

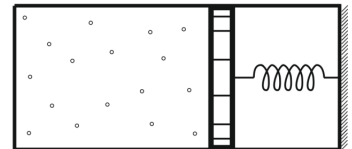
## Олимпиада «Высшая проба» по физике

11 класс, 2018 год

1. Пружина закреплена горизонтально и лежит на гладком основании. Пружина массивная, масса равномерно распределена вдоль её длины. К ней прикреплен груз массы  $M$ . В таком варианте наблюдаются колебания с некоторой частотой. После того, как груз убрали, частота колебаний увеличилась вдвое. Какова масса пружины  $m$ ? Указание: считать, что относительное растяжение пружины при колебаниях мало; длина волны сжатия в пружине при рассматриваемых частотах велика по сравнению с длиной пружины, т. е. пружина во все моменты времени растянута равномерно.

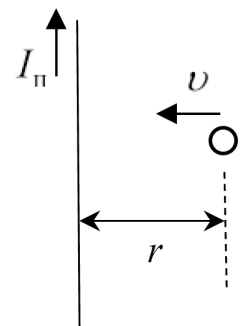
$$N = u$$

2. Внутри горизонтального цилиндра находится смесь азота и гелия, запечатая поршнем с давящей на него пружиной (см. рис.). В отсеке, где находится пружина, создан вакуум. Пружина не деформирована, когда поршень прижат к противоположному торцу цилиндра. Если в течение минуты пропускать ток  $I = 4$  А через сопротивление  $r = 1$  Ом расположенное внутри цилиндра, то температура смеси поднимается на  $\Delta T = 10^\circ\text{C}$  после установления равновесия; за такое короткое время газ под поршнем не успевает обменяться теплом с окружающей средой. Из-за того, что материал стенок оказался проницаем для атомов гелия, через очень большой интервал времени он полностью улетучился из цилиндра, при этом объем газа сократился на 25%, имея температуру, вернувшуюся к исходному равновесному с окружающей средой значению. Найти количество азота в смеси. Пренебрегайте теплоемкостями стенок, поршня и сопротивления. Поршень перемещается без трения.



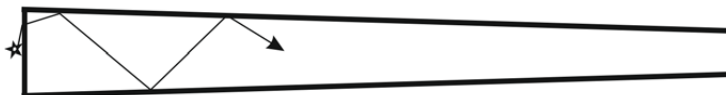
$$\text{взлом } \xi \approx \frac{I \Delta T}{4 r T} \frac{1}{6} = \xi_1$$

3. Проводящее кольцо радиуса  $a$  и массы  $m$  находится на расстоянии  $r \gg a$  от бесконечного провода по которому течет ток  $I_{\text{п}}$ , причем провод лежит в плоскости кольца (см. рисунок). В результате толчка кольцо получило скорость  $v_0$ , вектор которой также лежит в плоскости кольца и направлен перпендикулярно к проводу. Найти сопротивление кольца  $R$ , если известно, что к моменту своей окончательной остановки оно переместилось на  $\Delta r \ll r$ . Сила тяжести отсутствует, индуктивностью кольца пренебречь.



$$\xi \left( \frac{v}{c} \frac{r}{a} \frac{z}{T} \right) \frac{0.01 m}{|\Delta r|} = \xi$$

4. Феномен полного внутреннего отражения используют для создания световодов, по которым можно передавать оптический сигнал без потерь. Рассмотрим световод цилиндрической формы, к центру торца которого вплотную приставлен точечный источник света. Пусть теперь в бракованной партии таких световодов они плавно сужаются от входного торца к выходному, причем поперечное сечение световода все время остаётся круглым. Оказалось, что те световоды, у которых отношение диаметров торцов не превышает  $C_{\max} = 1,25$ , сигнал от источника света приходит к выходному концу имея ту же интенсивность, что и в не бракованных. Найдите отсюда коэффициент преломления материала световода.



$$n = \sqrt{1 + \frac{C_{\max}^2}{4}} = 1,6$$

5. Оцените амплитуду индукции магнитного поля, создающуюся индукционной варочной конфоркой вблизи дна разогреваемой кастрюли, сделанной из проводящего металла. Мощность, передаваемая кастрюле, равна 1 кВт. Индукционная варочная панель внутри представляет из себя горизонтально расположенную спираль с током размера конфорки. Магнитное поле меняется с частотой 100 кГц. На такой частоте оно практически не проникает в металлическое дно кастрюли (глубина проникновения  $\delta = 80$  мкм), огибая его как это происходит для сверхпроводника. Разогревает металл индуцированное магнитным полем электрическое поле, которое направлено ортогонально магнитному полю, также по касательной к поверхности металла и проникает в металл на ту же глубину вызывая в нём электрические токи. При этом отношение электрического поля к магнитному полю на поверхности металла оказывается фиксированным и задаётся так называемым поверхностным импедансом, он равен  $\zeta = E/B = 5000$  В/(Тл · м). Удельное значение проводимости металла равно  $\sigma = 10^6$ /(Ом · м).

$$B = \frac{1}{\zeta} \sqrt{\frac{2P}{\sigma \delta}} = 4,1 \text{ мТл}$$