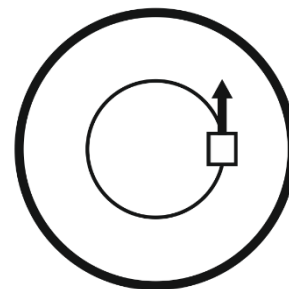


Время выполнения заданий — 240 минут.

Максимальное количество баллов — 100.

Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк.

**Задача 1 (20 баллов).** Луноход движется по поверхности Луны так, что школьник Вова, наблюдающий на нем с Земли, видит, что он движется по кругу с центром в середине диска Луны с постоянной скоростью. Радиус круга равен половине радиуса диска Луны. Вова фиксирует скорость лунохода, соответствующую его периоду обращения  $T = 4$  ч. Найдите горизонтальное относительно поверхности Луны ускорение лунохода, которое он испытывает при таком движении.



Возможно ли такое движение по поверхности Луны с периодом  $T = 2$  ч 15 мин., если коэффициент трения о поверхность Луны  $\mu = 0.3$ . Масса Луны  $M_{\text{л}} = 7.5 \cdot 10^{22}$  кг, её радиус 1750 км, гравитационная постоянная  $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$  Н м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>. Вращением Луны вокруг Земли и вращением обеих планет вокруг своей оси пренебречь.

**Задача 2 (20 баллов).** Крокодил Гена наряжал елку в Доме дружбы к Новому году. В елочной гирлянде было 30 лампочек четырех цветов, последовательно: синий, красный, желтый, зеленый, синий и так далее. Шапокляк пробралась в дом дружбы и вырезала из гирлянды две лампочки одного цвета, тем самым разрезав её на три части. Крокодил Гена нашел и соединил полученные отрезки гирлянды параллельно. Оказалось, что сопротивление всей гирлянды уменьшилось ровно в 15 раз. Найти сколько лампочек может быть в каждом из отрезков, на которые разделили гирлянду. Как изменится количество тепла, которое выделяется на каждой лампочке за 1 с в конечной гирлянде по сравнению с исходной? Сопротивлением проводов можно пренебречь.

**Задача 3 (20 баллов).** Преподаватель физики на уроке объяснял школьникам эффект давления в жидкости. Для этого он взял цилиндрическое ведро с водой и проделал в нем два отверстия: вблизи верхнего края и недалеко от дна ведра, расстояние между отверстиями составило 20 см. При этом горизонтальное расстояние, которое преодолевали верхняя струя воды от точки вылета оказалось меньше (24 см), чем для нижней (31 см). Любопытный мальчик Петя решил повторить опыт на перемене, однако в его распоряжении оказалось только конусообразное ведро с пожарного щита школы. Он проделал отверстия на том же вертикальном расстоянии и, подняв ведро на ту же высоту, сделал измерения горизонтальных расстояний, которые преодолевали верхняя (11 см) и нижняя (7 см) струи воды. Почему Петя не смог получить результатов, аналогичных полученным на уроке преподавателем? Найти скорости вылета струй воды из всех отверстий если пожарное ведро имело вид конуса с углом между осью симметрии и образующей равным 30 градусов.

**Задача 4 (20 баллов).** Шайба может без трения двигаться по гладкой поверхности, имеющей форму вогнутой окружности. Движение шайбы в обе стороны ограничено отвесными стенками, расположенными симметрично относительно нижней точки поверхности. Расстояние между стенками  $L$  мало по сравнению с радиусом кривизны поверхности. Если шайба, находясь в нижней точке этой поверхности, имеет скорость  $v$ , то она будет совершать колебания с амплитудой горизонтального движения  $L/(2\sqrt{3})$  и периодом  $T$ . Каков будет период движения шайбы, если её скорость в нижней точке поверхности увеличить вдвое? Предполагайте, что шайба упруго отражается от стенок.

**Задача 5 (20 баллов).** Горячий чай наливают доверху в большую кружку. Чтобы он остыл до температуры, когда его можно будет пить, должно пройти 20 минут. Тот же чай можно налить в блюдце диаметром в два раза больше, чем кружка. Известно, что одну кружку чая можно разлить целиком в пять блюдец, а количество теплоты, отдаваемое в единицу времени с единицы поверхности чая прямо пропорционально разности температур чая и окружающей среды. Найти через какое время можно будет пить чай из блюдца, если исходная температура чая в кружке и в блюдце одинаковые. Считайте, что во всём объёме чая в каждый момент времени устанавливается одна и та же температура.

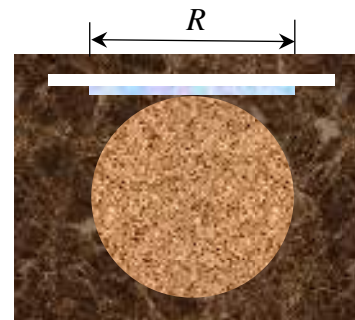


Время выполнения заданий — 240 минут.

Максимальное количество баллов — 100.

