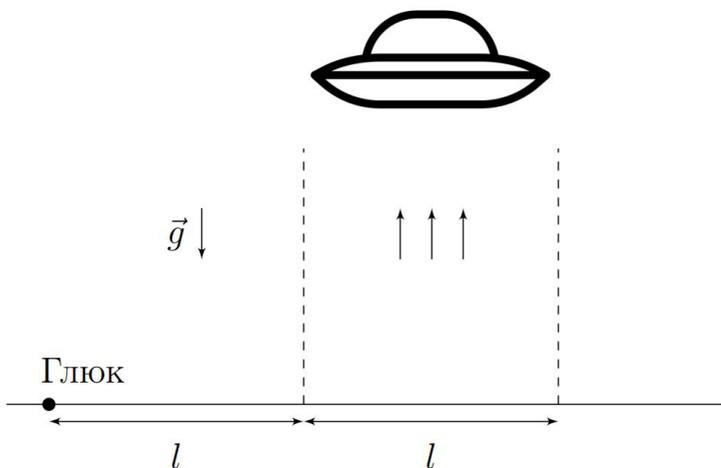


## 10 класс Теоретический тур

### Задача №1. Опять 45?

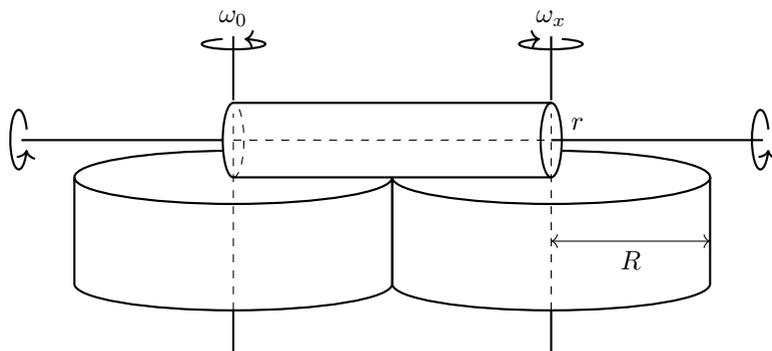
В фантастических фильмах иногда показывают, как НЛО захватывает тела на земле с помощью «притягивающего луча» (англ. «tractor beam»). Предположим, он устроен таким образом, что в небольшой вертикальной области пространства на любое произвольное тело массой  $m$  со стороны него действует сила  $\vec{F}_{\text{tb}} = -2m\vec{g}$ , 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. Найдите установившуюся скорость вращения  $\omega_x$  второго диска.

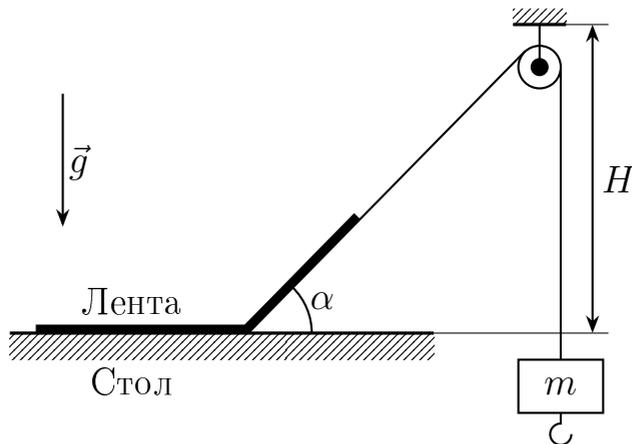
*Примечание.* При вращении твёрдого тела с постоянной угловой скоростью сумма моментов внешних сил относительно оси вращения равна нулю.

### 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?

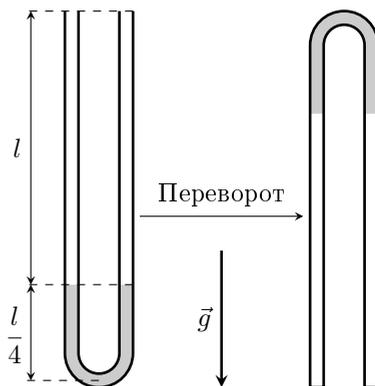


3. К первому грузу с максимально возможной массой  $m$  из предыдущего пункта прикрепили второй с неизвестной массой  $M$  и отпустили без начальной скорости. Лента стала отрываться, и система пришла в движение. Спустя некоторый промежуток времени грузы остановились, а наклонный участок ленты оказался 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

