

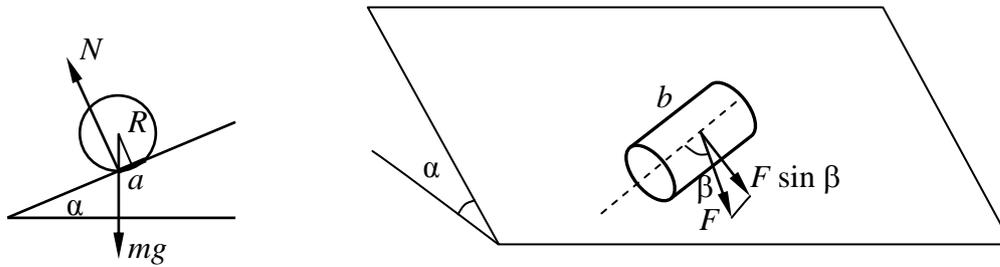
10 класс

Задача 1: “Цилиндр”

Задание: Определите площадь соприкосновения цилиндра с книгой.

Оборудование: стальной цилиндр, книга, монета, карандаш, линейка

Решение

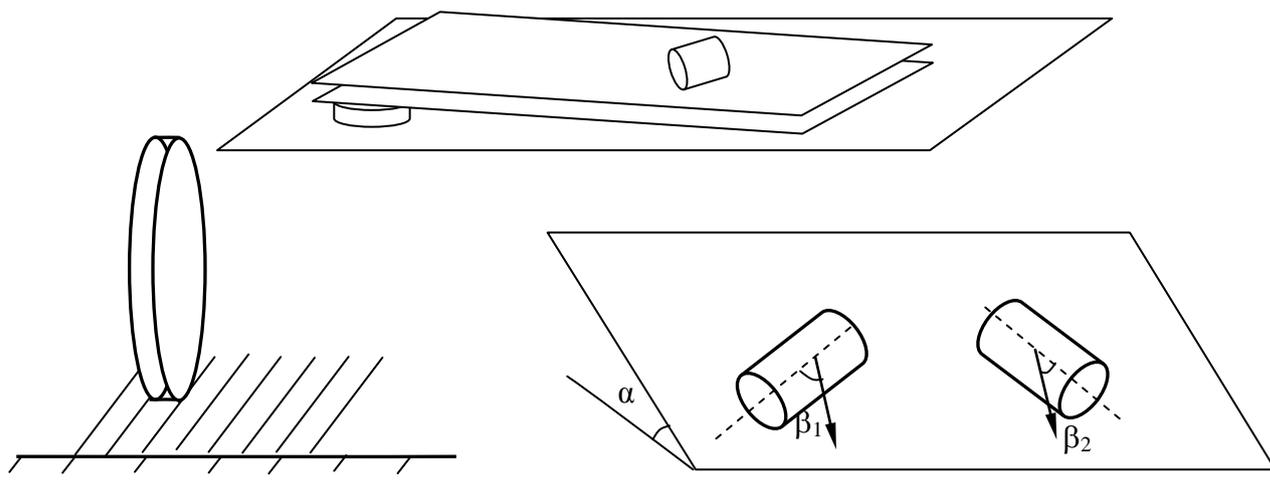


При качении цилиндра из-за сплющивания его нижней части и прогиба поверхности, на которой лежит цилиндр, возникает момент трения качения. Если a – ширина соприкасающейся с поверхностью книги части цилиндра, то момент трения качения может быть найден как $M_{\text{тр}} = N a/2$, где $N = mg \cos \alpha$ – нормальная реакция опоры. Если цилиндр ориентирован перпендикулярно наклону плоскости, на него действует момент силы тяжести $M = mgR \sin \alpha$. Ориентация цилиндра под углом β к направлению спуска приводит к уменьшению вращающего момента: $M = mgR \sin \alpha \sin \beta$. Граница равновесия цилиндра на наклонной плоскости определяется равенством моментов: $M = M_{\text{тр}}$, откуда получаем

$$a = \frac{2R \sin \alpha \sin \beta}{\cos \alpha}. \quad (1)$$

Площадь соприкосновения находится как $S = ab$, где b – длина цилиндра.

