

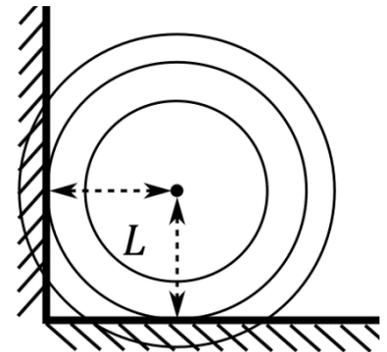
Время выполнения заданий — 240 минут.

Максимальное количество баллов — 100.

Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. При отсутствии ответа ставьте прочерк.

**Задача 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 вертикальной оси, проходящей через нижнюю точку поверхности.

1. С какой скоростью (амплитуда и направление) надо выпустить шайбу из нижней точки поверхности, чтобы движение шайбы было периодическим 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.

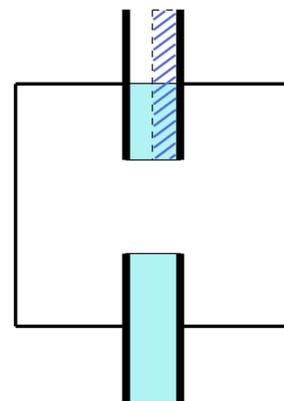
**Задача 2.** Двумя одинаковыми пружинами, имеющими длину  $L$  в состоянии равновесия, соединили два одинаковых груза (размер грузов мал по сравнению с  $L$ ), сделав кольцо. Эту конструкцию разместили в желобе длиной  $2L$ , имеющем форму окружности, по которому грузы могут двигаться без трения. Если обоим грузам, исходно находившимся в положениях равновесия, придать скорость  $v$  во встречных направлениях вдоль желоба, то они будут колебаться с частотой  $\omega$  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.

**Задача 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 перейдет 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.

**Задача 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  $W_0 = 100 \text{ мДж}$ . 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.



**Задача 5.** На корабле вертикально установлена цилиндрическая труба с радиусом  $R = 1 \text{ м}$  и высотой  $H = 10 \text{ м}$ . Труба вращается с угловой скоростью  $\omega = 0.3 \text{ рад/с}$ . Ветер дует относительно корабля со скоростью  $v = 10 \text{ м/с}$ . Оцените силу, действующую на трубу в направлении, ортогональном направлению ветра.