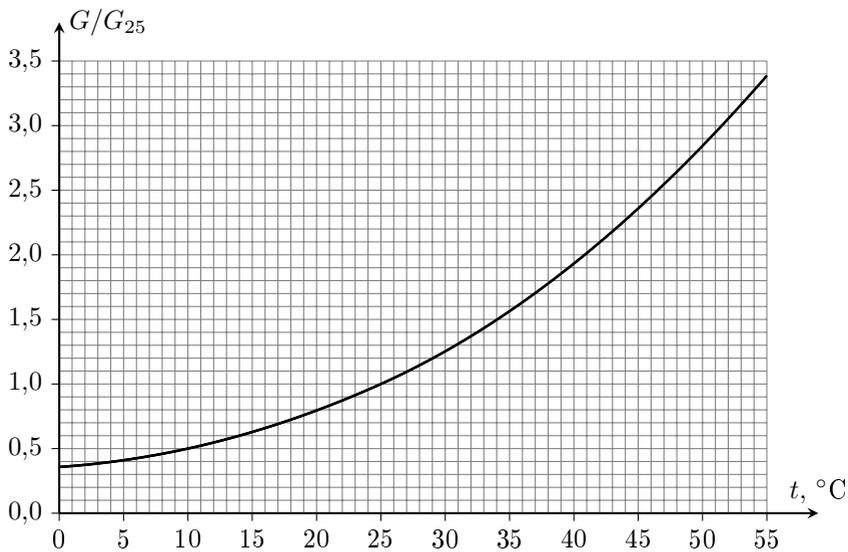
Для измерения температуры используется термистор — элемент, проводимость  $G$  которого сильно зависит от его температуры. На графике этой зависимости, представленном на отдельном листе,  $G_{25}$  — проводимость термистора при  $25$  °С. Термистор подключается последовательно к источнику постоянного 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  $27$  °С и поданном на термистор номинальном напряжении экран показывает  $29$  °С. 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  $1$  °С?
2. Какое значение показал бы экран прибора при температуре воздуха  $38,5$  °С?
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  $24$  °С?

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.

## 10 класс Экспериментальный тур

### Задача №1. Пружина на весах

#### Оборудование

Пружина «Slinky», электронные весы, деревянная линейка 40 см, деревянная линейка 20 см, 2 деревянных прямоугольных брусочка, малярный скотч, миллиметровая бумага для графиков.

#### Задание

0. Запишите номер установки.

1. Измерьте зависимость веса пружины  $P$ , установленной на весы одним из оснований, от вертикальной координаты  $x$  верхнего витка пружины. Полученные данные представьте в виде:  $\Delta P = P - P_0$ , где  $P_0$  – вес всей пружины и  $\Delta x = x - x_0$ , где  $x_0$  – вертикальная координата верхнего витка пружины, когда вся пружина покоилась на весах.

2. Предложите теоретическую зависимость  $\Delta P(\Delta x)$  для большого числа витков, изменивших своё положение.

3. На основании полученных данных пункта 1 с помощью графика проверьте соответствие теории и эксперимента.

4. Используя результаты пунктов 2 и 3, найдите коэффициент жёсткости одного витка пружины и оцените его погрешность.

5. Оцените момент силы, создаваемый пружиной при повороте одного её конца относительно другого на один оборот вокруг оси симметрии цилиндрической части пружины. Опишите свой метод.

#### Примечание

- Ускорение свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .
- Проверьте выданную пружину: не должно быть слитых витков, все витки должны быть ровными и в нерастянутом состоянии плотно прилегать друг к другу.

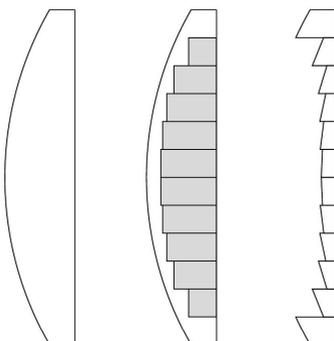
## 10 класс Экспериментальный тур

### Задача №2. Оптический «сэндвич»

**Оборудование:** фонарик, установка для фиксации фонарика, две одинаковые линзы Френеля, экран, четыре канцелярских зажима, мерная лента, шприц 5 мл с глицерином (показатель преломления глицерина  $n_{\text{г}} = 1,47$ ), 10 салфеток для поддержания чистоты. Ножницы и скотч — по требованию.

