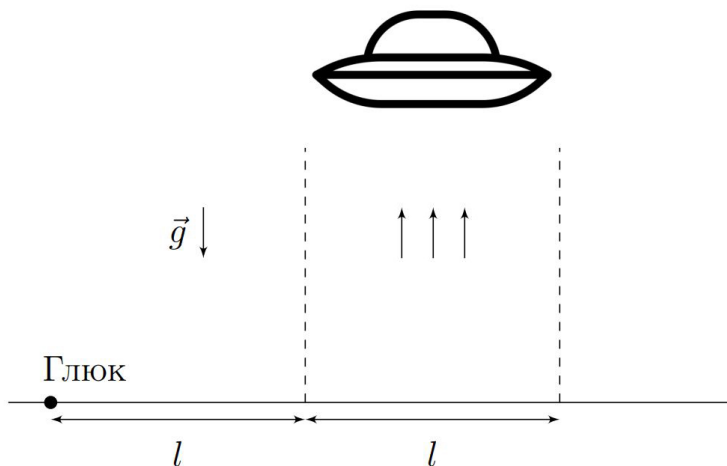


## 10 класс

### Теоретический тур

#### Задача №1. Опять 45?

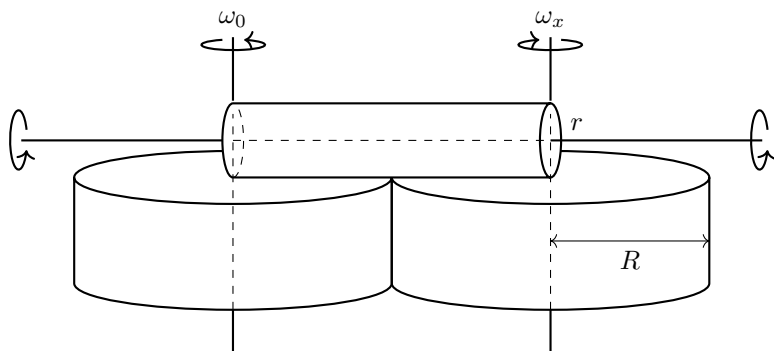
В фантастических фильмах иногда показывают, как НЛО захватывает тела на земле с помощью «притягивающего луча» (англ. «tractor beam»). Предположим, он устроен таким образом, что в небольшой вертикальной области пространства на любое произвольное тело массой  $m$  со стороны него действует сила  $\vec{F}_{\text{tb}} = -2m\vec{g}$ , направленная противоположно силе тяжести и вдвое превосходящая её по модулю (сила тяжести действовать, разумеется, не перестаёт). Экспериментатору Глюку приснилось, что он оказался на расстоянии  $l$  от такой области, ширина которой тоже  $l$  (см. рисунок).



1. С какой минимальной скоростью  $v_{m1}$  Глюк должен бросить камень с поверхности земли, чтобы он достиг притягивающего луча?
  2. С какой минимальной скоростью  $v_{m2}$  Глюк должен бросить камень, чтобы он пролетел область, ограниченную лучом, насквозь?
  3. Какова максимальная дальность броска  $L_{m2}$ , если начальная скорость камня равна  $v_0$  ( $v_0 \geq v_{m2}$ )?
  4. Найдите максимальную дальность броска  $L_{m3}$  в случае  $v_0 = v_{m2}$ .
- Считайте, что камень не отскакивает от земли, а НЛО находится так высоко, что камень ни при каких условиях не может в него попасть. Поверхность земли горизонтальна. Ускорение свободного падения  $g$ .

### Задача №2. Раскрутка трением

Два одинаковых диска с радиусами  $R$  насажены на параллельные вертикальные оси, на которых они могут вращаться без трения. Расстояние между осями чуть больше  $2R$ , так что между боковыми поверхностями дисков остаётся небольшой зазор. Верхние основания дисков лежат в одной горизонтальной плоскости. Цилиндрический валик радиуса  $r$ , длины  $2R$  может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, плоскость которой лежит в одной плоскости с осями дисков. Сам валик располагается между осями дисков и прижимается к верхним основаниям дисков с одинаковыми силами. Линия касания валика и дисков совпадает с радиусами дисков. Один из дисков вращается с помощью электродвигателя с постоянной угловой скоростью  $\omega_0$  и приводит во вращение из-за трения между соприкасающимися поверхностями валик, который в свою очередь раскручивает второй диск.



