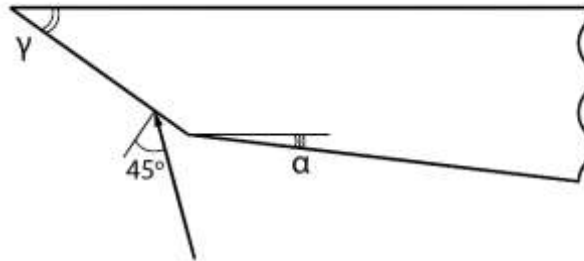


## 10 класс Вариант 1

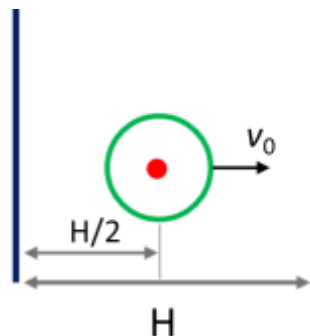
### Задача 1

Узкий пучок света падает на левую грань вытянутой четырехугольной призмы под углом  $45^\circ$  (см. рисунок). Показатель преломления материала призмы в  $\sqrt{2}$  (корень из двух) раз больше показателя преломления воздуха. Левая грань составляет угол  $\gamma=35^\circ$  с горизонтальной верхней гранью, а нижняя грань угол  $\alpha=7^\circ$ , как это показано на рисунке. Найдите количество пучков света, вышедших через верхнюю грань четырехугольника. Считать, что правая грань четырехугольной призмы расположена бесконечно далеко от левой. После преломления на левой грани, луч больше не достигает этой стороны четырехугольника.



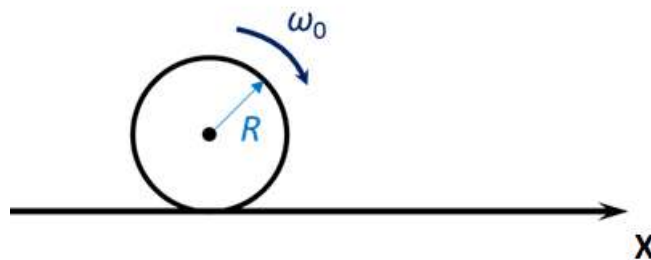
### Задача 2

Полая шайба массой  $M$  и радиусом  $R$  в начальный момент находится на горизонтальной плоскости посередине между двумя ограждениями, расположенными на расстоянии  $H=3.5R$  друг от друга. В центре полости шайбы расположен небольшой грузик массой  $m$  ( $M=4m$ ). Шайбе с грузиком сообщают скорость  $v_0$  в направлении, указанном на рисунке. Считая, что трения в системе нет, а все удары абсолютно упругие, найдите, сколько времени пройдет до первого столкновения шайбы с левым ограждением.



### Задача 3

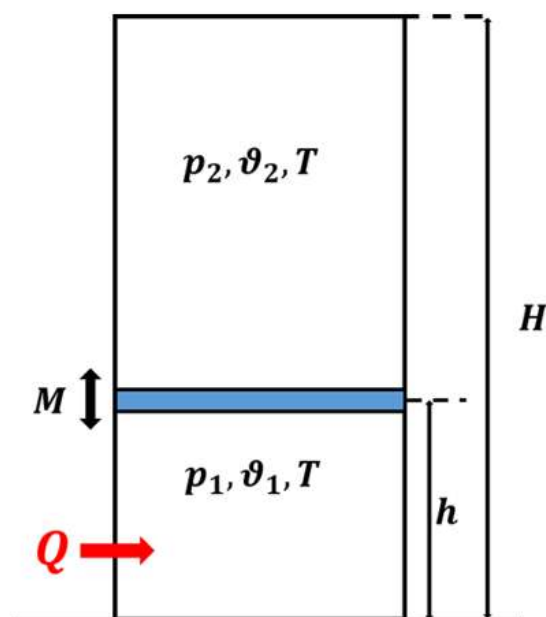
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом  $R$  до угловой скорости  $\omega_0$  вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала без начальной скорости так, как показано на рисунке. Коэффициент трения обруча о пол равен  $\mu$ . Постройте график зависимости координаты центра обруча относительно 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  $I = mR^2$ .

