

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Свердловская область
2016-2017 учебный год
11 класс

Решение задач, рекомендации по проверке

Задача 1. Два бруска, массами 200 и 400 г., соединены пружиной, жесткостью 0,5Н/м. Пружина изначально была сжата и закреплена в таком положении с помощью невесомой и нерастяжимой нити. Нить пережгли. Определите период колебаний брусков.

Возможное решение

Очевидно, что после пережигания нити, система начнет совершать колебательные движения. Однако, в силу закона сохранения импульса, центр масс системы останется неподвижным, что позволяет сделать цм началом отсчета

Найдем положение центра масс системы

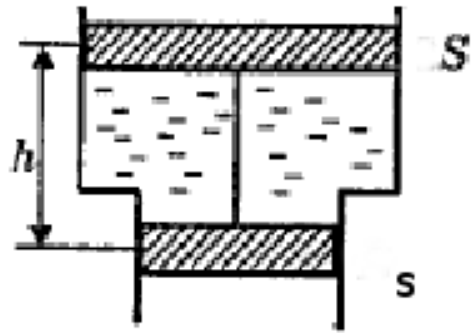
$$\begin{cases} x_1 + x_2 = L \\ m_1 x_1 = m_2 x_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = L \frac{m_2}{m_1 + m_2} = L \frac{m_2}{m_1 + m_2} \\ x_2 = L \frac{m_1}{m_1 + m_2} = L \frac{m_1}{m_1 + m_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 = 2/3L \\ x_2 = 1/3L \end{cases} ;$$

Так как коэффициент жесткости пружины обратнопропорционален ее удлинению, то $k_1 = 1.5k$, $k_2 = 3k$ (Н/м)

Находим T

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k_1}} = 2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k_2}} \approx 3,25c$$

Задача 2. В стоящем вертикально сосуде, открытом с двух сторон, закреплено два поршня. Сечение верхнего поршня на 10 см^2 больше сечения нижнего поршня. Общая их масса составляет 5 кг. Поршни соединены между собой тонкой невесомой и нерастяжимой проволокой, длиной h . (см. рис справа). Поршни могут совершенно свободно, без трения, перемещаться по сосуду вверх вниз. Пространство между поршнями заполнили одним моле идеального одноатомного газа. На столько градусов нужно нагреть газ, чтобы поршни переместились на 5 см. Атмосферное давление воздуха принять равным 100 КПа.



Решение

Рисуем силы, действующие на верхний и нижний поршни →

Верхний поршень (все с индексом 1): его масса m_1 . На него действуют сила атмосферного давления $p_0 S_1$, и сила натяжения проволоки T и

$$m_1 g + T + p_0 S_1 = p S_1 \Rightarrow T = S_1(p - p_0) - m_1 g \quad (1)$$

Нижний поршень (все с индексом 2): его масса m_2 . На него действуют сила атмосферного давления $p_0 S_2$ (сосуд открыт с двух сторон), и сила натяжения проволоки T .

$$m_2 g + p S_2 = p_0 S_2 + T \Rightarrow T = S_2(p - p_0) + m_2 g \quad (2)$$

Вычитаем (2) из (1):

$$0 = (p - p_0)(S_1 - S_2) - g(m_1 + m_2) \Rightarrow (p - p_0)\Delta S = g(m_1 + m_2) = gM$$

Так как система находится в равновесии $p = \frac{Mg}{\Delta S} + p_0$ а $p = \text{const!}$

С другой стороны

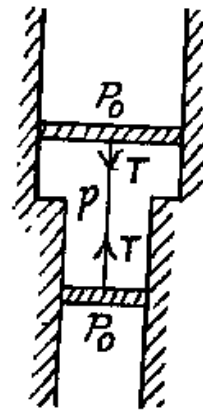
$$p \Delta V = \nu R \Delta T \Rightarrow \left(\frac{Mg}{\Delta S} + p_0 \right) \Delta V = \nu R \Delta T$$

Расписываем $\Delta V = \Delta S \cdot l$

$$\left(\frac{Mg}{\Delta S} + p_0 \right) \Delta S \cdot l = \nu R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{p_0 \Delta S + Mg}{R} \blacksquare$$

так как $\nu = 1$

Считаем, получаем $\Delta T = 0.9 \approx 1 \text{ K}$



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Получен правильный ответ через решение полученной системы уравнений,.	+2
Решение сведено к ■, но самого решения нет.	+2
Записано условие равновесия второго поршня	+2
Записано условие равновесия первого поршня	+2
Правильно определены только силы, действующие в системе	+2
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям	0

Задача 3. Между предметом и экраном помещается собирающая линза, перемещая которую получают на экране два четких изображения предмета, одно из которых в n раз больше другого. Найти расстояние между двумя положениями линзы, соответствующими четким изображениям предмета на экране, если расстояние между предметом и экраном равно L .

Решение

Рассмотрим ситуацию, когда мы получили на экране четкое изображение предмета. и зафиксируем расстояние от линзы до предмета через d_1 , а от линзы до экрана через f_1 , имеем

$$\begin{cases} d_1 + f_1 = L \\ \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \end{cases}$$

$$d_1 + f_1 = L$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$$

где F – фокусное расстояние линзы. Система содержит два уравнения с двумя неизвестными и имеет единственное решение.