1. Определите установившуюся скорость вращения  $\omega_x$  второго диска.

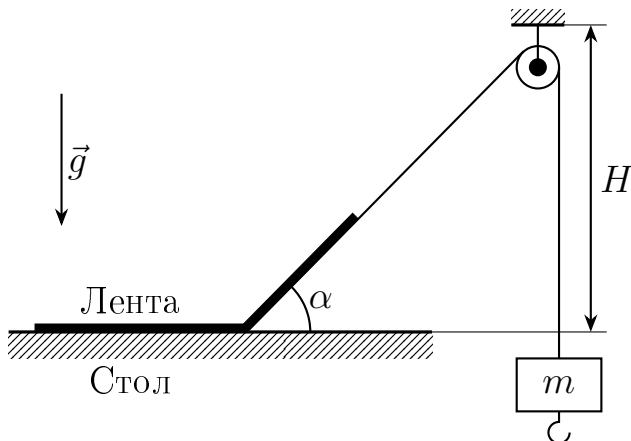
*Примечание.* При вращении твёрдого тела с постоянной угловой скоростью сумма моментов внешних сил относительно оси вращения равна нулю.

### Задача №3. Клейкая лента

Длинная клейкая лента шириной  $d = 2$  см приклеена к горизонтальной поверхности стола. Известно, что для того, чтобы оторвать единицу площади такой ленты от стола, нужно совершить работу  $\sigma = 10$  Дж/м<sup>2</sup> (считайте, что эта величина не зависит от угла, под которым тянут ленту). Лента является невесомой и нерастяжимой.

1. Под каким углом к горизонту и в каком направлении следует тянуть за конец ленты, чтобы сила, при которой лента начнёт отрываться от стола, была минимальной?
2. Один из концов ленты частично оторвали от стола и прикрепили к нему невесомую нить, переброшенную через маленький (по сравнению с длинами нити

и ленты) невесомый блок, расположенный на высоте  $H = 1$  м, как показано на рисунке. При этом угол между нитью и горизонтом составил  $\alpha_1 = 45^\circ$ . К другому концу нити прикрепили груз. При какой максимальной массе груза  $m$  система будет покоиться?

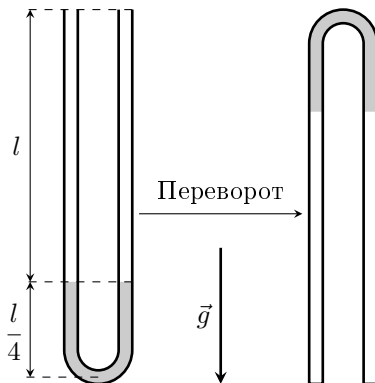


3. К первому грузу с максимально возможной массой  $m$  из предыдущего пункта прикрепили второй с неизвестной массой  $M$  и отпустили без начальной скорости. Лента стала отрываться, и система пришла в движение. Спустя некоторый промежуток времени грузы остановились, а наклонный участок ленты оказался под углом  $\alpha_2 = 30^\circ$  к горизонту. Найдите массу второго груза  $M$ , расстояние  $\Delta h$ , на которое в результате сместились грузы, а также модули ускорений грузов в момент начала движения  $a_1$  и в момент остановки  $a_2$ .

Ускорение свободного падения примите равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

#### Задача №4. Трубка со ртутью

В U-образную трубку, расположенную вертикально открытыми концами вверх, залили ртуть, после чего концы трубки запаяли. Радиус закругления внизу трубки и внутренний диаметр трубки много меньше длины прямых участков. Длина столбиков воздуха в исходном положении составляла  $l = 625$  мм, длина столбиков ртути справа и слева от места изгиба трубки равнялась  $l_2 = l/4$  (см. рисунок). Трубку повернули вокруг горизонтальной оси на  $180^\circ$ . Через некоторое время ртуть заняла устойчивое положение равновесия.