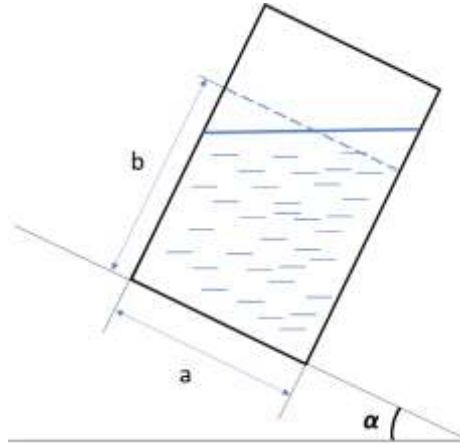
### Задача 4

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 5

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.

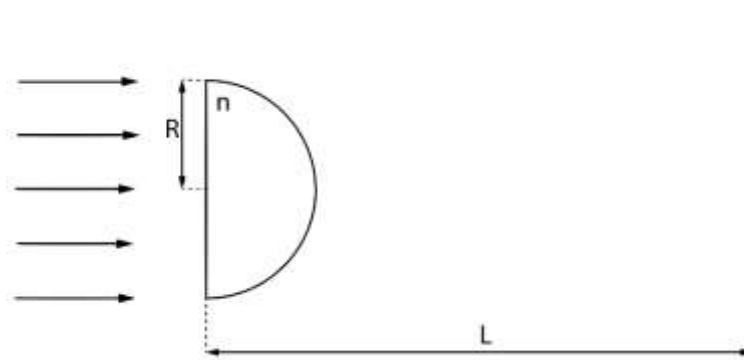


**Примечание:** центр тяжести однородного треугольника находится в точке пересечения медиан.

### 10 класс Вариант 2

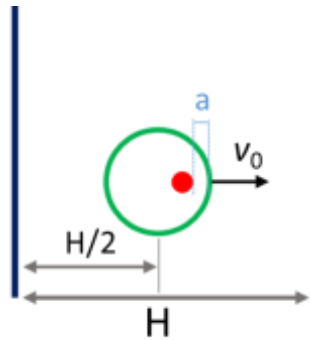
#### Задача 1

Параллельный пучок света нормально падает на плоскую поверхность полушария радиуса  $R=2$  см (см. рисунок) из материала с показателем преломления  $n$  в  $\sqrt{2}$  (корень из двух) раз больше показателя преломления воздуха. На расстоянии  $L=10$  см от левого края полушария установлен экран перпендикулярный падающему пучку света. Определите размер светового пятна  $S$  на экране, если известно, что он расположен за областью схождения преломленных лучей.



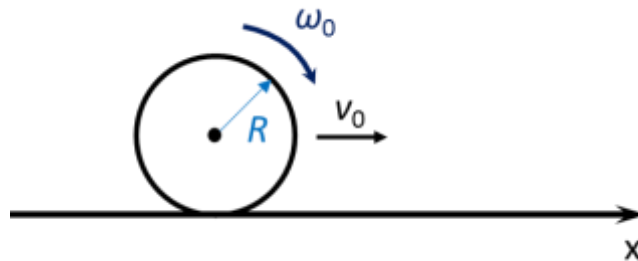
### Задача 2

Полая шайба массой  $M$  и радиусом  $R$  в начальный момент находится на горизонтальной плоскости посередине между двумя ограждениями, расположенными на расстоянии  $H=19/6 \cdot R$  друг от друга. В полости шайбы на расстоянии  $a=R/3$  от стенки расположен небольшой грузик массой  $m$  ( $M=2m$ ). Шайбе с грузиком сообщают скорость  $v_0$  в направлении, указанном на рисунке. Считая, что трения в системе нет, а все удары абсолютно упругие, найдите, сколько времени пройдет до второго столкновения грузика с внутренней стенкой шайбы.



