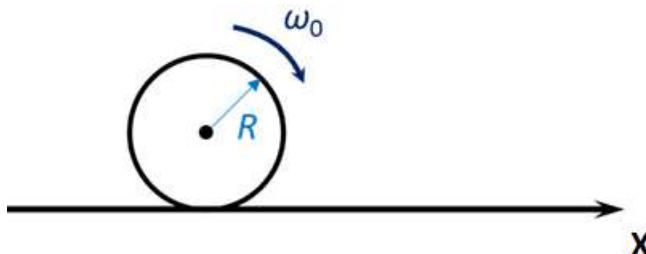


11 класс Вариант 1

Задача 1

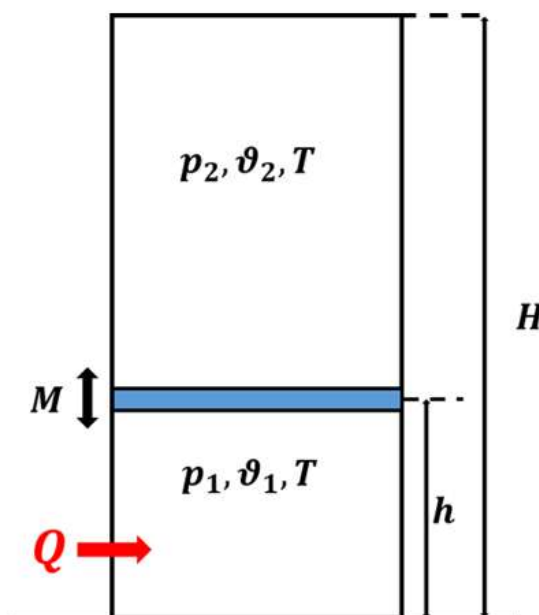
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом R до угловой скорости ω_0 вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала без начальной скорости так, как показано на рисунке. Коэффициент трения обруча о пол равен μ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси x от времени.



Примечание: Угловое ускорение β связано с моментом приложенных сил соотношением: $I\beta = M$, где I – момент инерции тела относительно оси вращения, M – момент внешних сил. Для обруча, вращающегося вокруг своей оси $I = mR^2$.

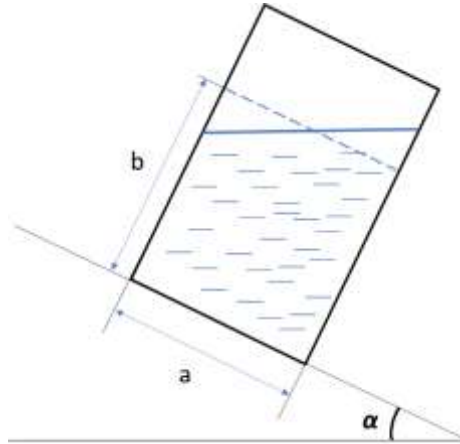
Задача 2

Цилиндрический сосуд с площадью основания S и высотой H , запаянный с обоих концов, расположен вертикально. Внутри сосуд герметично разделен на две части поршнем массой M , способным двигаться вдоль него без трения. Начальная высота поршня над уровнем дна сосуда составляет $h = H/3$. Внутри каждой из частей сосуда находится ν_1 и ν_2 моль идеального одноатомного газа, соответственно, при одинаковой температуре, причем $\nu_1 = 2\nu_2$. Сосуду сообщают некоторое количество теплоты Q таким образом, что температура газа в сосудах остается одинаковой. Определите Q , необходимое для того, чтобы объемы частей сосуда выше и ниже поршня оказались одинаковыми. Какое Q потребовалось бы, чтобы объемы верхней и нижней частей относились как 1:2? Сосуд теплоизолирован от внешней среды. Толщиной поршня пренебречь.



Задача 3

Сосуд квадратного сечения со стороной a и высокими стенками заполняют водой до некоторого уровня $b > a/2$ и затем ставят на наклонную плоскость с углом наклона $\alpha = 30^\circ$. Определите, при каком *минимальном* объеме воды сосуд перевернется. Сосуд с плоскости не соскальзывает. Массой пустого сосуда пренебречь.