1. На какое расстояние  $h_0$  сместятся концы столбика ртути после переворота, если в конечном состоянии температура не изменится и будет равна  $T_0$ ?
  2. На какое расстояние  $h_1$  сместятся концы столбика ртути, если температуру ртути и воздуха в трубке уменьшить до  $T_1 = 0,8T_0$ ?
  3. На какое расстояние  $h_2$  сместятся концы столбика ртути, если температуру ртути и воздуха в трубке уменьшить до  $T_2 = 0,7T_0$ ?
  4. Докажите устойчивость положения равновесия, найденного в п.3.
- Капиллярными эффектами и колебаниями столбика ртути можно пренебречь. Ускорение свободного падения равно  $g$ . Атмосферное давление во время эксперимента  $P_A = 750$  мм.рт.ст.

### Задача №5. Термистор

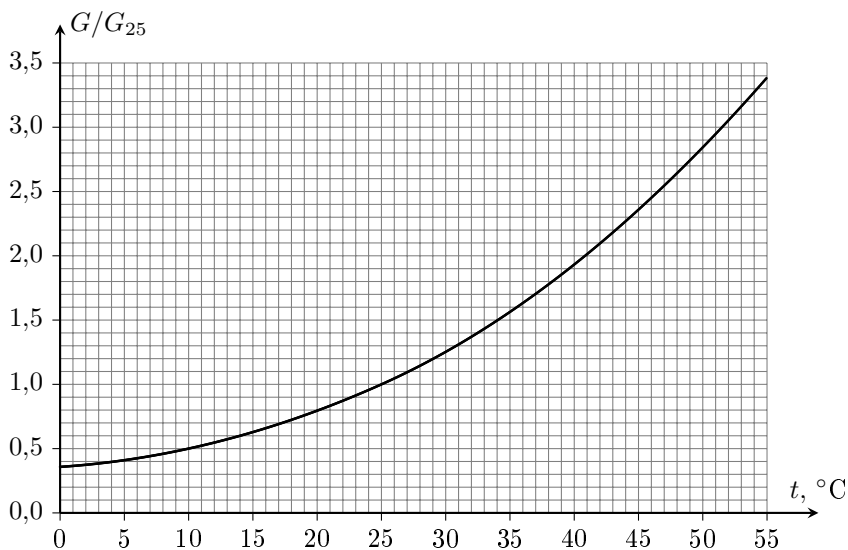
Для измерения температуры можно использовать термистор — элемент, проводимость  $G$  которого сильно зависит от его температуры. На графике этой зависимости, представленном на отдельном листе,  $G_{25}$  — проводимость термистора при  $25^\circ\text{C}$ . Термистор подключается последовательно к источнику постоянного напряжения и амперметру, показания которого встроенный компьютер переводит в числовое значение температуры, выводимое на экран. Известно, что при номинальном напряжении источника экран показывает **верное** значение **температуры термистора**. Экспериментатор Глюк решил поэкспериментировать с этим прибором в собственной лаборатории. Оказалось, что при реальном значении температуры воздуха  $27^\circ\text{C}$  и поданном на термистор номинальном напряжении экран показывает  $29^\circ\text{C}$ . При ответе на вопросы 1 и 2 считайте, что напряжение на термисторе равно номинальному.

1. При какой температуре воздуха  $t_1$  экран прибора показал бы значение, превышающее  $t_1$  на  $1^\circ\text{C}$ ?
2. Какое значение показал бы экран прибора при температуре воздуха  $38,5^\circ\text{C}$ ?
3. Продолжая эксперименты, Глюк увеличил напряжение источника, сделав его вдвое больше номинального. Какое значение температуры покажет экран в этом случае, если Глюк не менял настройки компьютера, а температура воздуха в лаборатории равна  $24^\circ\text{C}$ ?

Амперметр считайте идеальным. Мощность тепловых потерь пропорциональна разности температур тела и окружающей среды. Термистор во всех экспериментах находится в воздухе, не контактируя с другими предметами, а все измерения проводятся в установившемся режиме.

*Примечание:*

1. Проводимостью элемента электрической цепи называется физическая величина, равная отношению силы тока, текущего через данный элемент, к напряжению на этом элементе.



2. На отдельном листе приведены два одинаковых экземпляра графика зависимости проводимости термистора от его температуры. При сдаче работы этот лист вкладывается в решение участника.