

## Решения

9 класс

### Задача 1: “Микроскоп”

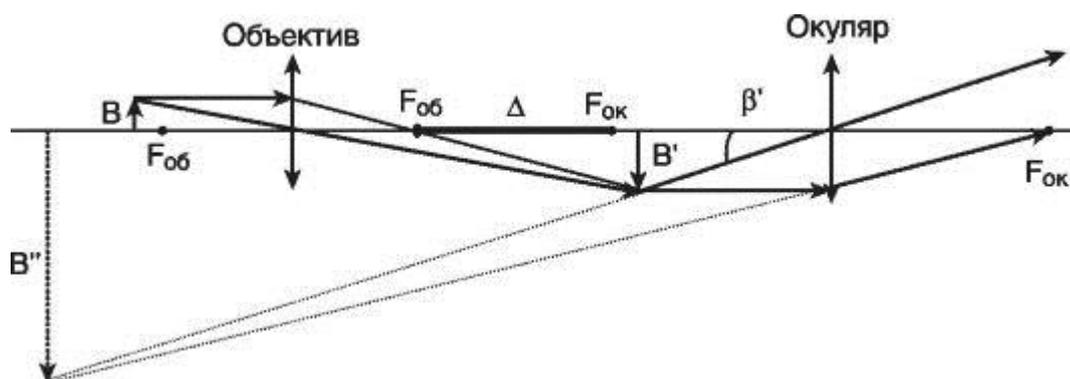
Задание:

1. Соберите из предложенного оборудования микроскоп и определите его увеличение.
2. Измерьте средний диаметр крупинки сахарного песка.

Оборудование: две лупы, линейка, штатив, лапка, лист бумаги, сахар.

### Решение

Простейший микроскоп состоит из двух собирающих линз: короткофокусного объектива и окуляра.



Предмет  $B$  помещается вблизи переднего фокуса объектива ( $F_{об}$ ) с таким расчетом, чтобы его действительное, увеличенное изображение  $B'$  находилось между окуляром и его передним фокусом. При этом окуляр дает мнимое увеличенное изображение  $B''$ , которое и рассматривает глаз. Изменяя расстояние между предметом и объективом, добиваются того, чтобы изображение  $B''$  оказалось в плоскости дальней аккомодации глаза (в этом случае глаз не утомляется). Для человека с нормальным зрением  $B'$  располагается в фокальной плоскости окуляра, а  $B''$  получается на бесконечности.

Основной характеристикой микроскопа является его угловое увеличение.

Увеличение микроскопа – отношение угла зрения  $\beta'$ , под которым видно изображение предмета в окуляре, к углу зрения  $\beta$ , под которым предмет виден «невооруженным» глазом с расстояния наилучшего зрения  $a_0$ :

$$\Gamma = \beta'/\beta .$$

Увеличение микроскопа зависит от фокусных расстояний объектива и окуляра, а также от оптической длины тубуса  $\Delta$  – расстояния между задним фокусом объектива и передним фокусом окуляра (на рис. соответствующий отрезок оптической оси между точками  $F_{об}$  и  $F_{ок}$  выделен жирной линией).

Увеличение микроскопа для нормального глаза:

$$\Gamma = \frac{a_0 \Delta}{F_{об} F_{ок}},$$

где  $a_0 = 25$  см – расстояние наилучшего зрения (приведено значение для нормального зрения),  $\Delta$  – длина тубуса,  $F_{ок}$  и  $F_{об}$  – фокусные расстояния окуляра и объектива.

Фокусные расстояния линз можно было определить путем получения изображения удаленного источника света (потолочной лампы) на столе или листе бумаги. Линзу с меньшим фокусным расстоянием выбираем в качестве объектива, с большим – в качестве окуляра. Для нашего случая  $F_{об} = 16$  см (или 13 см для некоторых линз),  $F_{ок} = 18$  см.

Длину тубуса  $\Delta$  можно оценить с помощью формулы тонкой линзы:

$$\Delta \leq f_1 - F_1 = \frac{F_1 d_1}{d_1 - F_1} - F_1, \text{ где } d_1 - \text{расстояние от первой линзы до предмета, } f_1 -$$

расстояние от первой линзы до изображения, даваемого первой линзой.

При  $d_1 = 25$  см и  $F_{об} = 16$  см получим:  $\Delta = 28$  см,  $\Gamma = 2.4$ . Расстояние от первой линзы до второй  $l = F_{об} + \Delta + F_{ок} \leq f_1 + F_{ок}$ . При  $d_1 = 25$  см имеем  $l = 62$  см.

Можно было подобрать положения линз, не проводя расчета, меняя их положения и наблюдая видимую картину. Для определения увеличения после подбора расстояния необходимо сопоставить видимый через систему линз размер одного деления миллиметровки и соответствующую ему длину над второй линзой, измеряемую линейкой.

