Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике (2013/14 учебный год)

10 класс

Количество задач – 5. Время, отводимое на выполнение - 150 минут.

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Полное решение задачи оценивается в 10 баллов ***вне зависимости*** от того, совпадает выбранный школьником способ решения с авторским или нет. Приведенные ниже критерии оценивания используются, только если решение задачи не доведено до правильного ответа.

Задача 10.1

Домашняя кошка любит валяться на полу и играть в мячик, бросая его задними лапами вертикально вверх и ловя его после удара о потолок. Скорость мячика перед абсолютно упругим ударом о потолок обычно равна $V_0 = 5$ м/с. Однажды кошка стала так же играть, лежа на лужайке. Она привычными движениями бросала мячик вверх, а вот ловить его приходилось позже на время Δt. Определите это время. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

Решение:

После абсолютно упругого удара о потолок вектор скорости меняется на противоположный. Так же происходит и в отсутствие потолка: мячик, опускаясь, имеет на той же высоте ту же (по модулю) скорость. Т.е. «пропажа» потолка добавляет к движению стадию полета «выше потолка». До верхней точки траектории мячик долетит, когда $gt_{\text{до верха}} = V_0$, поэтому общее время «дополнительного» полета $\Delta t = 2V_0/g = 1$ с.

Критерии оценивания

Сформулирована идея рассматривать только стадию полета с начальной скоростью V_0 на участке «выше потолка» (или запись общих уравнений для всего движения в целом) - 5 баллов

Расчет искомого дополнительного времени полета и получение правильного ответа - 5 баллов

Задача 10.2

Сферическая капля воды падает в воздухе с установившейся скоростью V_0. С какой установившейся скоростью V будет падать капля воды, имеющая в n раз б***о***льшую массу? Считайте, что сферическая форма капли не меняется при увеличении ее скорости, а сила сопротивления воздуха пропорциональна площади поперечного сечения и квадрату скорости движения капли. Для справки: объем шара радиусом R равен $V = \dfrac{4}{3}\pi R^3$.

Решение:

По условию $F_{\text{сопр}} = kSV^2$, где k – некоторый коэффициент пропорциональности.

При установившемся падении $F_{\text{сопр}} = F_{\text{тяж}} = mg$.

Пусть вначале капли имели площадь сечения S_0 и массу m_0. Тогда $m_0g = kS_0V_0^2$. Аналогично, для случая с «добавкой»: $m_1g = kS_1V_1^2$.

По условию $m_1 = nm_0$. Значит, линейные размеры (радиус капель и т.п.) отличаются в $\sqrt[3]{n}$ раз. Площади сечений относятся как квадраты линейных размеров, т.е. у тяжелой капли площадь сечения в $n^{2/3}$ раз больше: $S_1 = n^{2/3}S_0$.

Подставим полученные соотношения в формулы равенства сил:

$m_0g = kS_0V_0^2$,

$(nm_0)g = k(n^{2/3}S_0)V_1^2$.

Поделив уравнения друг на друга, получим $V_1^2/V_0^2 = n^{1/3}$, отсюда $V_1 = V_0\sqrt[6]{n}$.

Критерии оценивания:
Записана формула для равенства силы сопротивления и силы тяжести при установившемся падении - 3 балла
Указана связь между n и отношением площадей сечений - 3 балла
Выражена скорость V - 4 балла

Задача 10.3

Две стороны проволочной рамки, имеющей форму равностороннего треугольника, сделаны из алюминиевой проволоки, а третья – из медной вдвое большего диаметра. Плотность меди считайте в три раза большей плотности алюминия. Определите, на каком расстоянии от середины медной проволоки находится центр тяжести системы, если сторона треугольника равна L.

Решение:

Центр тяжести алюминиевых частей находится на расстоянии $h = (L/2)\cdot\sin 60° = \dfrac{\sqrt{3}}{4}L$ от центра медной проволоки. Общая масса алюминиевых частей равна $m = 2L\dfrac{\pi d^2}{4}\rho$. Масса медной проволоки $m_{\text{м}} = L\dfrac{\pi(2d)^2}{4}\cdot 3\rho$. Для координаты x_c центра масс всей конструкции справедливо соотношение: $x_c(m + m_{\text{м}}) = m\dfrac{\sqrt{3}}{4}L$. Отсюда $x_c = \dfrac{1}{1+(m_{\text{м}}/m)}\dfrac{\sqrt{3}}{4}L = \dfrac{\sqrt{3}}{28}L$.