### Задача 3

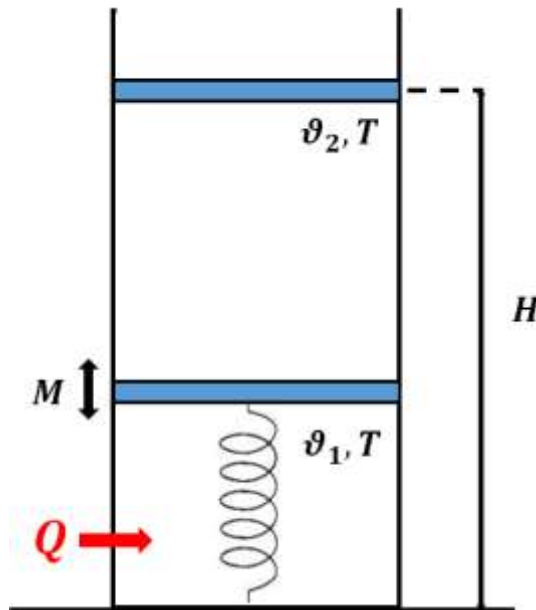
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом  $R$  до угловой скорости  $\omega_0$  вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала и придает ему начальную скорость  $v_0$  в направлении вдоль пола так, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного 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  $I=mR^2$ .

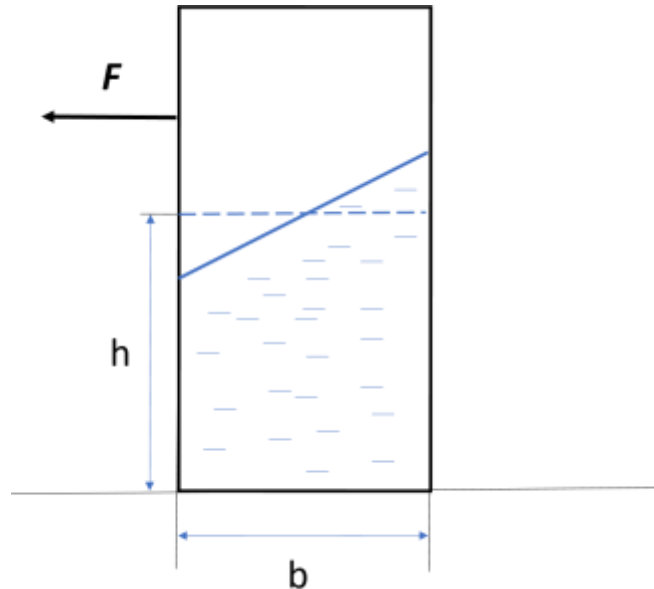
#### Задача 4

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 осталась одинаковой. Пружина при этом растянулась на величину  $dx$ . Определите  $Q$ . Сосуд теплоизолирован от внешней среды. Толщиной поршней пренебречь.



### Задача 5

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.