Для создания наклонной плоскости используем монету, подложенную под один из краев книги. При этом $\sin \alpha = \frac{h}{l}$, где h – толщина монеты, l – длина книги от края обложки до монеты. Поскольку угол α очень мал, можно считать, что $\cos \alpha = 1$. Наибольшую погрешность будет вносить точность определения толщины монеты и угла β , при котором нарушается равновесие и начинается качения цилиндра. Для повышения точности определения толщины монеты можно использовать последовательное прикладывание монеты ребром к бумаге с отчерчиванием ее края острым карандашом.



Для повышения точности определения угла β и компенсации наклона стола можно сначала с помощью цилиндра, положенного на твердую поверхность стола выбрать горизонтальное направление, затем вдоль него с помощью монеты и книги организовать наклонную плоскость. Находить границы равновесия цилиндра при поворотах по (β_1) и против (β_2) часовой стрелки, а сам угол β как среднее этих величин:
$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}.$$

Разбалловка:

- | | |
|--|----------|
| 1. Описан метод и выведено выражение (1) | 5 баллов |
| 2. Определена толщина монеты | |
| а. однократным измерением толщины линейкой | 1 балл |
| б. многократным отчерчиванием | 2 балла |
| в. Верное значение толщины $h = 0.22 \pm 0.01$ см | 2 балла |
| 3. Замерен угол или синус угла границы равновесия цилиндра | 2 балла |
| 4. Замерены 2 угла и найден средний | 4 балла |
| 5. Верно определена площадь | 1 балл |
| 6. Оценена погрешность | 1 балл |

10 класс. Задача 2: “Трение в шприце”

Задание:

1. Определите максимальное значение силы трения покоя поршня о стенки шприца.
2. Найти объем тела неправильной формы.

Оборудование: шприц с наклеенной миллиметровой бумагой, тело неправильной формы.

Примечание: пользоваться для выполнения эксперимента любыми жидкостями

запрещается.

Решение

Установим поршень шприца на деление, соответствующее максимальному объему $V_1 = 20$ мл. Заткнем пальцем отверстие шприца и сожмем его. После отпущения поршень останавливается в положении $V_2 < V_1$.

Запишем условие равенства сил и закон Бойля – Мариотта:

$$P_2 S = F_{mp} + P_a S, \quad P_a V_1 = P_2 V_2.$$

Тогда

$$F_{mp} = (P_2 - P_a) S = P_a S \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) = \frac{P_a V_1}{l_1} \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right). \quad (1)$$

Повторим опыт с помещенным внутрь шприца телом, при этом поршень остановится в положении V_3 , давление же по-прежнему будет определяться силой трения в поршне и вновь окажется равным P_2 :

$$P_a (V_1 - \Delta V) = P_2 (V_3 - \Delta V),$$

$$F_{mp} = (P_2 - P_a) S = P_a S \left(\frac{V_1 - \Delta V}{V_3 - \Delta V} - 1 \right) = \frac{P_a V_1}{l_1} \left(\frac{V_1 - \Delta V}{V_3 - \Delta V} - 1 \right) \quad (2)$$

Приравнивая левые и правые части (1) и (2), получим:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1 - \Delta V}{V_3 - \Delta V},$$

откуда получим:

$$\Delta V = \frac{V_1 (V_3 - V_2)}{V_1 - V_2}. \quad (3)$$

Разбалловка:

- | | |
|---|---------|
| 1. Описана методика | 1 балл |
| 2. Выведена формула для силы трения (1) | 1 балл |
| 3. Выведена формула (2). | 1 балл |
| 4. Получено выражение для объема тела (3) | 1 балл |
| 5. Проведены измерения объема V_2 по п. 2: | |
| однократные | 1 балл |
| многократные с последующим усреднением | 2 балла |
| 6. Проведены измерения объема V_3 для п. 4: | |
| однократные | 1 балл |
| многократные с последующим усреднением | 2 балла |
| 7. Данные сведены в таблицу | 2 балла |

8. Проведен корректный расчет силы трения	2 балла
9. Проведен корректный расчет объема тела	2 балла
10. Оценена погрешность	1 балла