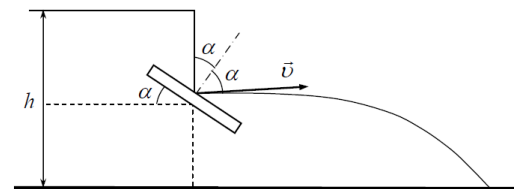


Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Свердловская область
2014-2015 учебный год
11 класс

Решение задач, рекомендации по проверке

Задача 1. Тело падает без начальной скорости с высоты h . Где следует поместить «зеркало» и как его расположить, чтобы, упруго отразившись, тело проделало наибольший путь по горизонтали (см .рис.)



Возможное решение:

Решение удобнее всего выполнить методом обратной задачи

1) Решаем вспомогательную задачу: под каким углом нужно бросить тело с начальной скоростью $v_0 = \sqrt{2gh}$, чтобы дальность его полета по горизонтали была максимальной? Ответ очевиден: нужно бросить под углом $\pi/4$ к горизонту. Тогда тело улетит на расстояние $S = v_0^2/2g = 2h$.

2) В точке падения тела **на землю** устанавливаем «зеркало» так, чтобы скорость тела после отражения оказалась направленной вертикально вверх. Тело поднимется на высоту h . Полученная траектория и является тождественной для условия исходной задачи.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ дано полное соответствующее объяснение решения задачи	10
Приведены разумные рассуждения но полного решения задачи или выводов нет.	7
Правильно установлено зеркало п.2)	5
Приведены соображения п1) или делается попытка решения задачи другим способом	3
Остальные случаи	0

Задача 2. Пуля массы m летит горизонтально со скоростью v_0 и пробивает насквозь доску толщиной d , движущуюся навстречу пуле с постоянной скоростью u . С какой скоростью v вылетит пуля из доски, если сила F сопротивления пули в доске постоянна? Скорость доски заметно не изменяется.

Возможное решение

1) Перейдем в систему отсчета, в которой доска неподвижна. В этой системе отсчета скорость пули до встречи с доской равна $v_0 + u$. Путь, проходимый пулей в доске, равен ее толщине d , так как она неподвижна. Обозначив скорость пули на выходе через ν .

2) С помощью закона изменения механической энергии имеем

$$\frac{m\nu^2}{2} - \frac{m(v_0 + u)^2}{2} = -F \cdot d$$

3) отсюда сразу находим

$$\nu = +\sqrt{(v_0 + u)^2 - 2Fd/m}$$

и

$$v = -u + \sqrt{(v_0 + u)^2 - 2Fd/m}$$

при переходе в лабораторную систему отсчета.

4) элементарно доказывается положительность подкоренного выражения.

Действительно, $F/m = a$ дает ускорение пули a . По условию задачи, пуля выходит из доски, поэтому очевидно $(v_0 + u)^2 > 2ad$.

II способ

1) Изменение кинетической энергии пули при пробивании ею доски равно работе силы сопротивления F :

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = -F \cdot s \blacktriangle$$

где s – модуль перемещения пули в лабораторной инерциальной системе отсчета за то время, пока пуля находится внутри доски. Очевидно, что s меньше толщины доски d , поскольку доска движется навстречу пуле.

2) Под действием постоянной силы F пуля движется с постоянным ускорением. Поэтому средняя скорость пули в доске равна $(v_0 + v)/2$. В результате имеем

$$\frac{2s}{v_0 + v} = \frac{d - s}{u}$$

поскольку пока пуля находится внутри доски, та проходит путь $d - s$ в лабораторной системе отсчета.

Из последнего равенства определяем

$$s = d \frac{v_0 + v}{v_0 + v + 2u}$$

3) После несложных алгебраических преобразований при использовании $\blacktriangle$ приходим к квадратному уравнению относительно v

$$v^2 + 2uv - 2v_0u - v_0^2 + \frac{2Fd}{m} = 0$$

и

$$v = -u \pm \sqrt{(v_0 + u)^2 - 2Fd/m}$$

4) Исследование решения

.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ дано полное соответствующее исследование решения задачи	10
Приведены рассуждения п.3), но полного анализа решения задачи или выводов нет.	7
Правильно установлены соотношения п.2)	5
Приведены соображения п1) или делается попытка решения задачи другим способом	3
Остальные случаи	0

Задача 3. В вертикальном закрытом цилиндре имеется поршень, который может перемещаться без трения по вертикали. Над и под поршнем находится одинаковое число молей идеального газа. При температуре T , одинаковой для всего цилиндра, объем над поршнем в n раз больше объема под поршнем. Каким будет отношение этих объемов, если повысить температуру до значения T' ?