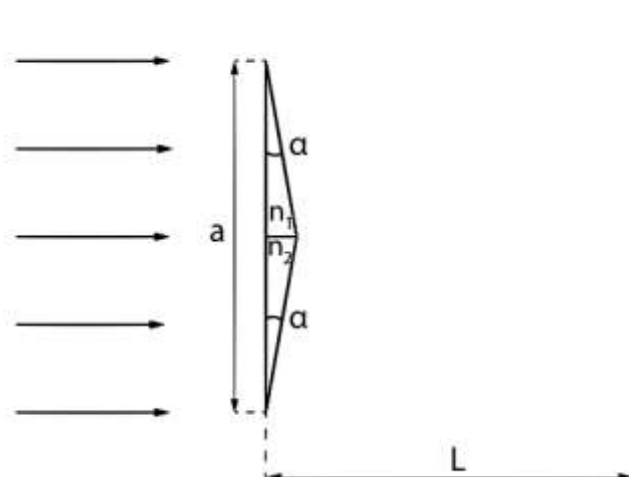


**Примечание:** центр тяжести однородного треугольника находится в точке пересечения медиан.

### 10 класс Вариант 3

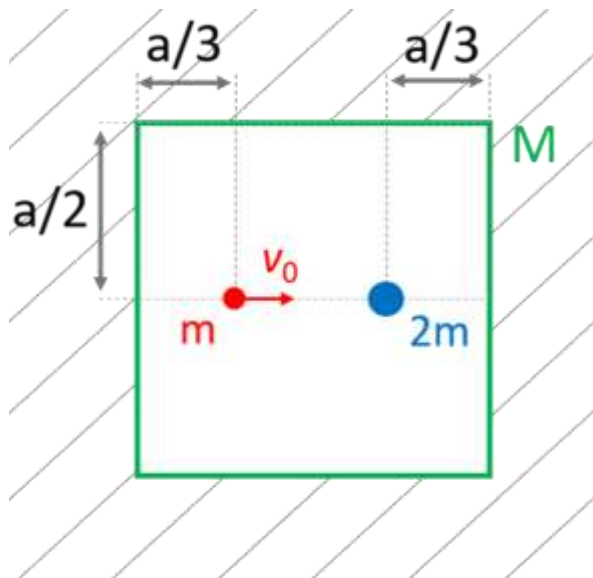
#### Задача 1

Бипризма Френеля представляет собой две склеенные прямоугольные треугольные призмы с малыми преломляющим углом  $\alpha$  порядка десятых долей градуса. Бипризма освещается параллельным пучком света, падающим перпендикулярно основанию. Показатели преломления призм равны  $n_1$  и  $n_2$ . Найдите ширину основания бипризмы  $a$ , если на экране, расположенном на расстоянии  $L$  от бипризмы и перпендикулярном падающему пучку света, наблюдается темная полоса шириной  $S$ .



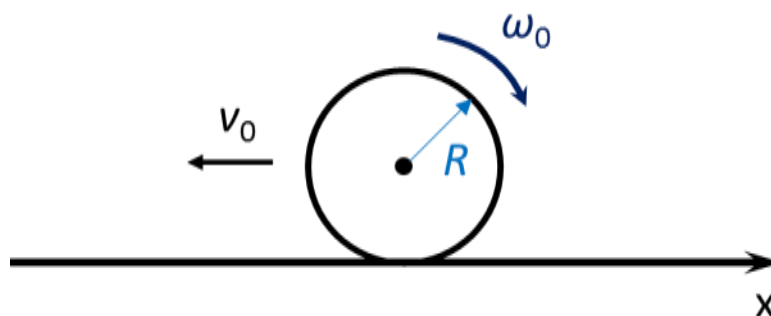
### Задача 2

Тонкостенный квадратный короб массой  $M$  (длина стороны основания  $a$ ) находится на горизонтальной плоскости. Внутри короба на расстоянии  $a/3$  от левой стенки расположен грузик массой  $m$ , на расстоянии  $a/3$  от правой стенки расположен грузик массой  $2m$ , причем оба грузика равноудалены от верхней и нижней стенок короба. В начальный момент первому грузику сообщают скорость  $v_0$  в направлении второго грузика. Считая, что трения в системе нет, все удары абсолютно упругие, а  $M = 4m$ , найдите на каком расстоянии от левой стенки произойдет второе столкновение грузиков.



### Задача 3

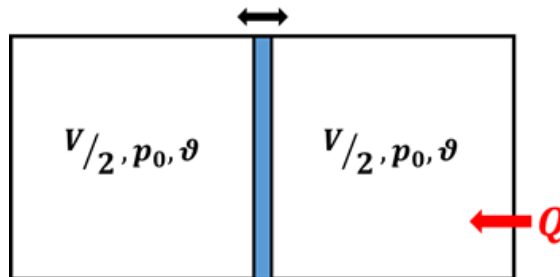
Гимнаст раскручивает тонкий обруч радиусом  $R$  до угловой скорости  $\omega_0$  вокруг его оси, а затем ставит его на пол спортивного зала и придает ему начальную скорость  $v_0$  в направлении вдоль пола так, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного 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 4

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  $\gamma = 5/3$ .

