Переход потенциальной энергии в кинетическую и обратный переход

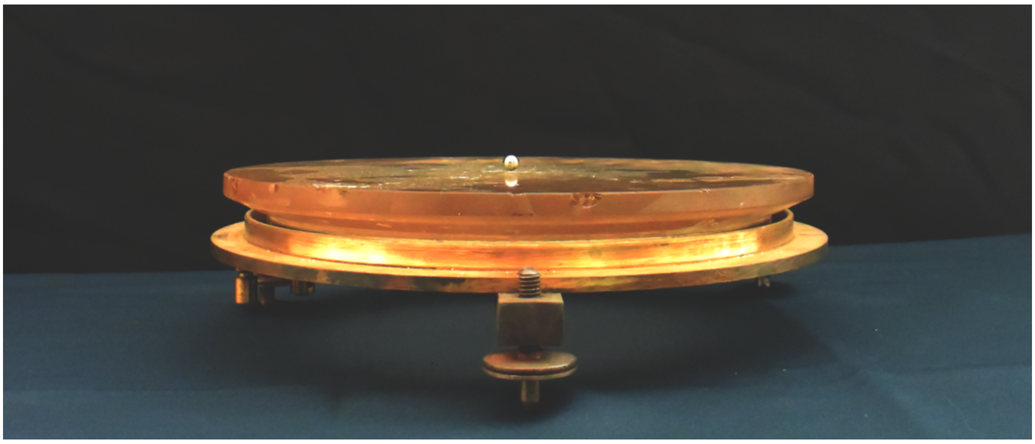

Рис. 1: Демонстрация превращения потенциальной энергии в кинетическую на примере «прыгающего» шарика

Оборудование:

1. Стеклянная линза диаметром 25 см.
2. Стальной шарик диаметром 5-6 мм.
3. Подставка с юстировочными винтами.

Основные определения:

Сумма потенциальной и кинетической энергий системы тел получила название полной энергии системы:

$$W = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}.$$

Полная энергия системы определяет ту работу, которую можно получить от данной системы тел при ее взаимодействии о какими-либо другими телами, не входящими в эту систему.

При движении тел изолированной системы только под действием потенциальных сил полная энергия системы не изменяется. При таких движениях тел происходит превращение части потенциальной энергии в кинетическую. В этом и состоит закон сохранения энергии, который можно сформулировать следующим образом:

в системе тел, где действуют только потенциальные силы, полная энергия остается постоянной во все время движения тел; в системе происходят лишь превращения энергии из одного вида в другой.

Краткое описание:

В рамках этой демонстрации можно наблюдать переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно с потерей некоторой части энергии вследствие не вполне упругого удара. Перед демонстрацией опыта опора, на которой плоской поверхностью кверху помещена линза, при помощи юстировочных винтов выставляется в горизонтальное положение. Тогда стальной шарик, отпущенный без начальной скорости с некоторой высоты над линзой, отскочит строго вертикально вверх, а не в разные стороны. В таких условиях шарик будет прыгать до тех пор, пока не растратит весь запас механической энергии. Опыт также можно проводить в теневой проекции или бросив шарик вдоль открытой с двух концов стеклянной трубки.

