

К изучению кинетической энергии тела

С. М. Андрюшечкин (г. Омск)

В соответствии с примерной программой основного общего образования по физике [1, с. 72] учащихся знакомят с понятием кинетической энергии поступательного движущегося тела. В ряде учебников физики 7 класса [2, 3] сообщается, что кинетическая энергия движущегося тела определяется его массой и скоростью. Описывается ряд известных опытов (например, [4, опыт 84]), иллюстрирующих на *качественном* уровне высказанные утверждения. Приводится формула для расчета кинетической энергии

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

но нет обоснования данной *количественной* зависимости.

По этой причине ниже приводится описание экспериментальной работы, позволяющей установить характер функциональной зависимости кинетической энергии тела от его массы и скорости. Работа может быть проведена на факультативных занятиях или в рамках физического практикума [5, с. 30].

Экспериментальная работа**«Изучение зависимости кинетической энергии тела от его массы и скорости»**

Приборы и материалы: желоб, штатив лабораторный, лента измерительная, линейка измерительная, весы с разновесами, шарики одинакового размера, но разной массы, лист белой бумаги, лист копировальной бумаги.

Метод выполнения работы

Кинетическая энергия движущегося тела $E_{кин}$ определяется его массой и скоростью движения. Предположим, что зависимость кинетической энергии $E_{кин}$ тела от его массы m и скорости v является степенной функцией:

$$E_{кин} = Cm^a v^b, \quad (1)$$

где a, b – показатели степени,

C – некоторый постоянный множитель.

Целью данной работы является определение опытным путем показателей степени a и b .

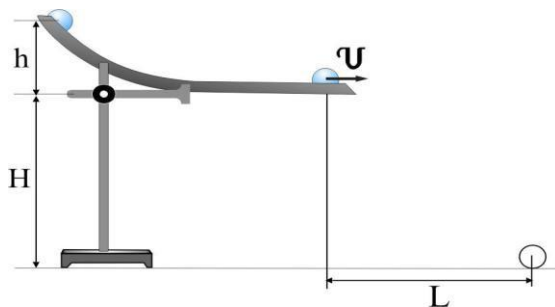


Рис. 1

В работе используется желоб, закрепленный на некоторой высоте H над поверхностью стола (рис.1). Шарик, скатившийся по желобу с высоты h , приобретает скорость v .

Если не принимать во внимание силу сопротивления воздуха, то можно считать, что при дальнейшем полете в горизонтальном направлении шарик движется с постоянной скоростью v (обоснуйте это). Скорость v легко рассчитать по формуле:

$$v = \frac{L}{t}, \quad (2)$$

где t – время движения шарика в горизонтальном направлении. (Оно, естественно, равно времени падения шарика с высоты H .) Если высоту расположения желоба H не менять, то при проведении опытов время падения шариков будет одно и то же (в этом легко убедиться на опыте).

Таким образом, о величине скорости v можно судить по дальности полета L :

$$v \sim L. \quad (3)$$

При движении шарика по желобу происходит превращение его потенциальной энергии в кинетическую. В соответствии с законом сохранения энергии:

$$mg(H + h) = E_{\text{кин}} + mgH.$$

(Трение шарика о желоб не учитываем).

Отсюда:

$$E_{\text{кин}} = mgh. \quad (4)$$

С учетом выражения (1) имеем:

$$Cm^a v^b = mgh. \quad (5)$$

Ход работы

Задание 1. Зависимость кинетической энергии тела от его массы

Проведите серии опытов с различными по массе шариками. При этом в пределах одной серии шарiki различной массы запускайте по желобу с определенной высоты h , изменяя ее только при переходе к другой серии измерений. Всякий раз измеряйте дальность полета шарика L . Для удобства измерения на лабораторный стол в месте предполагаемого падения шарика следует класть лист белой бумаги, а поверх него – копировальную бумагу. Тогда отпечаток, оставленный шариком на листе бумаги, позволит Вам более точно измерить дальность L .

Данные опытов занесите в таблицу 1.

Таблица 1. Дальность полета L шариков различной массы m (шарики различной массы запускаются с одинаковой высоты h).

Высота расположения желоба $H = \dots$

| Номер серии измерений | Высота h , см | Масса шарика m , г | Дальность полета L , см |
|-----------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|
| 1 | | $m_1 =$ | |
| | | $m_2 =$ | |
| | | $m_3 =$ | |
| 2 | | $m_1 =$ | |
| | | $m_2 =$ | |
| | | $m_3 =$ | |
| 3 | | $m_1 =$ | |
| | | $m_2 =$ | |
| | | $m_3 =$ | |
| 4 | | $m_1 =$ | |
| | | $m_2 =$ | |
| | | $m_3 =$ | |

Сравните дальность полета L шариков различной массы в пределах одной серии измерений.

