

Лабораторная работа №3

Изучение законов сохранения на примере удара шаров и баллистического маятника

Цель: изучение законов сохранения импульса и энергии при неупругом ударе, определение скорости полёта пули и потерь энергии.

Место проведения: кабинет физики

Оборудование: виртуальная лаборатория.

Виды самостоятельной работы: проведение эксперимента, заполнение значениями физических величин таблицы, решение задач.

Краткая теоретическая справка

I. Основные понятия и определения.

Рассмотрим упругое и неупругое соударения тел на примере центрального соударения шаров (вектора скорости шаров совпадают с линией, соединяющей центры шаров). При этом будем различать два

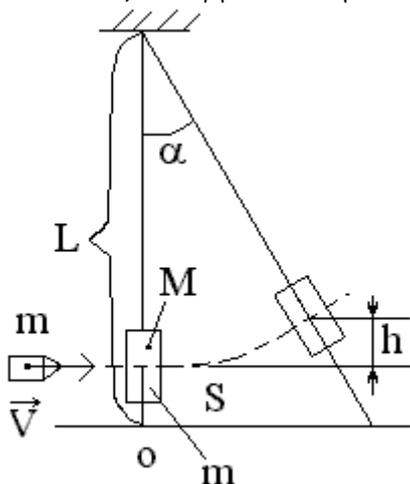


Рис.1.1. Баллистический маятник

типа удара:

— после удара тела движутся с разными скоростями — упругий удар. Если при этом полная механическая энергия шаров не меняется — абсолютно упругий удар.

— после удара тела движутся с одинаковыми скоростями (вместе) — неупругий удар.

При абсолютно упругом ударе выполняются законы сохранения энергии и импульса, которые можно записать (при

условии, что первый шар массы m , двигался со скоростью v_1 , а второй, массы m_2 , покоился) в виде:

$$m_1 v_1 = m_1 U_1 + m_2 U_2 \Rightarrow m_1 (v_1 - U_1) = m_2 U_2$$

$$m_1 v_1^2 = m_1 U_1^2 + m_2 U_2^2 \Rightarrow m_1 (v_1^2 - U_1^2) = m_2 U_2^2$$

Возводя первое уравнение в квадрат и поделив первое уравнение на второе, получим:

$$\frac{v_1 - U_1}{v_1 + U_1} = \frac{m_2}{m_1}$$

Проводя преобразования, получим:

$$U_1 = v_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$$

$$U_2 = v_1 \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$$

При неупругом ударе закон сохранения энергии не выполняется, и часть механической энергии переходит в энергию деформации W_{def} , так что уравнения примут вид:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2)U \Rightarrow U = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)}{2} U^2 + W_{def}$$

Отсюда потери энергии на деформацию:

$$W_{def} = \frac{m_1 v_1^2}{2} \left[1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2} \right]^2 = K_0 \frac{1}{1 + \frac{m_1}{m_2}}$$

Иногда вводят коэффициент потерь энергии:

$$\chi = \frac{W_{def}}{K_0} = \frac{1}{1 + \frac{m_1}{m_2}},$$

который зависит от соотношения масс ударяющего и ударяемого тел. При упругом ударе для характеристики потерь энергии вводят коэффициент восстановления, который равен:

$$k = \left| \frac{U_1 - U_2}{v_1 - v_2} \right|.$$

$$k = \frac{|U_1 - U_2|}{v_1}.$$

В рассматриваемой выше ситуации

II. Методика эксперимента.

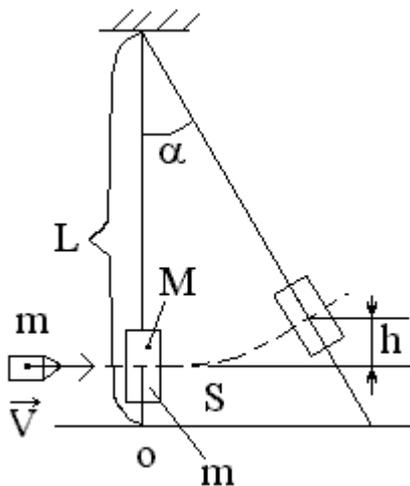


Рис.1.1. Баллистический маятник

Баллистический маятник представляет собой массивный диск массы M , подвешенный на стержне (рис. 1.). Для обеспечения неупругого удара на диск нанесён слой пластилина. Исходя из теории неупругого удара, можем записать $mv = (M + m)U$.

$$\frac{m + M}{2} U^2 = (m + M)gh$$

Следовательно, скорость системы диск-

пуля $U = \sqrt{2gh}$. Величина $h = L(1 - \cos \alpha) = 2L \sin^2 \frac{\alpha}{2}$.

Обычно мало $\sin \alpha \approx \alpha$. Учитывая изложенное, скорость пули определяется выражением:

$$v = \frac{M + m}{m} S \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (1.3)$$

Потери энергии при ударе определяются формулой (4):

$$\varepsilon_{\text{пот}} = W_{\text{деф}} = \chi K_0 = \chi \frac{mv_1^2}{2} \quad (1.4)$$

II. Проведение эксперимента и обработка результатов.

1. Перейдите на сайт <http://airgunpellets.narod.ru/misc/calc.html>
2. Проведите вычисления скорости методом маятника при заданных параметрах.
3. Далее проведите вычисление энергии пули.
4. Результат занести в таблицу.

Масса пуль: 10, 15, 20 г. Масса маятника 0,2 кг. Отклонение маятника 20, 22, 25 см. Длина подвеса 100 см.

m	\bar{S} , м	δS , м	η_s	v, м/с	χ	$\varepsilon_{\text{пот}}$, Дж
m ₁						
m ₂						
m ₃						

Выводы:

Требования к содержанию отчета

Структура отчёта:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- оборудование;
- ход работы;
- вывод;
- ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Как применить законы сохранения энергии и импульса в случаях центральных упругого и неупругого соударения шаров?
2. Как определить потери энергии при неупругом и коэффициент восстановления при упругом ударах.
3. Как определить скорость полёта пули с помощью баллистического маятника?
4. Как оценить результат измерений независимыми от измерений способами? (зависимыми способами?)