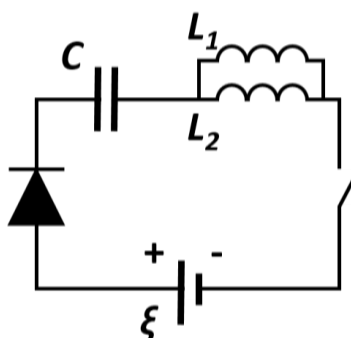
Примечание: центр тяжести однородного треугольника находится в точке пересечения медиан.

Задача 4

В открытом сосуде площадью основания S на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей плавает тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда. Высота тела H , плотность ρ_m , площадь основания $S/2$. В состоянии равновесия тело погружено в нижний слой жидкости на глубину $h_0 < H$, а его основание ориентировано параллельно границе раздела жидкостей. Определите частоту малых колебаний тела, возникающих при выведении его из равновесия слабым толчком по его верхней грани. Известно, что плотность жидкости в нижнем слое в n раз больше плотности жидкости в верхнем слое. Тело всегда остается частично погруженным в каждую из жидкостей, а его ориентация при колебаниях остается неизменной. Скорости движения тела и жидкостей в любой момент времени считайте малыми. Вязкостью жидкостей пренебрегите.

Задача 5

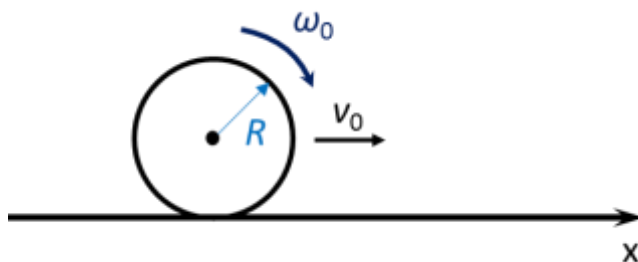
Источник ЭДС в 1В , конденсатор емкостью 1 мкФ , две катушки индуктивностями 3 и 9 мкГн , ключ и диод соединены в цепь, как показано на рисунке. Вначале ключ разомкнут, конденсатор не заряжен. Диод имеет нулевое сопротивление при протекании тока в направлении по стрелке диода и не пропускает ток в противоположную сторону. В какой-то момент ключ замыкают. Определите заряд конденсатора и ток в цепи через 6 мкс после замыкания ключа. Взаимной индукцией катушек пренебречь. Внутреннее сопротивление источника равно 0 .



11 класс Вариант 2

Задача 1

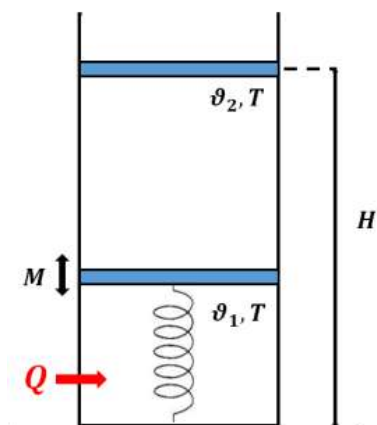
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом R до угловой скорости ω_0 вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала и придает ему начальную скорость v_0 в направлении вдоль пола так, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного движения обруча был меньше модуля скорости вращательного движения. Коэффициент трения обруча о пол равен μ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси x от времени.



Примечание: Угловое ускорение β связано с моментом приложенных сил соотношением: $I\beta = M$, где I – момент инерции тела относительно оси вращения, M – момент внешних сил. Для обруча, вращающегося вокруг своей оси $I = mR^2$.

