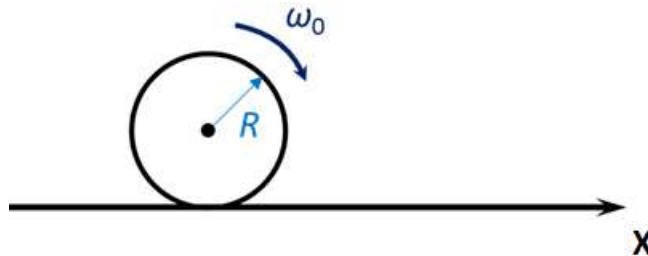


## 11 класс Вариант 1

### Задача 1

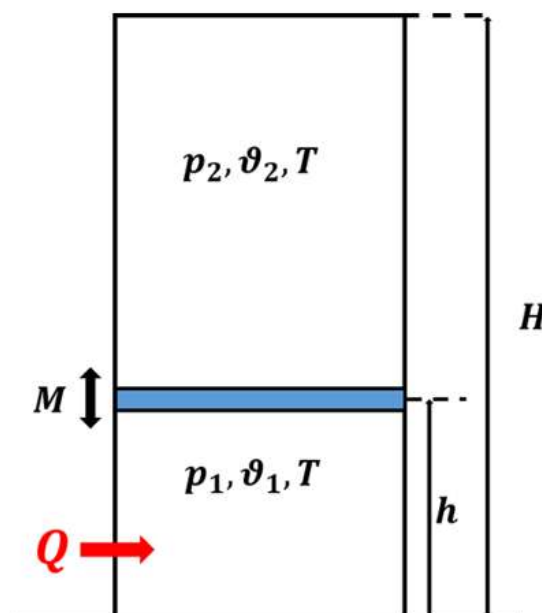
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом  $R$  до угловой скорости  $\omega_0$  вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала без начальной скорости так, как показано на рисунке. Коэффициент трения обруча о пол равен  $\mu$ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси  $x$  от времени.



**Примечание:** Угловое ускорение  $\beta$  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  $I = mR^2$ .

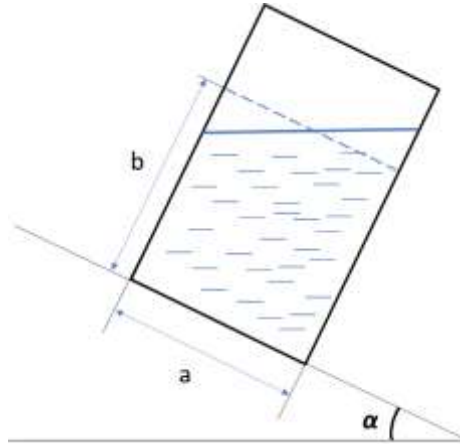
### Задача 2

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  $\nu_1$  и  $\nu_2$  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.



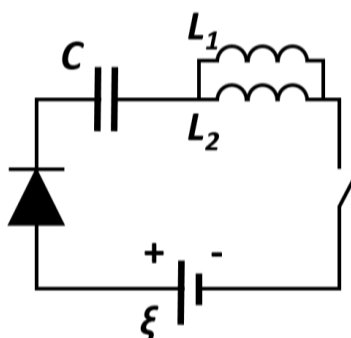
**Примечание:** центр тяжести однородного треугольника находится в точке пересечения медиан.

### Задача 4

В открытом сосуде площадью основания  $S$  на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей плавает тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда. Высота тела  $H$ , плотность  $\rho_m$ , 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

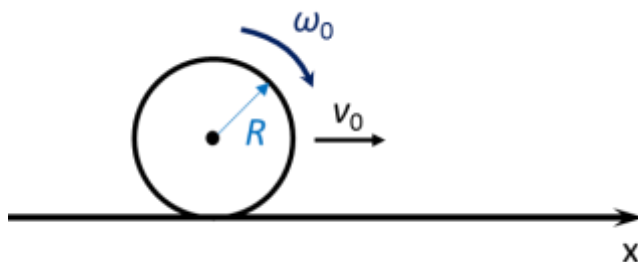
Источник ЭДС в  $1\text{В}$ , конденсатор емкостью  $1\text{ мкФ}$ , две катушки индуктивностями  $3$  и  $9\text{ мкГн}$ , ключ и диод соединены в цепь, как показано на рисунке. Вначале ключ разомкнут, конденсатор не заряжен. Диод имеет нулевое сопротивление при протекании тока в направлении по стрелке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



