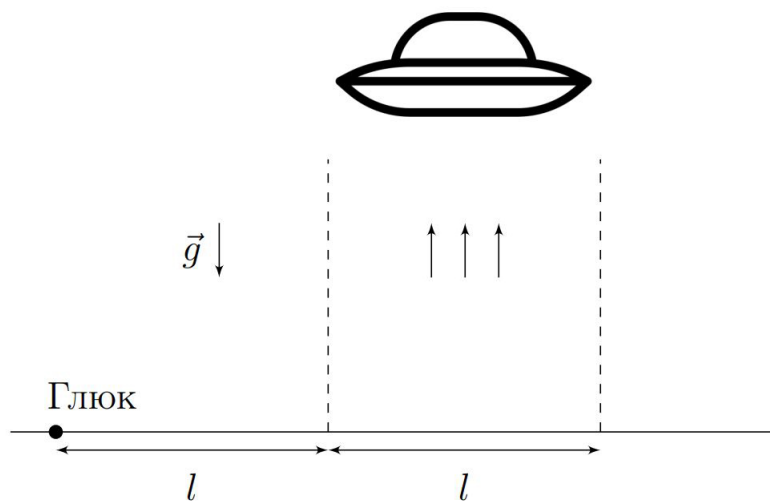


Всероссийская олимпиада школьников по физике

10 класс, региональный этап, 2025/26 год

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 $\vec{F}_{\text{тб}} = -2m\vec{g}$, направленная противоположно силе тяжести и вдвое превосходящая её по модулю (сила тяжести действовать, конечно, не перестаёт). Экспериментатору Глюку приснилось, что он оказался на расстоянии l от такой области, ширина которой тоже l (см. рисунок).

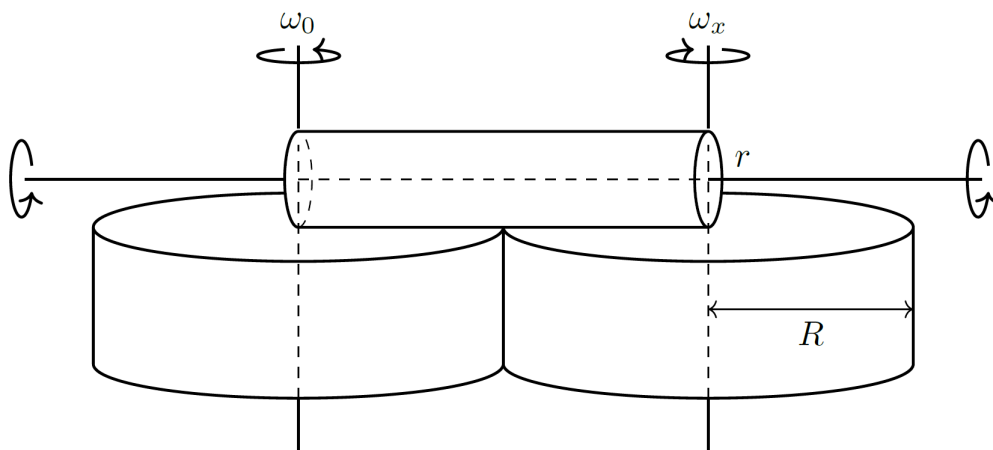


1. С какой минимальной скоростью v_{m1} Глюк должен бросить камень с поверхности земли, чтобы он достиг притягивающего луча?
2. С какой минимальной скоростью v_{m2} Глюк должен бросить камень, чтобы он пролетел область, ограниченную лучом, насквозь?
3. Какова максимальная дальность броска L_{m2} , если 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 .

$$l \left(\frac{v_0^2}{2g} + l \right) = \frac{v_0^2}{2g} + l \Rightarrow \frac{v_0^2}{2g} + l = \frac{v_0^2}{2g} + l$$

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 ω_0 и приводит во вращение из-за трения между соприкасающимися поверхностями валик, который в свою очередь раскручивает второй диск.