Сделайте вывод, зависит ли скорость полета шариков от их массы.

Проанализируйте формулу (5) и сделайте вывод, каков должен быть показатель степени a , чтобы скорость шарика v не зависела бы от его массы m .

Примечание для учителя. Экспериментальные результаты, полученные учениками при выполнении задания 1, позволяют им сделать вывод о том, что **кинетическая энергия тела прямо пропорциональна его массе, $a = 1$.**

Задание 2. Зависимость кинетической энергии тела от скорости его движения

Приведите ряд измерений с шариком определенной массы. Запускайте шарик по желобу с различной высоты h и измеряйте дальность его полета L .

Таблица 2. Дальность полета L шарика при запуске его с различной высоты h .

Масса шарика $m = \dots$

Высота расположения желоба $H = \dots$

| | | | | | | | | |
|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Высота h , см | | | | | | | | |
| Дальность полета L , см | | | | | | | | |

Примечание для учителя. Ниже приводятся данные одного из опытов.

Масса шарика $m = 22,3$ г.

Высота расположения желоба $H = 47,5$ см.

| | | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Высота h , см | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,0 |
| Дальность полета L , см | 22,0 | 26,5 | 31,0 | 35,0 | 38,0 | 41,0 | 44,0 | 46,5 |

Соотношение (4) позволяет сделать вывод о том, что кинетическая энергия $E_{\text{кин}}$ шарика определенной массы пропорциональна высоте h , с которой запущен шарик

$$E_{\text{кин}} \sim h.$$

Соотношение (3) позволяет сделать вывод о том, что скорость v движения шарика пропорциональна дальности его полета L :

$$v \sim L.$$

Таким образом, для определения зависимости кинетической энергии тела $E_{\text{кин}}$ от его скорости v следует проанализировать график зависимости высоты h от дальности L полета шарика.

Используя полученные данные (таблица 2), постройте график зависимости кинетической энергии тела от его скорости. При этом по горизонтальной оси графика следует отложить значения скорости в условных единицах (L , см), а по вертикальной оси графика - значения кинетической энергии в условных единицах (h , см). В случае если кинетическая энергия тела прямо пропорциональна его скорости, то графиком зависимости $h = f(L)$ будет являться прямая линия.

Постройте также другой график – зависимость кинетической энергии (h) от квадрата скорости (L^2). В случае если кинетическая энергия тела прямо

пропорциональна квадрату его скорости, то графиком зависимости $h = f(L^2)$ будет являться прямая линия.

Проанализируйте построенные графики и сделайте вывод, какова зависимость кинетической энергии тела $E_{\text{кин}}$ от его скорости v .

Примечание для учителя. Экспериментальные результаты, полученные учениками при выполнении задания 2, и анализ построенных ими графиков позволяют сделать вывод о том, что *кинетическая энергия тела пропорциональна квадрату его скорости, $b = 2$.*

Выводы

Проведенные опыты позволяют выяснить, как кинетическая энергия тела зависит от его массы и скорости:

$$E_{\text{кин}} = Cmv^2. \quad (6)$$

Точные измерения кинетической энергии $E_{\text{кин}}$ тела известной массы m , поступательно движущегося с определенной скоростью v , позволяют рассчитать и значение множителя C .

Оказывается:

$$C = 1/2.$$

Таким образом, формула для расчета кинетической энергии тела имеет следующий вид:

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} \quad (7)$$

Так рассчитывается кинетическая энергия тела, движущегося поступательно. Если тело вращается, то для расчета кинетической энергии вращательного движения применяется иная формула.

Дополнительное задание

Используя формулу (7) для расчета кинетической энергии, выясните, как единицы измерения

- энергии и работы (джоуль),
- мощности (ватт),
- силы (ньютон)

связаны с единицами измерения массы (килограмм), расстояния (метр) и времени (секунда).

Литература

1. Сборник нормативных документов. Физика / Сост. Э.Д. Днепров, А.Г. Аркадьев. – М.: Дрофа, 2004.
2. Перышкин А.В.: Учеб. для общеобразоват. учреждений. - 8-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004.
3. Физика и астрономия: Учеб. для 7 кл. общеобразоват. учреждений / А.А. Пинский, В. Г. Разумовский, Ю.И. Дик и др.; Под ред. А.А. Пинского, В.Г. Разумовского. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 1999.
4. Демонстрационный эксперимент по физике в 6 -7 классах средней школы / Под ред. А.А. Покровского. – Изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Просвещение, 1974.
5. Андрияшечкин С.М. Физика в опытах и задачах. Факультативный курс. 7 класс. Учебное пособие. – Петропавловск, 2007.