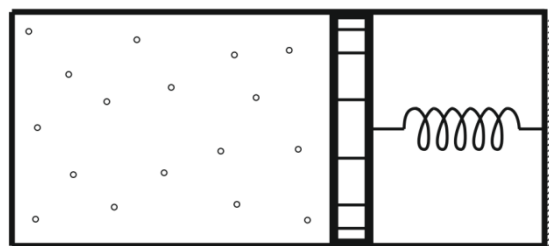
Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк.

**Задача 1 (20 баллов).** Обнаружив неглубокое подземное круглое озеро радиуса  $R = 200$  м ученые провели высокоточные оптические измерения и установили, что кривизна поверхности воды в нем отличается от кривизны радиуса Земли. Причем так, что поверхность воды в центре озера расположена на  $\Delta h = 1$  мм ниже воображаемой сферы проходящей через края озера и имеющей радиус кривизны Земли. Эхолокация показала, что под озером находится сферическая неоднородность породы того же радиуса, что и само озеро. Центр неоднородности лежит точно под центром озера, и своим верхом она касается озера (см. рис). Найдите плотность материала неоднородности, считая, что плотность окружающих пород равна средней плотности Земли  $\rho = 5515$  кг/м<sup>3</sup>. Радиус Земли  $R_3 = 6400$  км.

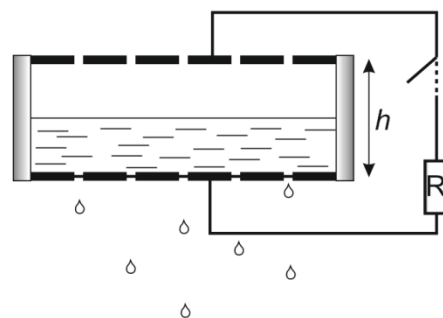


**Задача 2 (20 баллов).** Пружина с линейным законом растяжения от приложенной силы имеет в состоянии равновесия длину  $3R/2$ , а если к ней подвесить грузик, то длина пружины составит  $5R/2$ . Грузик положили на дно сферической гладкой неподвижной поверхности, а начало пружины закрепили на высоте  $2R$  над нижней точкой поверхности. Найдите период малых колебаний груза.

**Задача 3 (20 баллов).** Внутри горизонтального цилиндра находится смесь азота и гелия, запертая поршнем с давящей на него пружины (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  $\Delta T = 10$  °С 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.



**Задача 4 (25 баллов).** В сосуде цилиндрической формы, у которого дно представляет из себя металлическую пластину с небольшими дырками, бока сделаны из стекла высотой  $h$  (малой по сравнению с радиусом сосуда), а крышка – такую же металлическую пластину с дырками, налит раствор поваренной соли, являющийся хорошо проводящим электролитом. Протеканию через дырки дна электролиту препятствует напряжение, которое создаётся противоположными зарядами на двух пластинах. Электролит заполняет половину сосуда. В некоторый момент замыкают цепь (см. рисунок), в которой присутствует очень большое сопротивление  $R$ . После этого электролит начинает медленно протекать через дырки в дне. С какой скоростью (отношение малых приращений изменения объёма электролита в сосуде к приращению времени,  $\Delta V/\Delta t$ ) будет происходить это протекание сразу после включения? Считать, что в электролите в каждый момент времени успевают установиться механическое равновесие; сопротивлением электролита пренебречь.



**Задача 5 (15 баллов).** Считая, что температура атмосферы не зависит от высоты, оцените температуру кипения воды на высоте 5 км. Известно, что падение давления насыщенных паров воды на 20% достигается понижением температуры паров на  $5.5^\circ\text{C}$ .

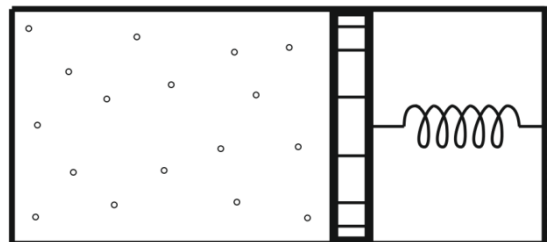
Время выполнения заданий — 240 минут.

Максимальное количество баллов — 100.

Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк.

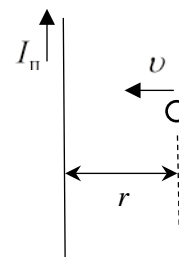
**Задача 1 (20 баллов).** Пружина закреплена горизонтально и лежит на гладком основании. Пружина массивная, масса равномерно распределена вдоль её длины. К ней прикреплён груз массы  $M$ . В таком варианте наблюдаются колебания с некоторой частотой. После того, как груз убрали, частота колебаний увеличилась 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.

**Задача 2 (20 баллов).** Внутри горизонтального цилиндра находится смесь азота и гелия, запёртая 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  $\Delta T = 10$  °С 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.

**Задача 3 (20 баллов).** Проводящее кольцо радиуса  $a$  и массы  $m$  находится на расстоянии  $r \ll a$  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.



**Задача 4 (20 баллов).**

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  $C_{\text{max}} = 1,25$ , сигнал от источника света приходит к выходному концу имея ту же интенсивность, что и в не бракованных. Найдите отсюда коэффициент преломления материала световода.

**Задача 5 (20 баллов).** 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).