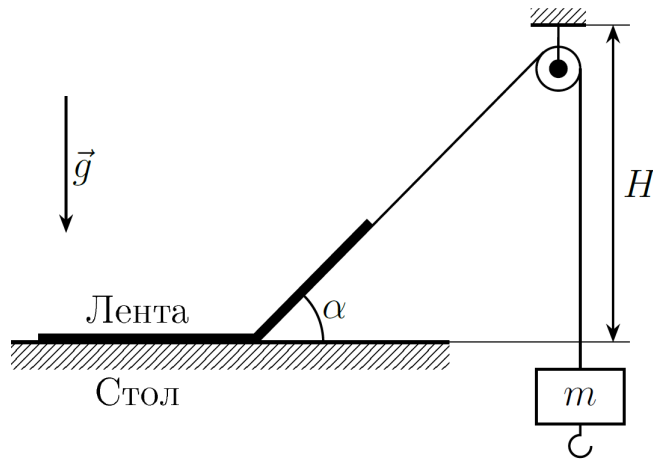
Определите установившуюся скорость вращения ω_x второго диска.

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

$$\boxed{(\mathbf{r} \wedge \mathbf{v})^0 = \mathbf{r} \cdot \mathbf{m}}$$

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/м² (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?

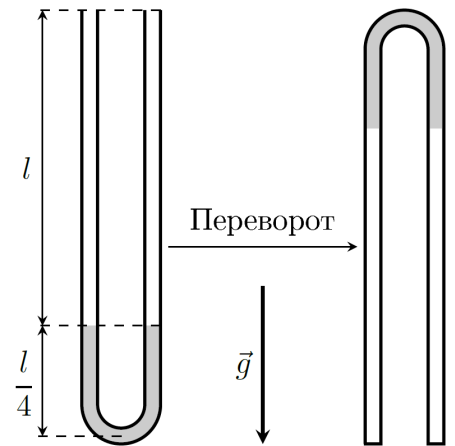


3. К первому грузу с максимально возможной массой m из предыдущего пункта прикрепили второй с неизвестной массой M и отпустили без начальной скорости. Лента стала отрываться, и система пришла в движение. Спустя некоторый промежуток времени грузы остановились, а наклонный участок ленты оказался под углом $\alpha_2 = 30^\circ$ к горизонту. Найдите массу второго груза M , расстояние Δh , 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

$$\begin{aligned} \frac{2}{3} \frac{m}{M} g \approx g - \frac{(2 \cos \alpha - 1)(M+m)}{\rho \Delta h} = a_1, \quad \frac{2}{3} \frac{m}{M} g \approx \frac{(2 \cos \alpha - 1)(M+m)}{\rho \Delta h} - g = a_2 \\ \frac{2}{3} \frac{m}{M} g \approx g - \left(\frac{2 \cos \alpha_1}{H} - \frac{2 \cos \alpha_2}{H} \right) \frac{\rho \Delta h}{\rho} = a_1, \quad \frac{2}{3} \frac{m}{M} g \approx \left(\frac{2 \cos \alpha_1}{H} - \frac{2 \cos \alpha_2}{H} \right) \frac{\rho \Delta h}{\rho} - g = a_2 \\ \frac{2}{3} \frac{m}{M} g \approx \frac{g(2 \cos \alpha - 1)}{\rho} = a_1 \quad (2) \end{aligned}$$

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 $l = 625 \text{ мм}$, длина столбиков ртути справа и слева от места изгиба трубки равнялась $l_2 = l/4$ (см. рисунок). Трубку повернули вокруг горизонтальной оси на 180° . Через некоторое время ртуть занял 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 $P_A = 750 \text{ мм. рт. ст.}$

$$G_{25} \approx \frac{G_0}{\sqrt{1 + \alpha(T - T_0)}} \quad \text{где } G_0 = 172 \text{ мСм, } \alpha = 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

5. Термистор. Для измерения температуры используют термистор — элемент, проводимость G которого сильно зависит от его температуры. На графике этой зависимости, представленном на [отдельном листе](#), G_{25} — проводимость термистора при 25°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°C и поданном на термистор номинальном напряжении экран показывает 29°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°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°C ?

Амперметр можно считать 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.

$$G_{25} \approx 172 \text{ мСм, } \alpha = 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