Написав такую же систему уравнений для второго положения линзы с расстояниями d_2 и f_2 получим схожие решения системы, ибо L и F – те же самые. Это равносильно тому, что

$$d_1 = f_2, \quad f_1 = d_2$$

Обозначим размеры предмета через h_1 и h_2 соответственно. Пусть H высота (вообще говоря, произвольная) Тогда

$$\frac{H}{d_1} = \frac{d_1}{f_2} \quad \frac{H}{d_2} = \frac{d_2}{f_1}$$

делим первое на второе, получаем

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{d_1 f_2}{d_2 f_1} = n$$

где n - искомое отношение.

После простейших преобразований получаем

$$n = \frac{f_2^2}{d_2^2} \quad \mapsto \quad f_2 = d_2 \sqrt{n}$$

Искомое перемещение линзы l

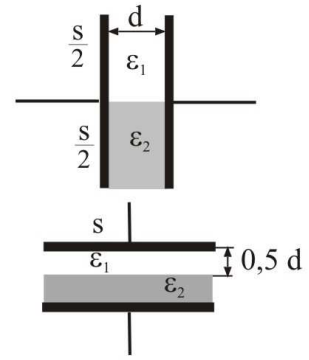
$$l = d_1 - d_2 = f_2 - d_2 = d_2(\sqrt{n} - 1)$$

Так, как $f_2 + d_2 = L$;

$$d_2 = \frac{L}{\sqrt{n} + 1} \quad \mapsto \quad l = L \frac{\sqrt{n} - 1}{\sqrt{n} + 1}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Получен правильный ответ	+2
Записано условие (равенство) для определения п равновесия использованием однородности линейки :	+2
Найдено условие $d_1 = f_2, \quad f_1 = d_2$	+2
Правильно записано оба условия получения четкого изображения	+2
Правильно записано только одно из условий получения четкого изображения	+2
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям	0

Задача 4. Плоский воздушный конденсатор погружают в жидкий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ε_2 двумя способами, показанными на рисунке. Во сколько раз, при различных способах погружения конденсатора изменяется его ёмкость, если диэлектрическая проницаемость воздуха - ε_1 .



Возможное решение

1-й случай: В жидкий диэлектрик погружена половина площади обеих пластин, то такой сложный конденсатор можно рассматривать как две электрические ёмкости, соединённые параллельно.

$$C_1 = C_{1,1} + C_{1,2} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{2d} + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{2d} = \frac{\varepsilon_0 S}{2d} (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$$

, (1)

где ε_1 - диэлектрическая проницаемость воздуха, ε_2 - диэлектрическая проницаемость жидкого диэлектрика.

2. Изменение ёмкости для рассмотренного выше случая составит

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1}$$

,

где $C_0 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d}$ - электрическая ёмкость воздушного конденсатора.

3. При погружении в диэлектрик одной пластины образуется сложная ёмкость, которую можно представить в виде двух последовательно соединённых конденсаторов $C_{2,1}$ и $C_{2,2}$

$$C_2 = \frac{C_{2,1} \cdot C_{2,2}}{C_{2,1} + C_{2,2}} = \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_1 S \cdot 2\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{d \cdot d \left(\frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d} + \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{d} \right)}$$

,

$$C_2 = \frac{2S\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2}{d(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}$$

.

4. Отношение ёмкостей в этом случае определится уравнением

$$\frac{C_2}{C_0} = \frac{2\varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$$

.

5. Определим далее отношение ёмкостей C_2 и C_1

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\frac{\varepsilon_0 S}{2d} (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{\frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_1 \varepsilon_2 S}{d(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}} = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2}{4\varepsilon_1 \varepsilon_2}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ после необходимых вычислений	+2
Найдено выражение для каждого из вариантов включения конденсаторов	+3
Найдено выражение для одного из вариантов включения конденсаторов	+3
Высказаны разумные гипотезы о эквивалентном включении конденсаторов для каждого случая включения конденсаторов	+1
Высказаны разумные гипотезы о эквивалентном включении конденсаторов для одного случая включения конденсаторов	+1
Остальные случаи	0

Задача 5. Возьмите два граненых карандаша и держите их перед собой параллельно, положив на них линейку. Начните сближать карандаши. Сближение будет происходить поочередными движениями: то один карандаш движется, тот другой. Даже если вы захотите вмешаться в их движение, у вас ничего не получится. Они все равно будут двигаться по очереди. Объясните, почему так происходит? Усложните эксперимент, положив на центр линейки предмет известной массы. Изменился ли характер движения линейки? Можно ли из проведенного эксперимента определить коэффициент трения линейки по карандашу?

Оборудование - деревянная линейка, два простых карандаша с шестигранным сечением, грузик известной массы (коробок спичек) .

Возможное решение

Между тем карандашом, который начинает двигаться первым, и линейкой действует трение скольжения. Другой карандаш сначала не движется, так как коэффициент трения покоя больше коэффициента трения скольжения. Однако сила трения для каждого из карандашей определяется не только коэффициентом трения, но и давлением линейки. По мере того как движущийся палец приближается к середине линейки, давление на него возрастает. Наконец, несмотря на разницу в коэффициентах трения, трение, действующее между линейкой и этим карандашом, становится больше, чем трение между линейкой и неподвижным карандашом. Тогда первый карандаш перестает двигаться относительно линейки, и начинает двигаться другой. Такой процесс может повториться несколько раз, пока пальцы не встретятся посередине линейки. Движение карандашей будет выглядеть точно так же и при одинаковых коэффициентах трения скольжения и трения покоя.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
результаты измерений использованы для полного решения поставленной задачи	+3
выполнены все измерения, их результаты обработаны с помощью уравнений для определения моментов	+2
частично выполнены измерения, записаны уравнения для определения моментов	+2
дана только физически верная идея эксперимента	+3
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям	0