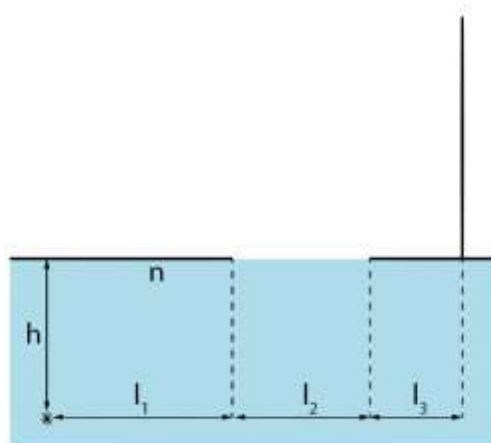
#### Задача 5

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.

#### 10 класс Вариант 4

#### Задача 1

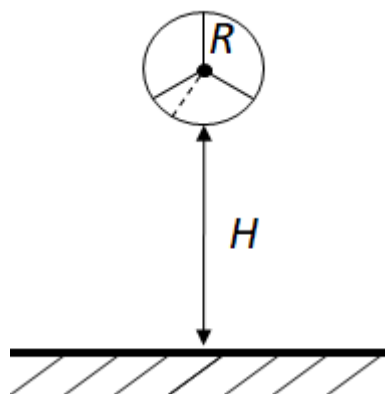
Точечный источник света установлен в жидкости с показателем преломления  $n$  на глубине  $h$  от границы раздела жидкости с воздухом. На поверхности жидкости расположен непрозрачный экран, в котором на расстоянии  $l_1$  по горизонтали правее источника света имеется отверстие шириной  $l_2$ , через которое свет может выходить из воды. На расстоянии  $l_3$  от правого края отверстия расположен вертикальный экран. Определите вертикальную протяженность  $S$  освещенной области экрана.





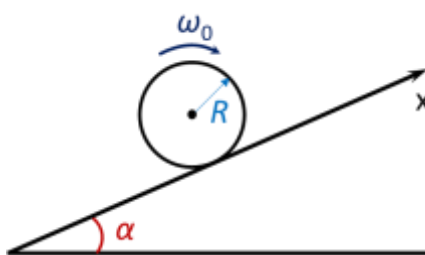
## Задача 2

Внутри шара массой  $M$  и радиусом  $R$  на невесомых нерастяжимых нитях закреплен пластилиновый груз массой  $m$  ( $M = 2m$ ). Шар сбрасывают с нулевой начальной скоростью с высоты  $H = 6R$  над полом. При столкновении с полом нити, укрепляющие груз внутри шара, обрываются, а сам шар упруго отскакивает. Определите, на какую высоту поднимется система после отскакивания. Размерами пластилинового груза можно пренебречь. При столкновении с внутренней поверхностью шара пластилиновый груз прилипает к ней.



## Задача 3

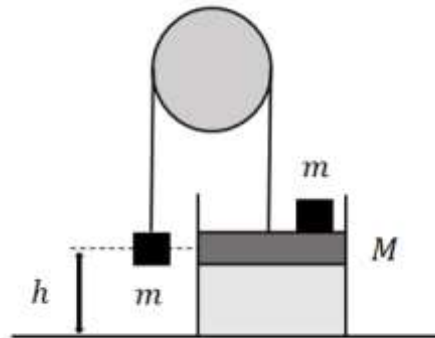
Тонкий обруч радиусом  $R$  раскрутили до угловой скорости  $\omega_0$ , а затем поставили на бесконечную наклонную плоскость с углом наклона  $\alpha$ , как показано на рисунке. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и обручем равен  $\mu$ , причем  $\mu > \tan \alpha$ . Постройте график зависимости 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 4

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, ждут 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.



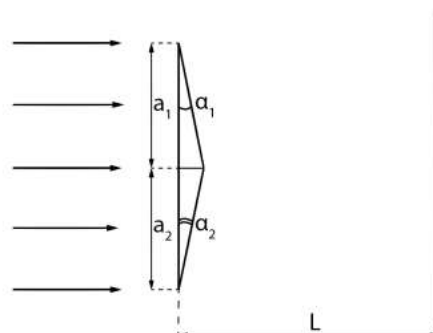
#### Задача 5

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.