#### Задание

Линза Френеля может быть изготовлена следующим образом: из сегмента прозрачного шара, вырезают плоские «неработающие» части. Оставшиеся части переносят на одну плоскость, как показано на рисунке. Оптические свойства такой линзы почти идентичны свойствам обычной линзы, т.к. все кольца имеют одинаковую оптическую силу и расположены в одной плоскости.



«Обычная» линза и линза Френеля

Рассмотрим тонкую линзу, у которой одна сторона плоская, а другая имеет радиус кривизны  $R$ . В воздухе её оптическая сила может быть найдена по формуле

$$D = \frac{n - 1}{R},$$

где  $n$  — показатель преломления материала линзы; знак «плюс» соответствует плоско-выпуклой линзе, а знак «минус» — плоско-вогнутой.

1. Определите фокусное расстояние одной линзы  $F_0$ . Приведите схему установки и опишите метод нахождения фокусного расстояния.

Если между двумя линзами Френеля капнуть немного жидкости, а затем прижать их друг к другу с помощью зажимов, то получившийся «сэндвич» тоже будет обладать свойствами тонкой линзы.

2а. Измерьте фокусное расстояние  $F_1$  «сэндвича», в котором линзы Френеля прижаты плоскими сторонами.

2б. Измерьте фокусное расстояние  $F_2$  «сэндвича», в котором ребристая сторона одной линзы прижата к плоской стороне другой.

3. Определите радиус кривизны неплоской поверхности линзы Френеля.

