0 + 2t_1)t_2 + t_2^2. \end{aligned}$$

Решение этой системы

$$t_0 = \frac{(t_1 + t_2)^2 - 2t_1^2}{(t_1 - t_2)} \approx 0,39 \text{ с},$$

$$\tau^2 = \frac{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}{(t_1 - t_2)} \approx 10,18 \text{ с}^2.$$

Следовательно

$$t_3 \approx 1,01 \text{ с}.$$

Ответ: $\approx 1,01 \text{ с}$

Критерий	Баллы
Записаны тождества (1), (2) и (3)	6
Получено квадратное уравнение на t_3 , решено и выбран верный корень уравнения	4
Получена система уравнений для определения t_0 и τ^2	4
Получены верные значения для t_0 и τ^2	4
Правильно вычислено значение t_3	2