

В. В. ШЕПЕЛЕВИЧ

МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЗАДАЧА ПО ФИЗИКЕ

В последние десятилетия появились специализированные книги, авторы которых делают акцент на экспериментальную постановку и решение задач. Это в первую очередь замечательная переводная книга американского автора Джирла Уокера «Физический фейерверк» [1]. Эта книга не дает подробного решения экспериментальных задач, но указывает на существование проблем, а также предлагает по каждой задаче список литературных источников, в которых содержится подробное решение.

Среди самых интересных сборников экспериментальных задач белорусских авторов следует назвать книгу Э.А. Довнара, Ю.А. Курочкина, П.Н. Сидоровича «Экспериментальные олимпиадные задачи по физике» [2]. Очень много экспериментального материала можно подобрать на основе задач из пособия для учителя Г.С. Кембровского, Н.И. Лазаренко, Д.Г. Лина и В.Ф. Шолоха «Подготовительные задачи к олимпиадам по физике» [3].

Серьезное внимание экспериментальным задачам уделяет белорусский научно-методический журнал «Фізика: праблемы выкладання».

Несмотря на наличие литературы, в арсенале учителя практически отсутствуют методические пособия, позволяющие ему подобрать цикл исследовательских экспериментальных задач с их подробным решением, исследованием, обсуждением возможных вариантов и приложений, проблем и трудностей.

С целью частичного устранения этого пробела мы предлагаем ниже пример экспериментальной задачи исследовательского характера.

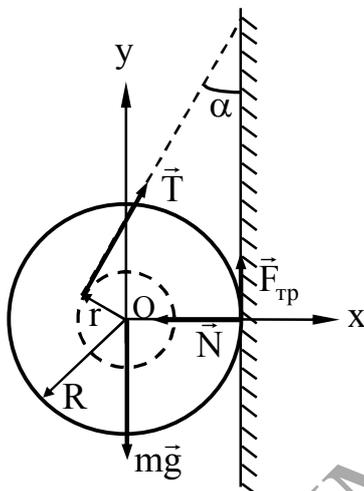


Рисунок 1 – Силы, действующие на катушку, висющую у стены

Катушка на стене

Эта задача сформулирована в [3] (№ 70). Там же приведено ее краткое решение.

Мы попытались поставить эту задачу как экспериментальную и обнаружили, что стандартная деревянная катушка для ниток не держится на стене ни при каком угле наклона нити. Это стимулировало нас к проведению анализа решения и модернизации обычной катушки.

Приведем условие задачи в формулировке, близкой к [3].

Катушка подвешена к вертикальной стене за намотанную на нее нить (рисунок 1). Масса катушки m , ее малый радиус r , большой – R , коэффициент трения катушки о стену μ . При каком наименьшем угле α катушка не будет скользить по стене?

Решение

Предположим, что катушка находится в состоянии равновесия (рисунок 1). Тогда сумма проекций всех действующих на катушку, на координатные оси должна быть равна нулю. Кроме того, должна обращаться в нуль и алгебраическая сумма моментов сил относительно любой выбранной точки.

$$\text{Ось } x: \quad T \sin \alpha - N = 0, \quad (1)$$

$$\text{Ось } y: \quad T \cos \alpha + F_{\text{тр}} - mg = 0, \quad (2)$$

$$\text{Точка } O: \quad T r - F_{\text{тр}} R = 0. \quad (3)$$

Здесь N – реакция опоры, $F_{\text{тр}}$ – сила трения покоя, mg – сила тяжести (точнее, модули этих сил).