## 11 класс Вариант 2

### Задача 1

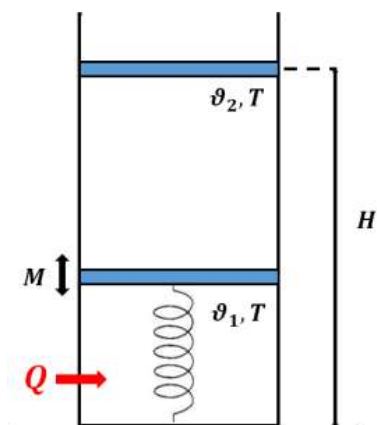
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом  $R$  до угловой скорости  $\omega_0$  вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала и придает ему начальную скорость  $v_0$  в направлении вдоль пола так, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного движения обруча был меньше модуля скорости вращательного движения. Коэффициент трения обруча о пол равен  $\mu$ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси  $x$  от времени.



**Примечание:** Угловое ускорение  $\beta$  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  $I = mR^2$ .

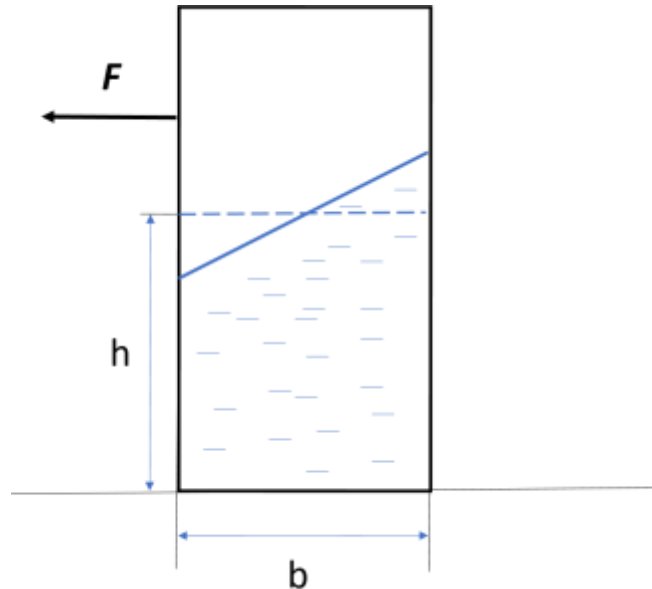
### Задача 2

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.



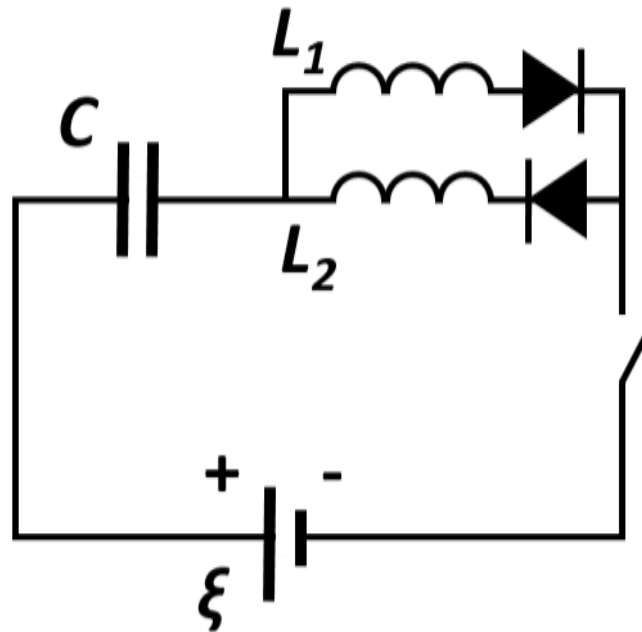
**Примечание:** центр тяжести однородного треугольника находится в точке пересечения медиан.

### Задача 4

В закрытом сосуде площадью основания  $S$ , частично заполненном жидкостью плотностью  $\rho$ , находится тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда, прикрепленное пружиной ко дну. Высота тела –  $H$ , плотность –  $\rho_m$ , 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  $\Delta y_0$ . 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