#### 10 класс Вариант 5

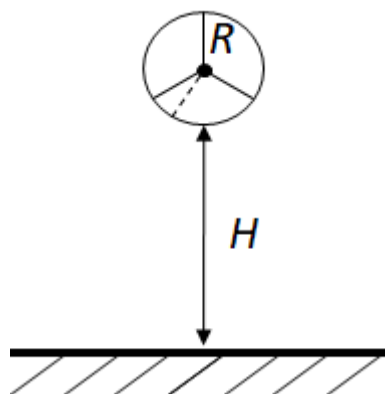
#### Задача 1

Бипризма Френеля представляет собой две склеенные прямоугольные треугольные призмы с малыми преломляющим углом порядка десятых долей градуса. Бипризма освещается параллельным пучком света, падающим перпендикулярно основанию. Длина основания и преломляющий угол первой бипризмы  $a_1$  и  $\alpha_1$ , второй –  $a_2$  и  $\alpha_2$ . Показатели преломления призм равны. Определите показатель преломления призм, если на экране, расположенном на расстоянии  $L$  от бипризмы и перпендикулярном падающему пучку света, наблюдается темная полоса шириной  $S$ .



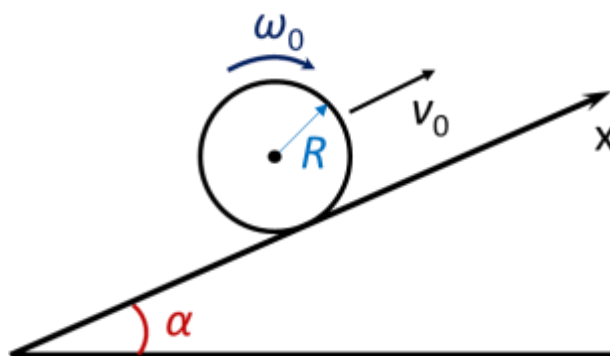
## Задача 2

Внутри шара массой  $M$  и радиусом  $R$  на невесомых нерастяжимых нитях закреплен пластилиновый груз массой  $m$  ( $M = m$ ). Шар сбрасывают с нулевой начальной скоростью с высоты  $H = 2R$  над полом. При столкновении с полом нити, укрепляющие груз внутри шара, обрываются, а сам шар упруго отскакивает. Определите, на какую высоту поднимется система после отскакивания. Размерами пластилинового шарика можно пренебречь. При столкновении с внутренней поверхностью шара пластилиновый груз прилипает к ней.



## Задача 3

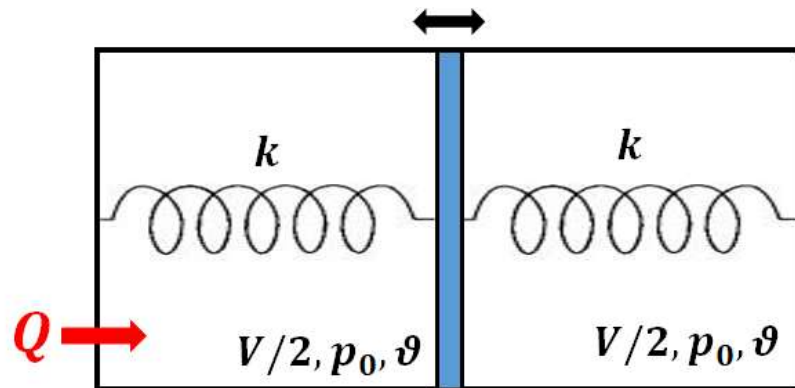
Тонкий обруч радиусом  $R$  раскрутили до угловой скорости  $\omega_0$ , а затем поставили на бесконечную наклонную плоскость с углом наклона  $\alpha$ , сообщив ему начальную скорость  $v_0$  вдоль плоскости, как показано на рисунке. Известно, что в начальный момент времени модуль скорости поступательного движения обруча был меньше модуля скорости вращательного движения. Коэффициент трения между наклонной плоскостью и обручем равен  $\mu$ , причем  $\mu > \operatorname{tg} \alpha$ . 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 4

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  $\nu$  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 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 5

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 вниз 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.