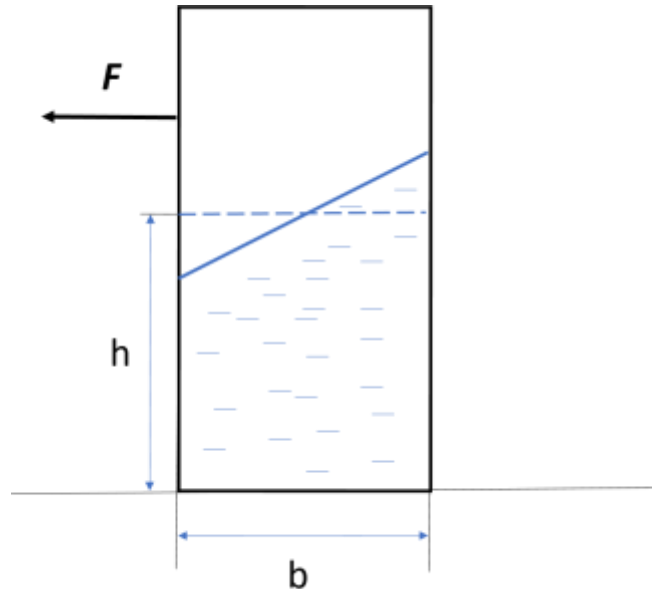
Задача 2

Открытый сверху цилиндрический сосуд с площадью основания S расположен вертикально внутри вакуумной камеры. Внутри сосуда размещены два одинаковых поршня массой M , герметично разделяющие его на две части. Поршни могут двигаться вдоль сосуда без трения. Нижний поршень прикреплен ко дну сосуда пружиной жесткостью k . Начальная высота верхнего поршня над дном сосуда – H , пружина не деформирована. Внутри каждой части сосуда находится идеальный одноатомный газ при одинаковой температуре. Количество вещества в нижней части в два раза больше количества вещества в верхней. Сосуду сообщили некоторое количество теплоты Q таким образом, что температура газа в сосудах оставалась одинаковой. Пружина при этом растянулась на величину dx . Определите Q . Сосуд теплоизолирован от внешней среды. Толщиной поршней пренебречь.



Задача 3

Прямоугольный сосуд с высокими стенками с дном в форме квадрата со стороной b заполнен водой до уровня h , причем $h > b/2$. Сосуд тянут по горизонтальной поверхности за левую боковую грань с силой $F = mg$, где m – полная масса воды в сосуде. Определите, на каком минимальном расстоянии от дна сосуда должна быть расположена точка приложения силы, чтобы сосуд перевернулся. Силой трения и массой пустого сосуда пренебречь.



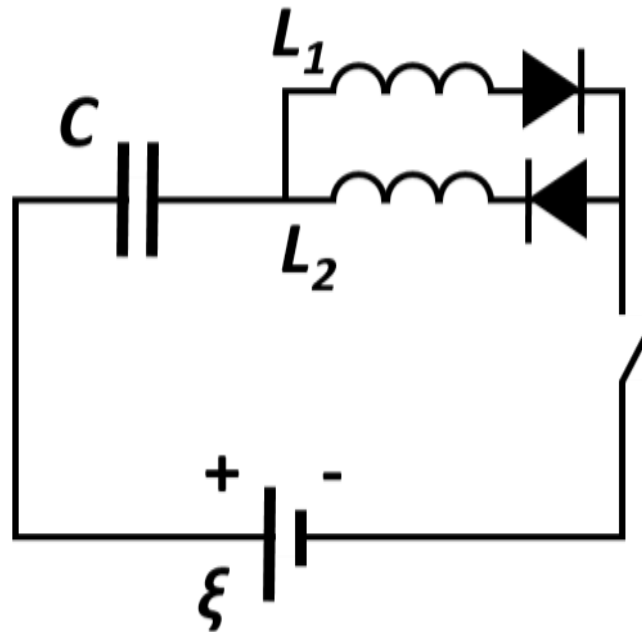
Примечание: центр тяжести однородного треугольника находится в точке пересечения медиан.

Задача 4

В закрытом сосуде площадью основания S , частично заполненном жидкостью плотностью ρ , находится тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда, прикрепленное пружиной ко дну. Высота тела – H , плотность – ρ_m , площадь основания – $S/2$. В состоянии равновесия тело погружено в жидкость на глубину $h_0 < H$, его основание параллельно границе жидкости, а пружина растянута на величину Δy_0 . Определите частоту малых колебаний тела, возникающих при выведении его из равновесия слабым толчком по его верхней грани. Во сколько раз будет отличаться частота таких колебаний в перевернутом вверх дном сосуде? В положении равновесия в перевернутом сосуде тело погружено на глубину $h_1 < H$, а пружина остается растянутой. Тело всегда остается частично погруженным в жидкость, а его ориентация при колебаниях остается неизменной. Скорости движения тела и жидкости в любой момент времени считайте малыми. Объемом пружины и вязкостью жидкости пренебрегите.