Критерии оценивания:
Сделан чертеж с указанием центра тяжести алюминиевой части – 1 балл
Найдено расстояние от медной проволоки до центра тяжести алюминиевой части - 3 балла
Выражена масса алюминия - 1 балл
Выражена масса меди - 1 балл
Записано уравнение для положения центра масс - 2 балла
Получен ответ - 2 балла

Задача 10.4

В калориметре находится вода массой $m_{\text{в}}$ = 0,16 кг и температурой $t_{\text{в}}$ = 30 °С. Для того, чтобы охладить воду, из холодильника в стакан переложили лед массой $m_{\text{л}}$ = 80 г. В холодильнике поддерживается температура $t_{\text{л}}$ = –12 °С. Определите конечную температуру в калориметре. Удельная теплоёмкость воды $C_{\text{в}}$ = 4200 Дж/(кг·°С), удельная теплоёмкость льда $C_{\text{л}}$ = 2100 Дж/(кг·°С), удельная теплота плавления льда λ = 334 кДж/кг.

Решение:

Так как неясно, каким будет конечное содержимое калориметра (растает ли весь лёд?) будем решать задачу «в числах».

Количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды: Q_1 = 4200*0,16*30 Дж = 20160 Дж.

Количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда: Q_2 = 2100*0,08*12 Дж = 2016 Дж.

Количество теплоты, поглощаемое при таянии льда: Q_3 = 334000*0,08 Дж = 26720 Дж.

Видно, что количества теплоты Q_1 недостаточно для того, чтобы расплавить весь лёд ($Q_1 < Q_2 + Q_3$). Это означает, что в конце процесса в сосуде будут находится и лёд, и вода, а температура смеси будет равна t = 0 °С.

Критерии оценивания:
Найдено количество теплоты, выделяемое при охлаждении воды – 2 балла.
Найдено количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда – 2 балла.
Найдено количество теплоты, поглощаемое при таянии льда – 2 балла.
Указано, что расплавится не весь лед – 2 балла.
Указана конечная температура смеси – 2 балла.

Задача 10.5

Кипятильник был подключен к батарее идеальных аккумуляторов с выходным напряжением $U_0 = 200$ В. Он смог прогреть стакан воды до температуры $t_1 = 85$ °С при температуре в комнате $t_{комн} = 25$ °С. Потом второй такой же кипятильник подключили последовательно с этим и опустили во второй такой же стакан с водой. Какая температура t_2 установится в нем? Количество теплоты, теряемое стаканом в единицу времени, пропорционально разности температур воды и воздуха. Сопротивление кипятильника не зависит от его температуры.

Решение:

Во втором случае мощность, выделяющаяся в кипятильнике, падает, т.к. в 2 раза уменьшается напряжение на нем (то же напряжение U_0 распределяется на 2 последовательно соединенных кипятильника).

Когда кипятильник уже не сможет нагревать воду дальше, т.е. установится равновесие, будет выполнено условие равенства мощностей кипятильника и теплоотдачи в окружающую среду: $P_{выдел.\ на\ кипят.} = P_{отдав.\ в\ окр.\ среду}$. Для первого и второго кипятильников это условие имеет вид: $U_0^2/R = k(t_1 - t_{комн})$ и $(U_0/2)^2/R = k(t_2 - t_{комн})$, где R – сопротивление кипятильника, k – некоторый коэффициент пропорциональности. Поделив одно уравнение на другое, получим: $t_2 - t_{комн} = (t_1 - t_{комн})/4$. После преобразований найдем: $t_2 = 0{,}75t_{комн} + 0{,}25t_1 = 40$ °С.

Критерии оценивания:
Сформулировано (или записано в виде формулы) утверждение: мощность теплопотерь при установившейся температуре = мощности кипятильника - 3 балла
Указанное выше утверждение записано в виде формул для первого и второго кипятильников - 2 балла
Получено выражение для t_2 - 5 баллов