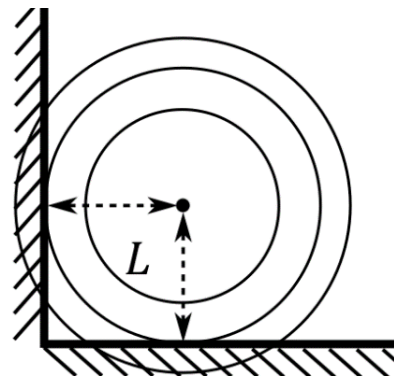


Олимпиада «Высшая проба» по физике

10 класс, 2020 год

1. Шайба может двигаться без трения по дну поверхности, представляющей из себя вогнутую сферу. Период малых колебаний шайбы равен T . Движение шайбы ограничили двумя гладкими прямыми стенками, ортогональными друг другу, см. на рисунке вид сверху. Шайба от стенок отскакивает абсолютно упруго, а стенки в вертикальном направлении наклонены так, что при отскоке шайба не отрывается от поверхности. Обе стенки находятся на расстоянии L от нижней точки поверхности.



1. С какой скоростью (амплитуда и направление) надо выпустить шайбу из нижней точки поверхности, чтобы движение шайбы было периодичным с периодом движения $3T/4$? Найдите и нарисуйте две существенно различные траектории движения с таким периодом.
2. С какой скоростью надо выпустить шайбу из нижней точки поверхности, чтобы движение шайбы было периодическим с периодом движения $2T$? Нарисуйте пример траектории с таким периодом движения.

Расстояние L мало по сравнению с радиусом кривизны поверхности и велико по сравнению с размером шайбы.

$$T \cdot (L/\sqrt{g}) \gg \pi \cdot T \cdot (L/\sqrt{g}) = \pi \cdot (L/\sqrt{g}) \cdot \frac{L}{L} = \pi \cdot (L/\sqrt{g})$$

2. Двумя одинаковыми пружинами, имеющими длину L в состоянии равновесия, соединили два одинаковых груза (размер грузов мал по сравнению с L), сделав кольцо. Эту конструкцию разместили в круговом желобе длиной $2L$, по которому грузы могут двигаться без трения. Если обоим грузам, исходно находившимся в положениях равновесия, придать скорость v во встречных направлениях, то они будут колебаться с частотой ω и с амплитудами $L/10$. Теперь конструкцию достали, распилили один из грузов на две равные части, так что теперь конструкция стала линейной с одним целым грузом посередине и двумя половинными по краям, и положили в прямой желоб, по которому все три груза могут также двигаться без трения. Исходно эта конструкция покоилась.

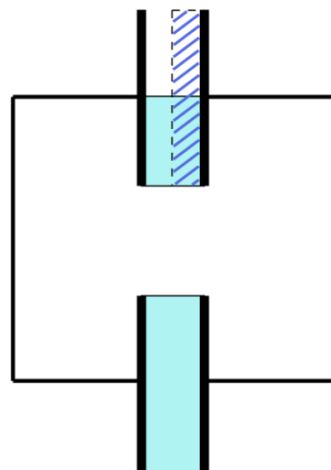
1. В первом эксперименте двум крайним грузам придали скорость v во встречных направлениях.
2. Во втором эксперименте двум крайним грузам придали скорость v в одном и том же направлении.
3. В третьем эксперименте одному крайнему грузу придали скорость v , направленную к центру системы.

Опишите дальнейшее движение линейной конструкции во всех трёх экспериментах.

3. При расширении водяного пара из состояния 1 в состояние 2 по изотерме газ совершает работу 100 Дж. Если же сначала газ будет расширяться по изобаре, а потом по адиабате — в результате чего также перейдёт из состояния 1 в состояние 2, — то он совершит работу 171,8 Дж. Какую работу совершит газ, если сначала будет изобарически расширяться, а после изохорно охлаждаться, перейдя снова из состояния 1 в состояние 2? Пар считать идеальным газом.

$$A_{12} = \frac{p}{(1-\frac{p}{p_0})T_1} = 171,8 \text{ Дж}$$

4. Конденсаторы представляют собой плоские прямоугольные ящички с металлическими боковыми стенками, покрытыми тонкой диэлектрической плёнкой. Внутри ящички заполнены водой (диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 81$). Конденсаторы подключают поочередно к источнику питания и соединяют между собой параллельно. Суммарно источником питания была затрачена работа $W_0 = 100$ мДж. В результате поломки из одного из конденсаторов вылилась половина воды. Оставшаяся половина воды распределилась в этом конденсаторе так, что соединила собою обкладки, а граница с воздухом оказалась нормальной к обкладкам, см. рисунок. Какую работу нужно совершить, чтобы прижать воду к одной из обкладок, так чтобы граница воды с воздухом была параллельна обкладкам (соответствующая область выделена штриховкой на рисунке)? Гравитацией и капиллярными эффектами пренебречь.



$$A = \frac{2(\epsilon-1)(\epsilon+1)}{\epsilon+3} W_0 = 62 \text{ мДж}$$

5. На корабле вертикально установлена цилиндрическая труба с радиусом $R = 1$ м и высотой $H = 10$ м. Труба вращается с угловой скоростью $\omega = 0,3$ рад/с. Ветер дует относительно корабля со скоростью $v = 10$ м/с. Оцените силу, действующую на трубу в направлении, ортогональном направлению ветра.

$$F \sim 2RH\omega \cdot 2\rho Rv \sim 100 \text{ Н, где } \rho \text{ — массовая плотность воздуха}$$