Возможное решение

1) возникает вопрос – нужно ли учитывать массу поршня или она равна 0 . Об этом нечего не сказано в условии. Однако, легко видеть, что в случае невесомого поршня последний должен был бы располагаться посреди цилиндра, чтобы давление на него сверху и снизу было одинаковым. Поэтому, если $n = 1$, то масса поршня действительно равна нулю и отношение объемов не изменяется при изменении температуры.

2) При $n > 1$ масса поршня не равна нулю и из приведенного выше рассуждения следует, что в равновесии действующая на поршень сила тяжести уравнивается силами давления газа снизу и сверху. Это означает, что разность давлений газа в нижней p_2 и верхней p_1 частях цилиндра постоянна, так что

$$p_2 - p_1 = p'_2 - p'_1,$$

где штрих относится к температуре T' .

3) При любом положении поршня полный объем цилиндра, занимаемый газами, одинаков, (если можно пренебречь экзотическими эффектами). Поэтому

$$V_1 + V_2 = V'_1 + V'_2$$

4) Используя закон Бойля и Клайперона - Менделеева соответственно имеем

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad p'_1 V'_1 = p'_2 V'_2 \quad \frac{p_1 V_1}{T} = \frac{p'_1 V'_1}{T'}$$

Пусть, далее, $\alpha = V'_1/V'_2$, а $n = V_1/V_2$, тогда

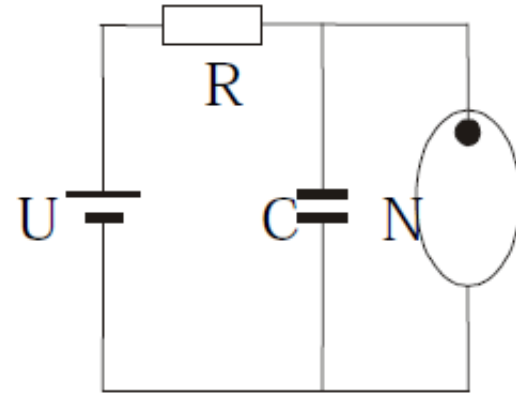
$$\frac{\alpha^2 - 1}{\alpha} = \frac{T}{T'} \frac{n^2 - 1}{n}$$

5) Решение последнего уравнения дает

$$\alpha = q + \sqrt{q^2 + 1} \quad q = \frac{T}{T'} \frac{n^2 - 1}{2n}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Получен ответ. Дано полное соответствующее объяснение и анализ полученного решения задачи.	10
Представленное решение доведено до п 5). но уравнение не решено	8
Представленное решение ограничено только исследованием, отраженным в п 2),3) 4)	7
Представленное решение ограничено только исследованием, отраженным в п 2), 3)	5
Представленное решение ограничено только исследованием, отраженным в п 2), но оно не доведено до конца	4
Представленное решение ограничено только начальным исследованием массы поршня отраженным в п 1)	3
Решение ограничено только некоторыми догадками, которые могут быть использованы при решении задачи	1
Остальные случаи	0

Задача 4. Экспериментатор Глюк исследовал цепь, состоящую из источника постоянного тока напряжением U , сопротивления R , конденсатора C и неоновой лампы N (см. рис). Экспериментатор Глюк знал, что неоновая лампа обладает следующими свойствами: она загорается, когда напряжение на ней больше, чем некоторое значение U_1 ($U_1 < U$), и гаснет, когда напряжение на ней меньше некоторого значения U_2 ($U < U_2$). Сопротивление горячей лампы равно R_0 ($R_0 \ll R$), сопротивление потухшей лампы бесконечно велико. Помогите Глюку рассчитать среднеквадратичное значение тока, протекающего через лампу за время её горения, если между двумя последовательными моментами ее зажигания и погасания проходит время τ .



Возможное решение.

1) Сразу после подключения источника питания в цепи течет ток зарядки конденсатора, лампа не горит и ее сопротивление равно бесконечности. При достижении напряжением на конденсаторе значения U_1 лампа загорается, ее сопротивление резко падает и через нее начинает разряжаться конденсатор.