Для определения среднего размера крупинок сахарного песка необходимо было их выложить в ряд вдоль миллиметровки под нижней линзой и сосчитать количество крупинок.

Разбалловка:

1. Построен ход лучей в линзах – 2 балла
2. Определены фокусные расстояния линз – 2 балла
3. Оценены расстояния между линзами – 3 балла
4. Собрана установка и найдены расстояния экспериментально – 2 балла
5. Определено увеличение системы – 2 балла
6. Определен средний размер крупинок сахара путем усреднения одиночных измерений размера – 1 балл

7. Определен размер крупинок сахара путем выкладывания в ряд и нахождения отношения длины ряда к количеству крупинок – 3 балла
8. Оценена погрешность – 1 балл

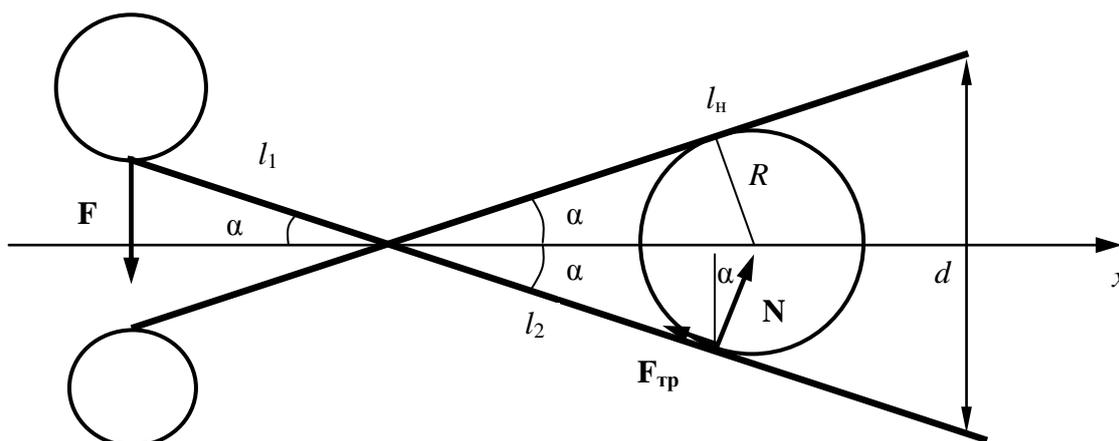
## Задача 2: “Ножницы”

Задание:

1. Определите коэффициент трения стали о сталь.
2. Определите коэффициент трения стали о бумагу.
3. Определите предельное отношение силы, прикладываемой к ножницам рукой к максимальному усилию, выдерживаемому бумагой

Оборудование: ножницы, два гвоздя разных диаметров, лист бумаги, линейка

Решение



Из условия равенства моментов сил в рычаге получаем:  $M = Fl_1 \cos \alpha = Nl_2$ .

Учитывая, что  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{l_2}$ , для силы нормального давления лезвия на проволоку

получим:

$$N = \frac{Fl_1 \cos \alpha}{l_2} = \frac{Fl_1 \cos \alpha}{R/\operatorname{tg} \alpha} = \frac{Fl_1 \sin \alpha}{R}.$$

Условие того, что проволока не будет выскальзывать из ножниц, можно найти, спроектировав силы нормального давления лезвия и трения на ось  $x$ :

$$F_{\text{тр}} \cos \alpha \geq N \sin \alpha, \quad \mu N \cos \alpha \geq N \sin \alpha,$$

$$\mu \geq \operatorname{tg} \alpha. \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{l_2} \quad (2)$$

Для повышения точности целесообразно использовать для нахождения угла следующее выражение:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d/2}{\sqrt{l_n^2 - (d/2)^2}} \quad (3)$$

Для определения коэффициента трения ножниц с бумагой можно было или многократно сложить лист бумаги, или обернуть бумагой гвоздь.

Отношение силы, прикладываемой к ножницам рукой к максимальному усилию, выдерживаемому бумагой

$$\frac{F}{N} = \frac{l_2}{l_1 \cos \alpha} = \frac{l_2 \sqrt{1 + \mu^2}}{l_1} \quad (4)$$

Разбалловка:

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Выведена формула (1)                      | 2 балла |
| 2. Выведена и использована далее формула (2) | 1 балл  |
| 3. Выведена и использована далее формула (3) | 3 балла |
| 4. Выведена формула (4)                      | 2 балла |
| 5. Определено $\mu_{\text{ст-ст}}$           | 2 балла |
| 6. Определено $\mu_{\text{ст-бум}}$          | 2 балла |
| 7. Найдено отношение сил                     | 2 балла |
| 8. Оценена погрешность                       | 2 балла |