Задача 5

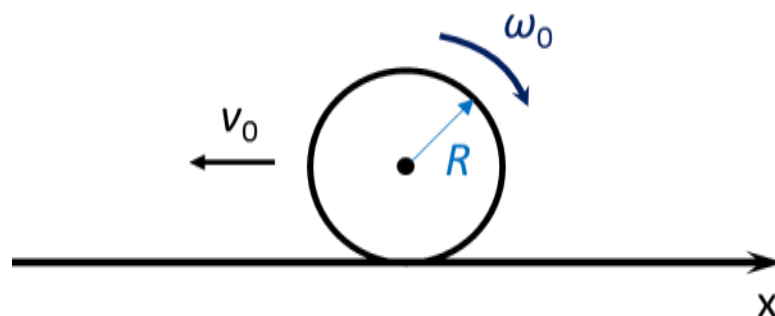
Источник ЭДС в 1В , конденсатор емкостью 1 мкФ , две катушки индуктивностями 1 и 4 мкГн , ключ и два диода соединены в цепь, как показано на рисунке. Вначале ключ разомкнут, конденсатор не заряжен. Диод имеет нулевое сопротивление при протекании тока в направлении по стрелке диода и не пропускает ток в противоположную сторону. В какой-то момент ключ замыкают. Определите заряд конденсатора и ток в цепи через время $t=5/2\pi\cdot 10^{-6}$ секунд после замыкания ключа. Взаимной индукцией катушек пренебречь. Внутреннее сопротивление источника равно 0 .



11 класс Вариант 3

Задача 1

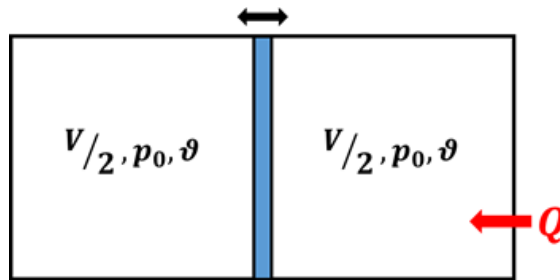
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом R до угловой скорости ω_0 вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала и придает ему начальную скорость v_0 в направлении вдоль пола так, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного движения обруча был больше модуля скорости вращательного движения. Коэффициент трения обруча о пол равен μ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси x от времени.



Примечание: Угловое ускорение β связано с моментом приложенных сил соотношением: $I\beta = M$, где I – момент инерции тела относительно оси вращения, M – момент внешних сил. Для обруча, вращающегося вокруг своей оси $I=mR^2$.

Задача 2

Цилиндрический сосуд объемом V , запаянный с обоих концов, расположен горизонтально. Внутри сосуд герметично разделен на две одинаковые части невесомым тонким поршнем, способным двигаться вдоль него без трения. Внутри каждой части находится по ν моль идеального одноатомного газа при известном давлении p_0 . Обе части теплоизолированы друг от друга, а сам сосуд теплоизолирован от внешней среды. Какое количество теплоты нужно сообщить в правую часть, чтобы объем левой уменьшился в два раза?



Примечание: процесс в теплоизолированной системе описывается уравнением адиабаты $pV^\gamma = \text{const}$, где p – давление газа, V – объем, $\gamma = C_p/C_v$ – показатель адиабаты (C_p и C_v – теплоемкости газа соответственно при постоянном давлении и объеме). Для одноатомного газа $\gamma = 5/3$.

