Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников

по физике

2022-2023 учебный год

10 класс

Решения

Задача 1. Из одной точки горизонтально в противоположных направлениях одновременно вылетают две частицы с начальными скоростями v_1 и v_2. Через какое время угол между скоростями частиц станет равным 90°? Ускорение свободного падения равно g.

Возможное решение. Введем прямоугольную систему координат в плоскости движения частиц. Ее начало поместим в точку вылета, ось X направим горизонтально вдоль вектора скорости v_1, а ось Y – вниз. Тогда через время t проекция векторов скоростей частиц на оси координат будут равны: $v_{1x}=v_1$, $v_{1y}=gt$, $v_{2x}=v_2$, $v_{2y}=gt$. Если угол между векторами равен 90° в момент времени τ, то скалярное произведение этих векторов должно равняться нулю: $\overrightarrow{v_1}\cdot\overrightarrow{v_2}=v_{1x}v_{2x}+v_{1y}v_{2y}=-v_1v_2+g^2\tau^2=0$. Откуда следует, что $\tau=\sqrt{v_1v_2}/g$.

Критерии оценивания:
Введена система координат – 2 балла
Дано указание на равенство нулю скалярного произведения– 4 балл
Получено правильный ответ – 4 балл

Задача 2. С длинной ледяной горки, образующей угол α с горизонтом, без начальной скорости съезжают санки. Средняя треть длины горки посыпана песком и имеет коэффициент трения μ. При каких значениях μ санки доедут до конца горки? Чистый лёд считайте абсолютно гладким.

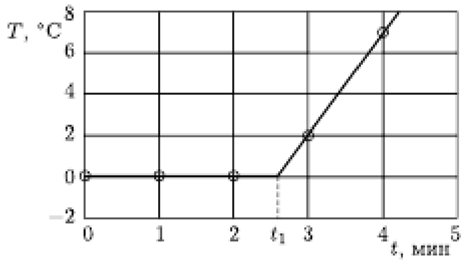
Возможное решение. Как было сказано в условии, весь путь санок состоит из трех участков, одинаковых по длине. Для того, чтобы санки доехали до конца горки, необходимо, чтобы они преодолели второй участок горки, коэффициент трения на котором равен μ. Обозначим высоту горки через H, массу санок – через m. Тогда длина горки $L=H/\sin\alpha$.

Санки, пройдя первый участок пути L/3, опустятся на высоту H/3 и под действием силы тяжести приобретут скорость $v_1 = \sqrt{2gH/3}$. На втором участке на санки начинает действовать еще и сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$, где α – угол наклона горки к горизонту. К концу второго участка скорость санок станет равной $v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2gH}{3} - \frac{F_{\text{тр}}L}{3m}} = \sqrt{\frac{4gH}{3} - \frac{2\mu gH\cos\alpha}{3\sin\alpha}}$. Для того, чтобы санки преодолели второй участок горки, необходимо, чтобы скорость v2 была больше нуля, то есть должно выполняться условие $\frac{4gH}{3} - \frac{2\mu gH\cos\alpha}{3\sin\alpha} > 0$, откуда следует, что $\mu < 2tg\alpha$.

Критерии оценивания:
Найдена скорость в конце первого участка движения – 2 балла
Получено выражение для скорости в конце второго участка движения– 4 балла
Подучено условие на неотрицательность выражения под корнем – 2 балла
Получено правильный ответ – 2 балла

Задача 3. (Псевдоэкспериментальная). В калориметре плавает в воде кусок льда. В калориметр опускают нагреватель постоянной мощности N = 50 Вт и начинают ежеминутно измерять температуру воды. В течение первой и второй минут температура воды не изменяется, к концу третьей минуты увеличивается на ΔT_1 = 2 °С, а к концу четвёртой ещё на ΔT_2 = 5 °С. Сколько граммов воды и сколько граммов льда было изначально в калориметре? Удельная теплота плавления льда λ = 340 Дж/г, удельная теплоёмкость воды С = 4,2 кДж/(г·°С).

Возможное решение. Построим график зависимости температуры воды в калориметре Т от времени t. Известно, что он должен состоять из горизонтального (плавление льда) и наклонного (нагревание образовавшейся воды) участков. Имеющиеся данные позволяют однозначно восстановить зависимость температуры от времени, которое будем отсчитывать от момента включения нагревателя (см. рис.).



Из графика можно найти, сколько времени продолжалось таяние льда. Зависимость температуры воды от времени после того, как весь лед растает, дается формулой $T = at + b$ (1). При t = 3 мин T =2 °C, а при t = 4 мин T =7 °C. Отсюда решая систему уравнений получим: a = 5, b = -13.

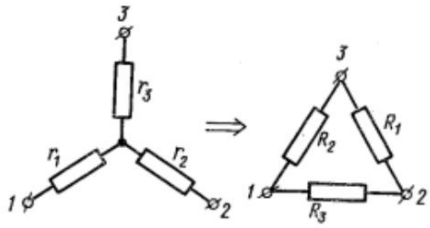
Время таяния льда t_1 можно определить по точке пересечения этой наклонной с прямой T = 0. Откуда, t1 = 2,6 мин = 156 с.

Из уравнения теплового баланса найдем начальную массу льда: $m = \frac{Nt_1}{\lambda}$≈22,6 г.

После того, как весь лед растает, вся получившаяся вода массой (M + m), где M – масса воды, изначально бывшей в калориметре, нагревается на ΔT = 5 °C за t_2 = 1 мин = 60 сек. Значит, $C(M + m)\Delta T = Nt_2$ (2), откуда $M = \frac{Nt_2}{C\Delta T} - m$≈120 г.

Критерии оценивания:
Построен график зависимости температуры в калориметре от времени– 1 балла
Найдена зависимость (1) и численные значения коэффициентов a и b – 2 балла
Найдено время t_1 – 2 балла
Найдена масса льда в смеси – 2 балла
Получено уравнение теплового баланса (2) – 2 балла
Получено правильный ответ – 1 балла

Задача 4. Какими должны быть сопротивления r_1, r_2 и r_3 для того, чтобы составляенную из них «звезду» можно было бы включить вместо «треугольника», составленного из сопротивлений R_1, R_2 и R_3?



Решение: в схеме «звезда» между точками 1 и 2 сопротивление равно r_1+r_2, а в схеме «треугольник» – $\frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$. Эти сопротивления должны быть равны. Приравнивая аналогично сопротивления между точками 2 и 3, 1 и 3 получим: $r_2 + r_3 = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$ и $r_1 + r_3 = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$. Решая полученную систему уравнений, найдем:

$$r_1 = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}, \; r_2 = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \text{ и } r_3 = \frac{R_2 R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Критерии оценивания:

Записано выражение сопротивления между точками по схеме «звезда» для каждой пары – 3 балла

Записано выражение сопротивления между точками по схеме «треугольник» для каждой пары – 6 баллов

Получен итоговый правильный ответ – 1 балл

Задача 5. Посередине между двумя плоскими зеркалами, параллельными друг другу, помещен точечный источник света. С какими одинаковыми скоростями должны двигаться оба зеркала, оставаясь параллельными друг другу, чтобы первые мнимые изображения источника в зеркалах сближались со скоростью 5 м/с?

Возможное решение. Расстояние между первыми мнимыми изображениями источника всегда равно удвоенному расстоянию между зеркалами, поэтому относительная скорость сближения зеркал в 2 раза меньше скорости сближения этих изображений. Зеркала должны двигаться навстречу друг другу со скоростями 1,25 м/с.

Критерии оценивания:

Указано соотношение между скоростями изображений и зеркал – 8 баллов

Получено итоговые выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов