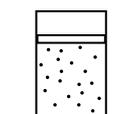


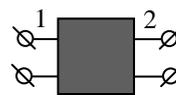
5.1.6. Отборочный тур олимпиады «Росатом» по физике в г. Снежинск, Калининград, Лесной, Липецк, 11 класс

1. В некоторой планетной системе вокруг центральной звезды в одной плоскости и в одну сторону вращаются две планеты – Атлант и Кариатида. Период обращения Атланта меньше периода обращения Кариатиды. Между двумя ближайшими моментами времени, когда Атлант и Кариатида находятся на одном и том же радиусе, проведенном к ним из центральной звезды, проходит интервал времени, равный 1,2 кариатидным годам. Сколько атлантских лет проходит между этими моментами?

2. В запаянном вертикальном цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится одноатомный идеальный газ при температуре T . Над поршнем вакуум. Из-за неплотных контактов поршня со стенками газ медленно просачивается в верхнюю часть сосуда. Пренебрегая теплоемкостью поршня и сосуда, а также теплопотерями, найти температуру газа, когда поршень опустится на дно сосуда.

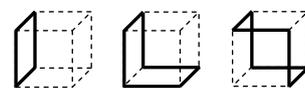


3. «Черный ящик» (коробка с неизвестной схемой) имеет две пары выводов. Если к выводам 1 приложить напряжение U , то идеальный вольтметр, подсоединенный к выводам 2, покажет напряжение $U/2$. Если же напряжение U приложить к выводам 2, вольтметр, подсоединенный к выводам 1, покажет U . Предложить схему «ящика».



4. Тело вращается на нити в вертикальной плоскости. При этом разность сил натяжения нити в нижней и верхней точках траектории равна $\Delta T = 60$ Н. Определить массу тела. $g = 10$ м/с².

5. Виток тонкого провода, изогнутого вдоль четырех ребер куба (левый рисунок), обладает индуктивностью L_1 . Виток провода, изогнутого вдоль шести ребер того же куба так, как показано на среднем рисунке, обладает индуктивностью L_2 . Найти индуктивность витка провода, изогнутого вдоль шести ребер того же куба так, как показано на правом рисунке.



Ответы и решения

1. Очевидно, Атлант совершит один лишний оборот. Действительно, Кариатида совершит один оборот и еще 0,2 оборота, а Атлант, который вращается быстрее, дол-

жен сначала опередить Кариатиду, а затем догнать ее с другой стороны. Он может это сделать, совершив 0,2 дробных и 2 целых оборота. Поэтому он затратит на это 2,2 своих лет.

2. Поскольку работа силы тяжести над поршнем равна mgh , где m - масса поршня, h - высота расположения поршня над дном сосуда, получим из первого закона термодинамики

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = mgh \quad (1)$$

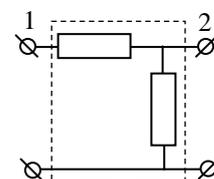
где ν - количество вещества газа, ΔT - изменение его температуры. Чтобы найти h используем условие равновесия поршня в начальном состоянии

$$\frac{mg}{S} = \frac{\nu RT}{V} = \frac{\nu RT}{Sh} \Rightarrow mgh = \nu RT \quad (2)$$

где V - объем газа в начальном состоянии. Подставляя формулу (2) в формулу (1), найдем конечную температуру газа T_1 :

$$T_1 = \frac{5}{3} T$$

3. Внутри черного ящика последовательно соединены два одинаковых сопротивления. Выводы 1 подсоединены к обоим, выводы 2 - только к одному из них.

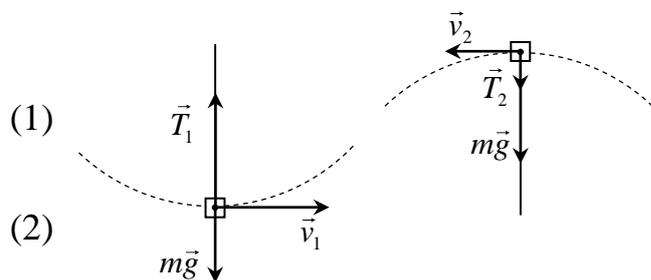


4. Второй закон Ньютона для тела в верхней и нижней точках траектории в проекциях на оси, направленные от тела к центру,

имеют вид

$$\frac{mv_1^2}{l} = T_1 - mg \quad (1)$$

$$\frac{mv_2^2}{l} = T_2 + mg \quad (2)$$



где l - длина нити, v_1 и v_2 - скорости тела в

нижней и верхней точках траектории, T_1 и T_2 - соответствующие силы натяжения нити. Из закона сохранения энергии для тела находим

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = 2mgl \quad (3)$$

Из формул (1)-(3) получаем

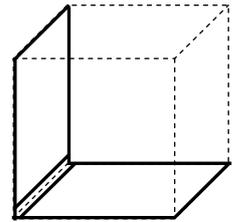
$$\Delta T = T_1 - T_2 = 6mg$$

или $m = \Delta T / 6g = 1$ кг. Отметим, что хотя силы натяжения T_1 и T_2 зависят от скорости тела, их разность определяется только массой тела и от скорости не зависит.

5. Из определения индуктивности получаем, что если через первый контур (левый рисунок в условии) протекает ток I , поток магнитного поля через контур равен

$$\Phi_1 = L_1 I \quad (1)$$

Если во второй контур (средний рисунок) мысленно ввести два новых провода с текущими навстречу токами так как показано на рисунке, то с одной стороны, распределение магнитного поля в пространстве не изменится (так как новых токов не возникло), а с дру-



гой данный на рисунке 2 контур можно представить как два контура, данных на рисунке 1. Поэтому поток магнитного поля через второй контур $\Phi_2 = L_2 I$ будет складываться из двух потоков поля квадратных контуров через сами эти контуры Φ_1 и двух потоков поля контура через соседний квадратный контур Φ_{12} :

$$\Phi_2 = L_2 I = 2\Phi_1 + 2\Phi_{12} = 2L_1 I + 2\Phi_{12}$$

Отсюда получаем

$$\Phi_{12} = \left(\frac{L_2}{2} - L_1 \right) I \quad (2)$$

Контур, данный на правом рисунке в условии можно представить, как три квадратных контура так, как показано на рисунке с помощью введения шести дополнительных проводов, при этом распределение поля в пространстве не изменяется. Поэтому поток Φ_3 магнитного поля через этот контур есть

$$\Phi_3 = 3\Phi_1 + 6\Phi_{12} = 3L_1 I + 6\Phi_{12}$$

Используя здесь формулу (2) и учитывая, что по определению $\Phi_3 = L_3 I$, где L_3 - искомая индуктивность третьего контура, получим

$$L_3 = 3(L_2 - L_1)$$