Задача 3

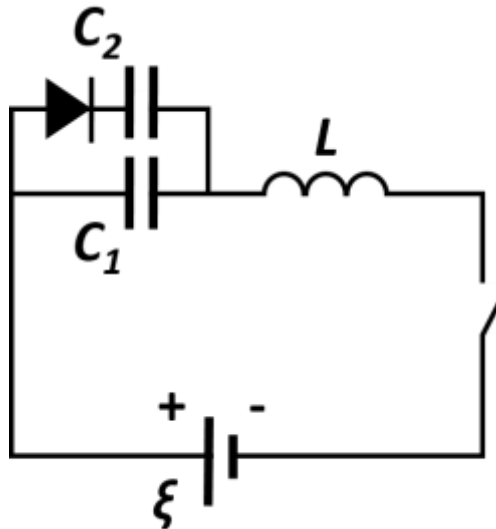
Кубический сосуд с длиной ребра b наполнен водой до уровня $h < b/2$. Сосуд ставят на наклонную плоскость, угол наклона α которой может меняться, и начинают тянуть вверх по плоскости с силой, приложенной к середине боковой грани и постепенно увеличивающейся до значения F . Определите минимальный угол наклона плоскости α , при котором вода начнет переливаться через край сосуда. Массой пустого сосуда и трением пренебречь.

Задача 4

В закрытом сосуде площадью основания S , частично заполненном жидкостью плотностью ρ , находится тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда, прикрепленное к верхнему и нижнему основаниям сосуда с помощью пружин. Высота тела – H , плотность – ρ_m , площадь основания – $S/2$. Известно, что жесткость верхней пружины в n раз больше жесткости нижней. В состоянии равновесия тело погружено в жидкость на глубину $h_0 < H$, его основание ориентировано параллельно границе жидкости, а верхняя и нижняя пружины растянуты на Δy_{10} и Δy_{20} , соответственно. Определите частоту малых колебаний тела, возникающих при выведении его из равновесия слабым толчком по его верхней грани. Тело всегда остается частично погруженным в жидкость, а его ориентация при колебаниях остается неизменной. Скорости движения тела и жидкости в любой момент времени считайте малыми. Вязкостью жидкости пренебрегите.

Задача 5

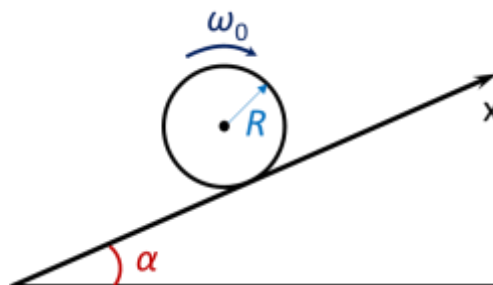
Источник ЭДС в 1В , два конденсатора емкостями 1 и 3 мкФ , катушка индуктивностью 1 мкГн , ключ и диод соединены в цепь, как показано на рисунке. Вначале ключ разомкнут, конденсаторы не заряжены. Диод имеет нулевое сопротивление при протекании тока в направлении по стрелке диода и не пропускает ток в противоположную сторону. В какой-то момент ключ замыкают. Определите заряды конденсаторов и ток в цепи через время $t = 5/2 \pi \cdot 10^{-6}$ секунд после замыкания ключа. Внутреннее сопротивление источника равно 0 .



11 класс Вариант 4

Задача 1

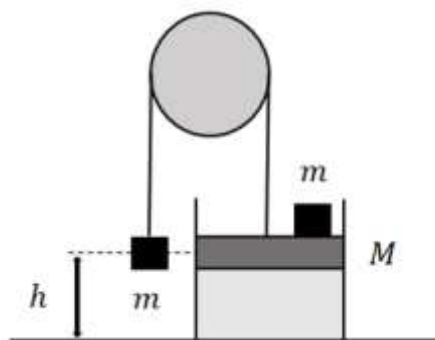
Тонкий обруч радиусом R раскрутили до угловой скорости ω_0 , а затем поставили на бесконечную наклонную плоскость с углом наклона α , как показано на рисунке. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и обручем равен μ , причем $\mu > \text{tg}\alpha$. Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси x от времени.



Примечание: Угловое ускорение β связано с моментом приложенных сил соотношением: $I\beta = M$, где I – момент инерции тела относительно оси вращения, M – момент внешних сил. Для обруча, вращающегося вокруг своей оси $I = mR^2$.