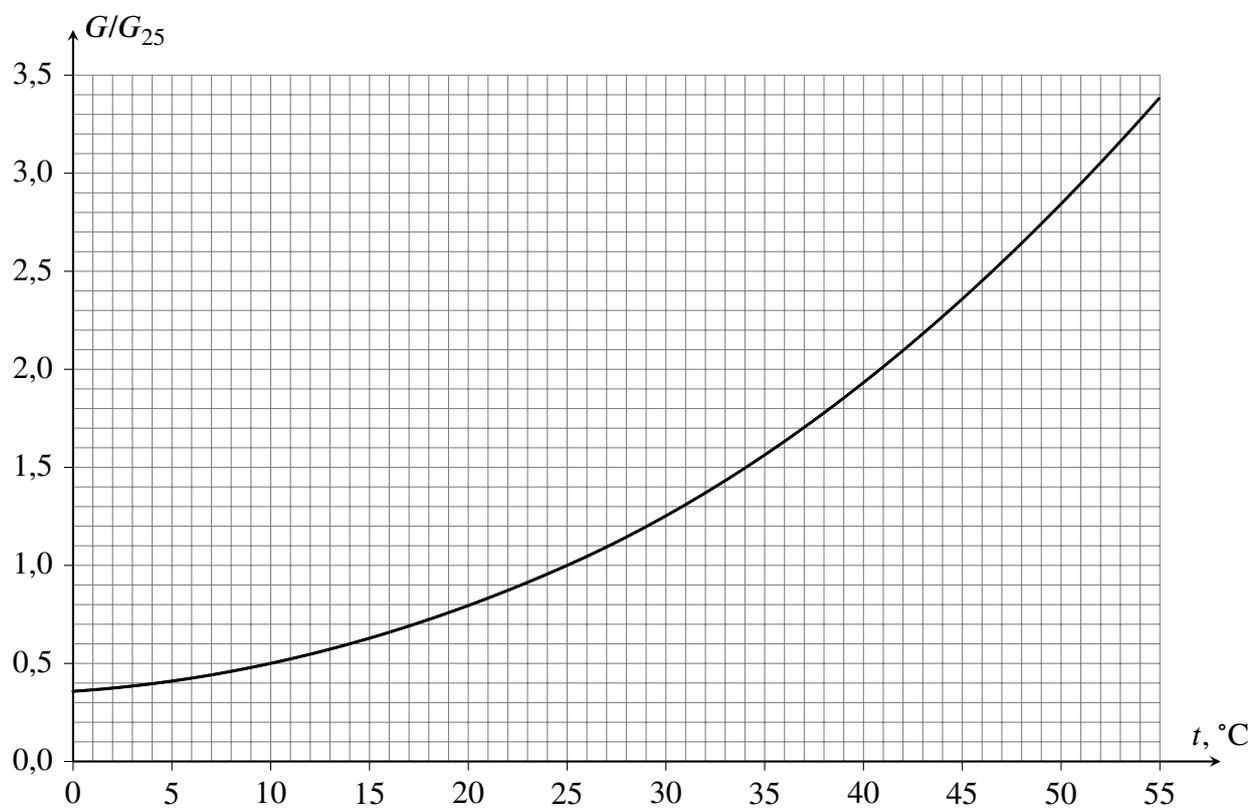
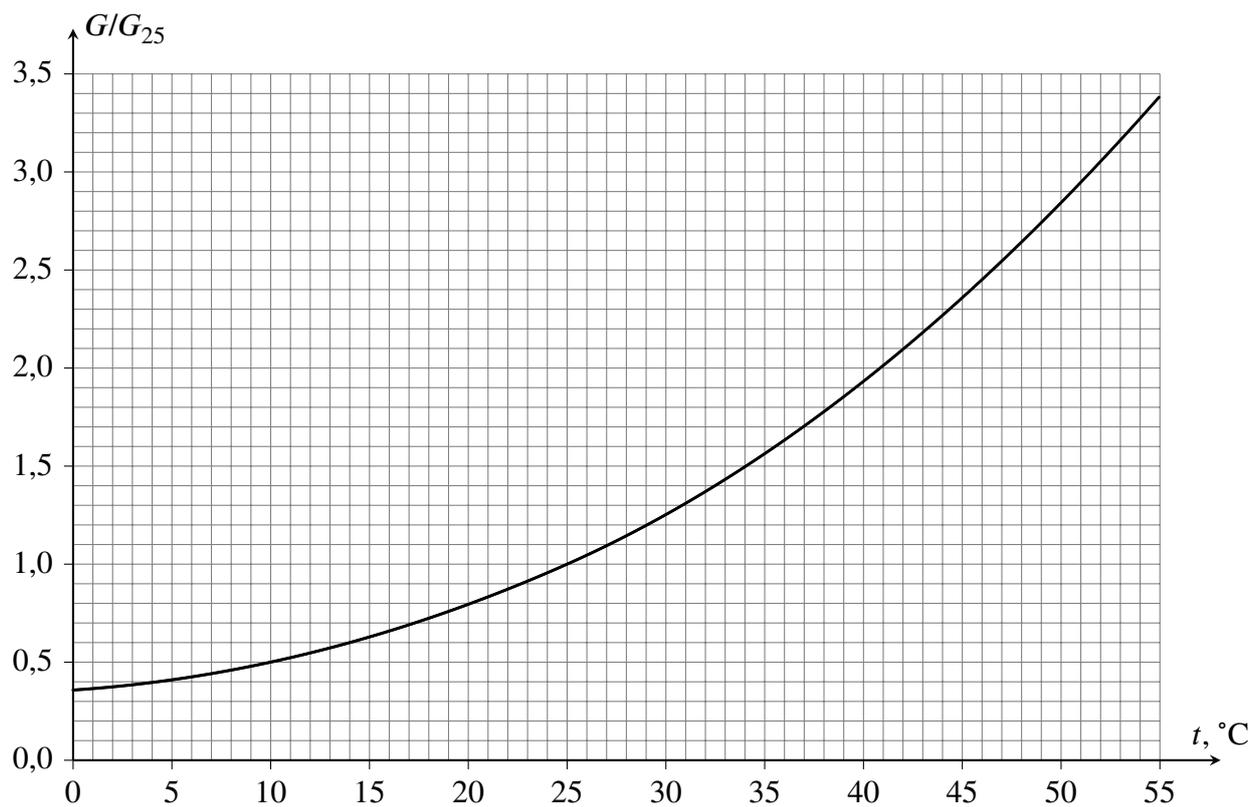
4. Определите показатель преломления пластика, из которого изготовлены линзы.

5. Определите фокусное расстояние  $F_3$  «сэндвича», в котором линзы Френеля прижаты ребристыми сторонами.

*Оценка погрешностей в этой задаче не требуется.*

### **Примечания**

- Небольшие пятна глицерина можно протереть сухой салфеткой. Если прольёте много — попросите у организаторов влажную тряпку.
- Приклеивать скотч к линзам Френеля **запрещено!**



Лист необходимо сдать вместе со своими решениями!