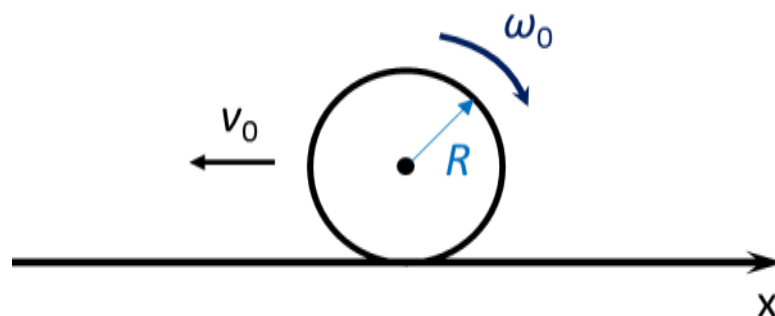
Источник ЭДС в  $1\text{В}$ , конденсатор емкостью  $1\text{ мкФ}$ , две катушки индуктивностями  $1$  и  $4\text{ мкГн}$ , ключ и два диода соединены в цепь, как показано на рисунке. Вначале ключ разомкнут, конденсатор не заряжен. Диод имеет нулевое сопротивление при протекании тока в направлении по 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

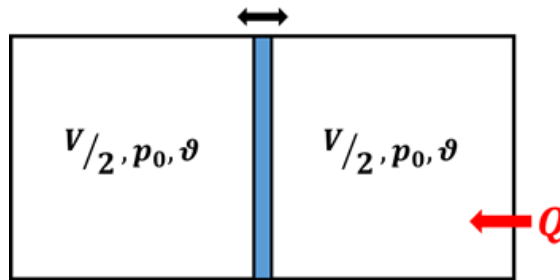
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом  $R$  до угловой скорости  $\omega_0$  вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала и придает ему начальную скорость  $v_0$  в направлении вдоль пола так, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного движения обруча был больше модуля скорости вращательного движения. Коэффициент трения обруча о пол равен  $\mu$ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси  $x$  от времени.



**Примечание:** Угловое ускорение  $\beta$  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  $\nu$  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

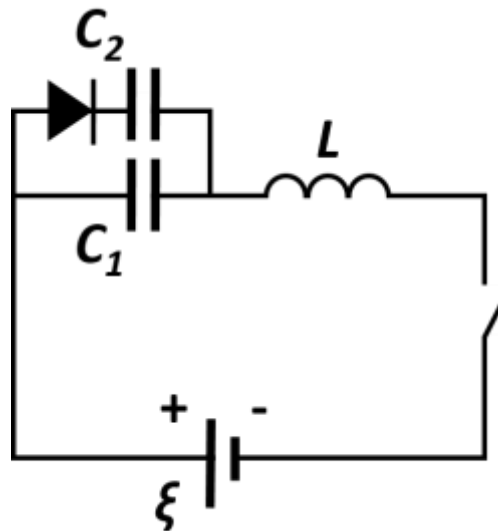
Кубический сосуд с длиной ребра  $b$  наполнен водой до уровня  $h < b/2$ . Сосуд ставят на наклонную плоскость, угол наклона  $\alpha$  которой может меняться, и начинают тянуть вверх по плоскости с силой, приложенной к середине боковой грани и постепенно увеличивающейся до значения  $F$ . Определите минимальный угол наклона плоскости  $\alpha$ , 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  $\rho$ , находится тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда, прикрепленное к верхнему и нижнему основаниям сосуда с помощью пружин. Высота тела –  $H$ , плотность –  $\rho_m$ , 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  $\Delta y_{10}$  и  $\Delta y_{20}$ , 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

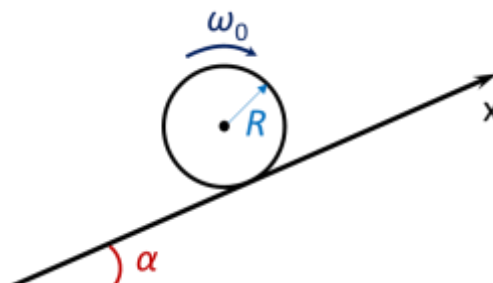
Источник ЭДС в  $1\text{В}$ , два конденсатора емкостями  $1$  и  $3\text{ мкФ}$ , катушка индуктивностью  $1\text{ мкГн}$ , ключ и диод соединены в цепь, как показано на рисунке. Вначале ключ разомкнут, конденсаторы не заряжены. Диод имеет нулевое сопротивление при протекании тока в направлении по стрелке 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  $\omega_0$ , а затем поставили на бесконечную наклонную плоскость с углом наклона  $\alpha$ , как показано на рисунке. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и обручем равен  $\mu$ , причем  $\mu > \text{tg}\alpha$ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно оси  $x$  от времени.



**Примечание:** Угловое ускорение  $\beta$  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 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  $\rho$  и площадью поперечного сечения  $S$ .