Задача 2

Сосуд с идеальным газом закрыт тонким поршнем массой M . Сосуд теплоизолирован от внешней среды. Поршень смазан и способен двигаться вдоль сосуда с вязким трением, величина которого пропорциональна скорости движения. Вся энергия от трения переходит на нагрев газа в сосуде. К поршню прикреплена веревка, перекинутая через блок. К другому концу веревки прикреплен груз массой $m=M/3$. Груз и поршень изначально находились на одном уровне над землей h_0 . На поршень ставят такой же груз, дожидаясь установления равновесия, и затем убирают. Определите, на сколько в результате сместился груз на веревке относительно земли. Размерами грузов и толщиной поршня пренебрегите. Вся конструкция находится в вакууме. Трением в оси блока пренебречь. В процессе перемещения левый груз не касается земли.



Задача 3

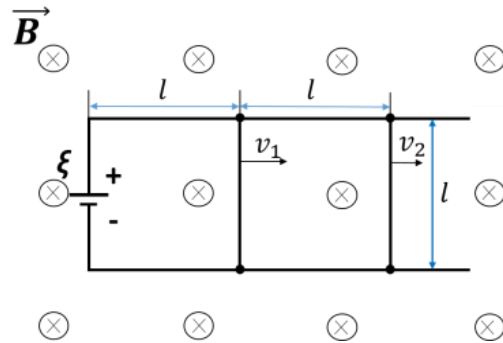
Кубический сосуд с длиной ребра b наполнен водой до уровня $h > b/2$. Сосуд ставят на наклонную плоскость, угол наклона α которой может меняться, и начинают тянуть вверх по плоскости с силой, приложенной к середине боковой грани и постепенно увеличивающейся до значения F . Определите минимальный угол наклона плоскости α , при котором вода начнет переливаться через край сосуда. Массой пустого сосуда и трением пренебречь.

Задача 4

В бассейне, заполненном жидкостью плотностью ρ , находится тело, имеющее форму цилиндра, прикрепленное пружиной ко дну бассейна. Высота тела – H , плотность – ρ_m , площадь основания много меньше площади бассейна. В состоянии равновесия тело погружено в жидкость на глубину $h_0 < H$, а пружина растянута на величину Δy_0 . Тело выводят из состояния равновесия слабым толчком по верхней грани. В результате в бассейне начинают распространяться кольцевые волны со скоростью v . Найдите расстояние между гребнями волн. Тело всегда остается частично погруженным в жидкость, а его ориентация при колебаниях остается неизменной. Скорости движения тела и жидкости в любой момент времени считайте малыми. Вязкостью жидкости пренебрегите.

Задача 5

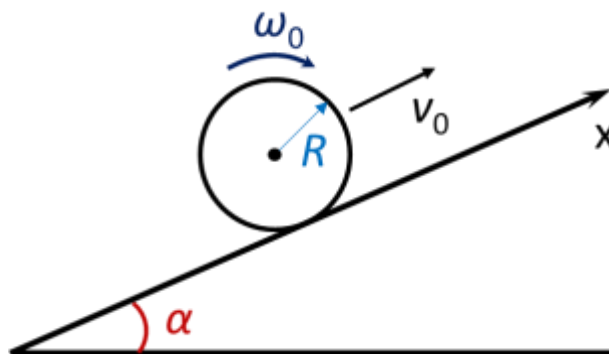
На проводящих рельсах расположены две подвижные проводящие перемычки. Рельсы с перемычками находятся в постоянном однородном магнитном поле \vec{B} , ориентированном как показано на рисунке. Рельсы с левого конца соединены такой же неподвижной перемычкой с источником постоянной ЭДС ξ . Подвижные перемычки двигают вдоль рельс с постоянными скоростями v_1 и v_2 . Определите силы, действующие на перемычки в тот момент, когда первая из них находится на расстоянии l от левого края контура, а вторая - на расстоянии $2l$? Рельсы и перемычки изготовлены из проводов одинакового материала с удельным сопротивлением ρ и площадью поперечного сечения S . Внутреннее сопротивление источника равно 0. ЭДС самоиндукции пренебречь.



