**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕ ВПОЛНЕ УПРУГОГО УДАРА ШАРА О ПОВЕРХНОСТЬ**

Зархидзе С. Д., Розова С. Е.
*ГБОУ Лицей № 533, Санкт-Петербург, Россия*

*ishejnman@yandex.ru*

Модели абсолютно упругого и абсолютно неупругого соударений являются крайними случаями частично упругого соударения, при котором часть энергии переходит в тепловую форму. Для описания общего случая не вполне упругого удара Ньютоном был введен коэффициент восстановления скорости шара. Нормальный коэффициент восстановления скорости определяют как отношение нормальной составляющей скорости касающейся поверхности шара после отскока от неподвижной стенки к составляющей скорости шара до удара, взятому с обратным знаком [1]. Если после соударения скорость шара полностью восстанавливается, то , потери энергии отсутствуют и удар абсолютно упругий. Если после соударения шар остается сплющенным и прилипает к стене, то удар абсолютно неупругий и .

Для определения коэффициента восстановления фиксировалась высота отскока шаров от горизонтальной поверхности при помощи закрепленной на штативе видеокамеры, установленной на достаточно большом расстоянии для уменьшения оптических эффектов при снятии замеров. Шары отпускались из состояния покоя с высот в интервале от 10 до 90 см с шагом 10 см. Каждое измерение проводилось по 10 раз для четырех тел (пластиковая бусина диаметром  мм и массой  0.25 г, полый пластмассовый шар  cм,  г, попрыгунчик  cм,  г, пробковый шар  cм,  г) и двух поверхностей (дерево и кафельная плитка). По этим данным находим средний коэффициент восстановления для каждого тела и скорости падения по формулам: и , где *v –* скорость отскока;  – скорость падения; *h –*­­­­ средняя высота отскока; *h*0 – высота падения; *g –* ускорение свободного падения.

На рис. 1, 2 приведены графики зависимости коэффициентов  от *v*0. По графикам зависимости видно, что коэффициент восстановления убывает с увеличением начальной скорости *v*0. При этом этот эффект наблюдается на всех проверенных шарах и на обеих поверхностях.

 Рис. 1. Отскок от дерева Рис. 2. Отскок от кафеля

Этот эффект мог быть вызван влиянием силы сопротивления воздуха на скорость падения шариков. Для его учета было оценено число Рейнольдса Re для падающих шаров, соответствующее минимальной скорости падения, которое оказалось равным 649 для бусины и 1878 для остальных шаров. Поскольку , сила сопротивления воздуха может быть рассчитано согласно формуле: , где ,  – плотность воздуха,  – площадь сечения шара, коэффициент  для шара [2].

Решение дифференциального уравнения движения дает  для отскока, – для падения, где  – масса тела.

С учётом сопротивления воздуха построим новые графики зависимости коэффициента восстановления  от начальной скорости  (рис. 3), однако на них наблюдается тот же эффект – уменьшение коэффициента восстановления с увеличением скорости непосредственно перед ударом.

Рис. 3. Отскок от дерева с учетом сопротивления воздуха

Этот эффект может быть вызван деформацией поверхности, остаточными колебаниями и другими факторами, которые описаны в [3].

1.  И. Л. Шейнман. *Механика и термодинамика: методические указания к лабораторным работам 1-го семестра по дисциплине "Общая физика"*, 2019.

2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент\_сопротивления\_формы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%8B)

3. В. А. Лашков. *Коэффициент восстановление при прямом ударе*, сер. 1. 2010, **4**.