Известно, что сила трения покоя определяется соотношением

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N. \quad (4)$$

Из условия задачи следует, что при некотором минимальном угле α катушка еще будет находиться в покое, а при меньшем α начнется ее соскальзывание со стены. Известно, что скольжение начинается, когда в формуле (4) используется знак равенства. Поэтому для определения критического угла α , при котором катушка еще покоится, в формуле (4) следует взять знак равенства, то есть

$$F_{\text{тр}} = \mu N. \quad (5)$$

Подставим выражение (5) в формулу (3), используя выражение N из равенства (1). Получим

$$T r - \mu T \sin \alpha R = 0.$$

Отсюда выражаем $\sin \alpha$:

$$\sin \alpha = \frac{r}{\mu R}. \quad (6)$$

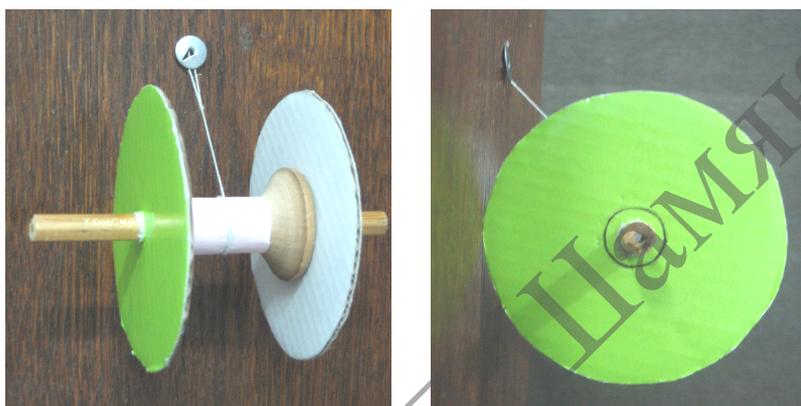
Анализ формулы (6) показывает, что область допустимых значений тригонометрической функции $y = \sin\alpha$ определяется неравенством

$$\frac{r}{\mu R} \leq 1. \quad (7)$$

Например, пусть $\mu = 0.2$. Тогда $\frac{r}{R} \leq \frac{1}{5}$ или $R \geq 5r$.

При невыполнении условия (7) катушка не сможет держаться на стене ни при каком угле α . Очевидно, для стандартной катушки ($R \approx 2r$) условие (7) не выполняется, поэтому она всегда соскальзывает со стены. В этом можно убедиться прямым экспериментом, используя в качестве модели стены деревянную доску. При измерении коэффициента трения доска устанавливается горизонтально, катушка нагружается и тянется без вращения по доске с помощью пружинного динамометра.

Приклеим к катушке два картонных диска с радиусами R , удовлетворяющими соотношению (7). В этом случае катушка держится у стены при некотором наименьшем угле α (рисунок 2). Кстати, по этому углу можно определить коэффициент трения картона о стену.



а – вид спереди; б – вид сбоку

Рисунок 2 – Катушка с приклеенными картонными дисками

Таким образом, обычная задача с помощью экспериментов с использованием элементов конструирования превращается в исследовательскую задачу. С ее помощью можно даже определять коэффициенты трения для различных материалов по измеренному минимальному углу α , при котором катушка еще не скользит по стене.

Справедливость полученного выражения для силы натяжения нити можно проверить, заменив верхнюю часть нити тонкой резиновой нитью. Отметив длину растяжения резиновой нити и подвесив к ней грузы известной массы, легко определить вес грузов, создающий растяжение, эквивалентное силе натяжения T . Полученный результат даст искомую силу натяжения нити T . Если катушка очень легкая, и это ведет к затруднениям с выбором эталонных грузов, ее можно утяжелить с помощью однородных одинаковых колец, прикрепляемых концентрично оси катушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уокер, Дж. Физический фейерверк / Дж. Уокер. – М.: Мир, 1988. – 298 с.
2. Довнар, Э.А. Экспериментальные олимпиадные задачи по физике / Э.А. Довнар, Ю.А. Курочкин, Л.Н. Сидорович. – Минск: Народная асвета, 1981. – 96 с.
3. Подготовительные задачи к олимпиадам по физике / Г.С. Кембровский [и др.]. – Минск: Народная асвета, 1984. – 144 с.