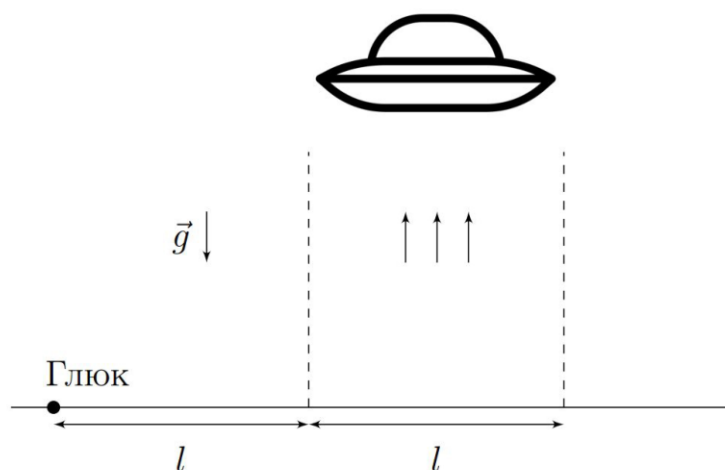


ВсОШ, 2025/26, региональный этап, 10 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике [Условия и ответы](#)

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 $\vec{F}_{tb} = -2m\vec{g}$, 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 $v_0 = v_{m2}$.

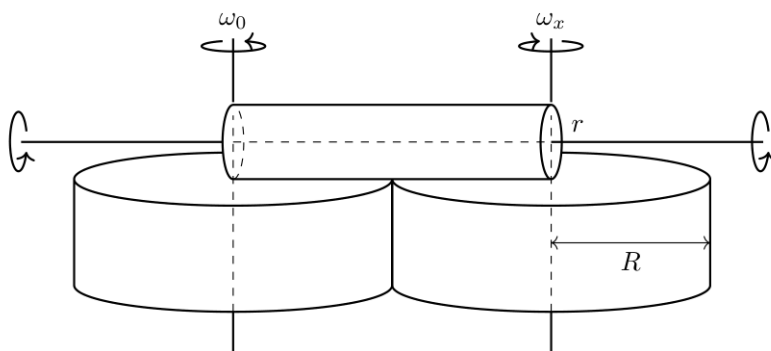
Считайте, что камень не отскакивает от земли, а НЛО находится так высоко, что камень ни при каких условиях не может в него попасть. Поверхность земли горизонтальна. Ускорение свободного падения g .

Ответ

- 1) $v_{m1} = \sqrt{gl}$; 2) $v_{m2} = \sqrt{2(2 - \sqrt{2})gl} \approx \sqrt{1,17lg}$; 3) $L_{m2} = 2l + \frac{v_0^2}{2g} + \sqrt{\left(2l + \frac{v_0^2}{2g}\right)^2 - 6l^2}$;
 4) $L_{m3} = (2 + \sqrt{2})l \approx 3,41l$.

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



1. Найдите 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.

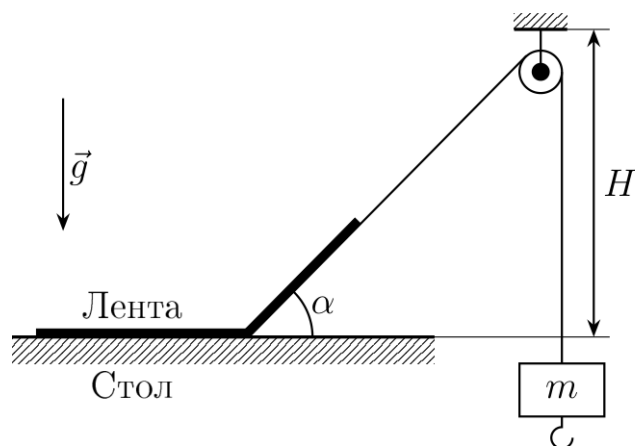
Ответ

$$\omega_x = \omega_0(\sqrt{2} - 1).$$

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/м² (считайте, что эта величина не зависит от угла, под которым тянут ленту). Ленту можно считать 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 .



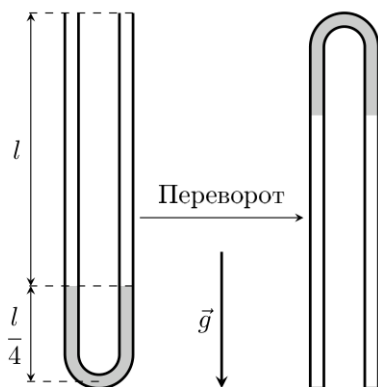
Ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ

1) $\alpha = 180^\circ$ — тянуть вдоль стола, загнув ленту назад над её приклеенной частью; тогда $F = \sigma d / (1 - \cos \alpha) = \sigma d / 2$; 2) $m = \frac{\sigma d}{(1 - \cos \alpha_1)g} \approx 68 \text{ г}$; 3) $M \approx 32 \text{ г}$, $\Delta h \approx 0,146 \text{ м}$, $a_1 \approx 3,2 \text{ м/с}^2$, $a_2 \approx 4,9 \text{ м/с}^2$.

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 $l = 625 \text{ мм}$, 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 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.

Ответ

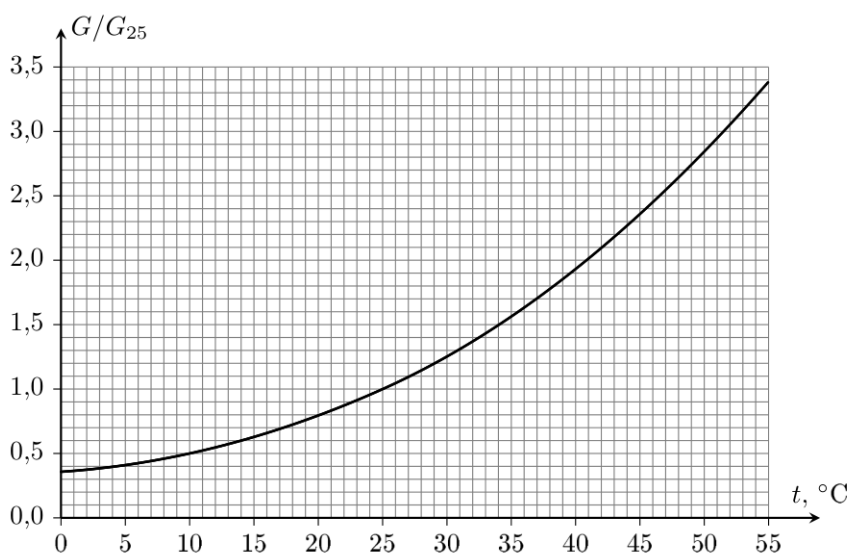
1) $h_0 = 0$; 2) $h_1 = l/5 = 125$ мм; 3) $h_2 = \sqrt{4L_2^2 + l^2} - 2L_2 \approx 172$ мм, где $L_2 = 0,7 \cdot 750 = 525$ мм (ртуть целиком переходит в одно колено); 4) при малом смещении x из этого положения разность сил давления воздуха $(\Delta P_1 + \Delta P_2)S > 0$ возвращает ртуть, а сила тяжести не меняется — равновесие устойчиво.

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°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 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.

Ответ

1) $t_1 = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2) $\approx 42\text{ }^{\circ}\text{C}$; 3) $t_* \approx 51,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (сам термистор при этом нагрет до $t_2 = 34\text{ }^{\circ}\text{C}$).