11 класс Вариант 5

Задача 1

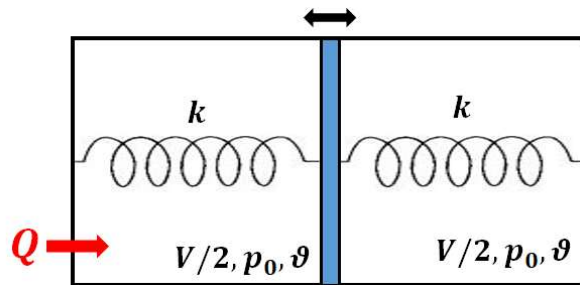
Тонкий обруч радиусом R раскрутили до угловой скорости ω_0 , а затем поставили на бесконечную наклонную плоскость с углом наклона α , сообщив ему начальную скорость v_0 вдоль плоскости, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного движения обруча меньше модуля скорости вращательного движения. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и обручем равен μ , причем $\mu > \tan \alpha$. Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси x от времени.



Примечание: Угловое ускорение β связано с моментом приложенных сил соотношением: $I\beta = M$, где I – момент инерции тела относительно оси вращения, M – момент внешних сил. Для обруча, вращающегося вокруг своей оси $I = mR^2$.

Задача 2

Сосуд объемом V и площадью поперечного сечения S , запаянный с обоих концов, расположен горизонтально. Внутри сосуд герметично разделен на две одинаковые части невесомым поршнем, способным двигаться вдоль него без трения. Поршень прикреплен к боковым стенкам сосуда одинаковыми пружинками жесткостью k , изначально не растянутыми. Внутри каждой части находится по ν моль идеального одноатомного газа при известном давлении p_0 . Обе части теплоизолированы друг от друга, а сам сосуд теплоизолирован от внешней среды. Какое количество теплоты нужно сообщать в левую часть, чтобы объем правой уменьшился в два раза? Толщиной поршня пренебречь.



Примечание: процесс в теплоизолированной системе описывается уравнением адиабаты $pV^\gamma = \text{const}$, где p – давление газа, V – объем, $\gamma = C_p/C_v$ – показатель адиабаты (C_p и C_v – теплоемкости газа соответственно при постоянном давлении и объеме). Для одноатомного газа $\gamma = 5/3$.

Задача 3

Кубический сосуд с длиной ребра b наполнен водой до уровня $h > b/2$. Сосуд ставят на наклонную плоскость, угол наклона α которой может меняться, и начинают тянуть вниз по плоскости с силой, приложенной к середине боковой грани и постепенно увеличивающейся до значения F . Определите минимальный угол наклона плоскости α , при котором вода начнет переливаться через край сосуда. Массой пустого сосуда и трением пренебречь.

Задача 4

В закрытом сосуде площадью основания S , частично заполненном жидкостью плотностью ρ , находится тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда, прикрепленное двумя последовательно скрепленными пружинами к верхней грани сосуда. Высота тела – H , плотность – ρ_m . Известно, что жесткость одной из пружин в n раз больше жесткости другой, равной k . В состоянии равновесия тело погружено в жидкость на глубину $h_0 < H$, его основание ориентировано параллельно границе жидкости, а пружины суммарно растянуты на Δy_0 . Определите частоту колебаний тела, возникающих при выведении его из равновесия слабым толчком по его верхней грани. Тело всегда остается частично погруженным в жидкость, а его ориентация при колебаниях остается неизменной. Скорость движения тела и жидкостей в любой момент времени считайте малыми. Вязкостью жидкости пренебрегите.

Задача 5

Прямоугольную металлическую рамку размерами $2l$ на $3l$ с горизонтальной неподвижной перемычкой, расположенной на расстоянии l от нижней стороны рамки, двигают с постоянной скоростью v через границу раздела областей I и II. В области I имеется однородное магнитное поле величины B , перпендикулярное плоскости рамки, в области II – такое же по величине и противоположное по направлению. Определите величину силы, действующей на рамку по мере ее полного перемещения из области I в область II. Рамка сделана из однородных металлических стержней из материала с удельным сопротивлением ρ и площадью поперечного сечения S .