2) Так как $R \ll R_0$, то процесс разрядки происходит намного быстрее процесса заряда конденсатора от источника питания, и зарядом, пришедшим от источника за это время, можно пренебречь. Когда напряжение на конденсаторе падает до значения U_2 , лампа гаснет и опять начинается процесс зарядки конденсатора. Таким образом, в схеме происходит периодический процесс, поэтому достаточно определить величину средне-квадратичного значения тока за время горения лампы на одном периоде процесса.

3) Определим эту величину из энергетических соображений. Перед началом разрядки конденсатора в нем была запасена энергия

$$W_1 = CU_1^2/2$$

после окончания процесса разрядки энергия конденсатора стала равна

$$W_2 = CU_2^2/2$$

При этом разность этих энергий выделяется в виде тепла при протекании тока через лампу, поэтому

$$\langle P \rangle \tau = \Delta W = W_1 - W_2$$

где $\langle P \rangle$ – средняя (по времени) мощность, выделяющаяся на лампе. По аналогии с выражением для мгновенной мощности можно записать выражение для средней мощности

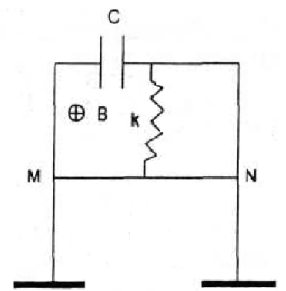
$$\langle P \rangle = \langle J^2 \rangle R$$

где $\langle J^2 \rangle$ – среднее значение квадрата тока через лампу. Тогда

$$\langle J \rangle = \sqrt{\frac{C}{2R\tau}(U_1^2 - U_2^2)}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ, дано полное, логически обоснованное объяснение решения задачи	10
Представлено решение, содержащее соображения п 1) , 2), дополненное энергетическими соображениями п 3)	7
Представлено решение, содержащее только соображения п 1) , 2), но решение отсутствует	5
Представлено решение, содержащее только соображения п 1)	3
Приступил к решению задачи, представив разумные соображения, направленные на решение задачи	1
Остальные случаи	0

Задача 5. Экспериментатор Глюк решил изобрести свой колебательный контур, не содержащий катушки индуктивности, но работающий в магнитном поле. Для этого он использовал проводящую перемычку MN, которая может скользить без трения и без потери контакта по проводящему контуру, замкнутому на конденсатор емкости C. В своей установке экспериментатор Глюк использовал перемычку длиной L и массой m. В центре, к вершине контура и к перемычке через изоляторы Глюк решил прикрепить пружинку жесткостью k, которая бы удерживала в равновесии перемычку, не давая ей упасть. При включении внешнего однородного магнитного поля B (см. рис), Глюк обнаружил, что перемычка пришла в движение, и совершает гармонические колебания. “Чему же равно максимальное ускорение перемычки?”- задумался Глюк.



Возможное решение

- 1) Запишем II Закон Ньютона для движения перемычки

$$ma = mg - kx \mp IBL$$

Здесь I- индукционный ток, возникающий в контуре. Знак “-” соответствует заряду конденсатора. Знак “+” - разряду.

- 2) с помощью закона Фарадея находим

$$\varepsilon = -\left|\frac{d\Phi}{dt}\right| \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{dBS}{dt} = \frac{BLdx}{dt} = BLv$$

где v - скорость движения перемычки.

- 3) С другой стороны,

$$\varepsilon = \frac{q}{C}$$

где q - заряд на конденсаторе.

Следовательно, так как

$$I = \frac{dq}{dt} = CBL \frac{dv}{dt} = CBLa$$

- 4) Перепишем II Закон Ньютона для движения перемычки

$$a(m \pm CB^2L^2) = mg - kx \Rightarrow a = \frac{mg - kx}{(m \pm CB^2L^2)}$$

5) Очевидно, что ускорение максимально, когда смещение x от точки равновесия минимально (т.е. равно нулю)

$$a = \frac{mg}{(m \pm CB^2L^2)}$$

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ, дано полное соответствующее объяснение решения задачи. (даже если в ответе указан только один из знаков “+” или “-”)	10
Представлено решение, содержащее пункты 1) , 2) , 3) 4) и 5 но в решении содержится один из следующих недостатков. Допущена арифметическая ошибка или объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержатся один-два логических недочёта	8
Представлено решение, содержащее пункты 1) , 2) , 3) и 4	7
Представлено решение, содержащее пункты 1) , 2) и 3)	5
Представлено решение, содержащее только пункты 1)и 2)	3
Представлено решение, содержащее только пункт 1)	1
Остальные случаи	0