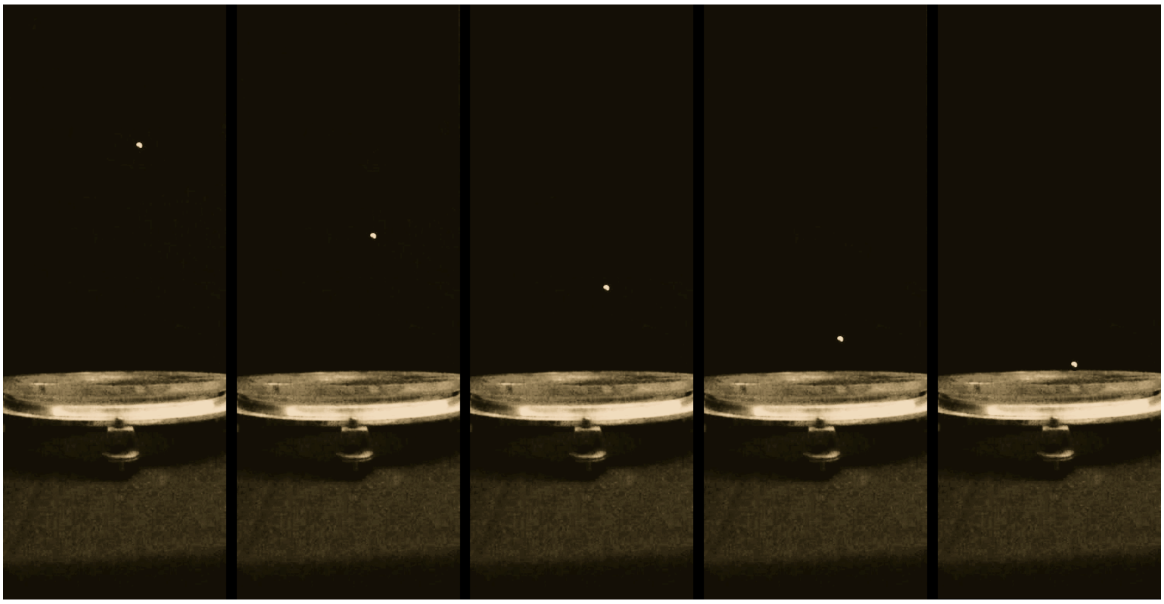

Рис. 2: Демонстрация потери механической энергии прыгающего на стеклянной линзе стального шарика

Теория:

Рассмотрим вначале, что происходить с энергией изолированной системы, если телам предоставить возможность свободно двигаться под действием внутренних сил.

Пусть тело массы m находится на высоте h_1 над поверхностью Земли и не имеет начальной скорости (рис.3). В этом положении тело будет обладать потенциальной энергией $E_п = mgh_1$, но не будет иметь кинетическую энергию, $E_к = 0$.

Полная механическая энергия численно будет равна потенциальной $W = E_п = mgh_1$.

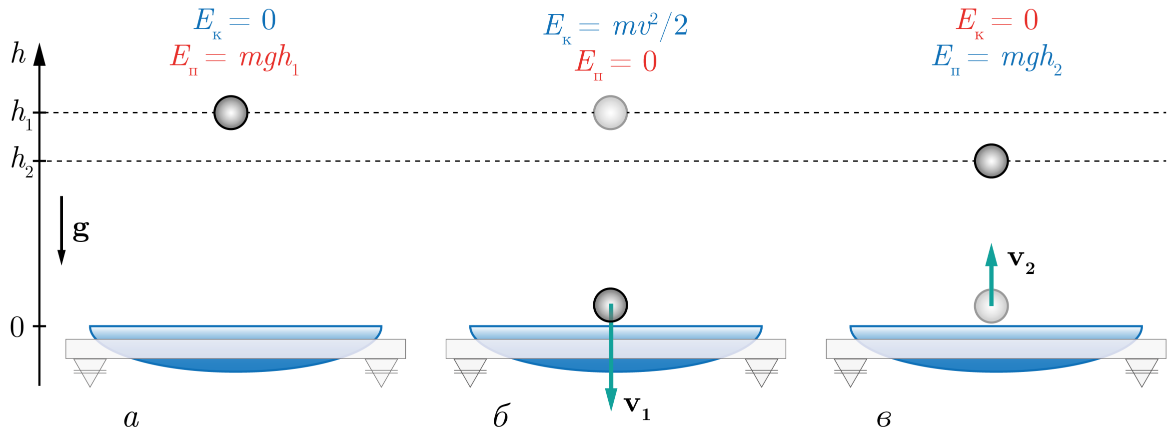

Рис. 3: Демонстрация превращения потенциальной энергии в кинетическую и обратного превращения

Допустим, что тело опустилось на некоторую высоту и его скорость увеличилась (в самой нижней точке скорость тела возрастет до v_1). При таком движении сила тяжести совершит работу, равную убыли потенциальной энергии

$$\Delta A = mgh_1. \tag{1}$$

Вся эта работа ΔA будет израсходована на увеличение кинетической энергии тела:

$$\Delta A = mv_1^2. \tag{2}$$

при условии, что трения и внешних сил не было.

Подставляя в это выражение значение работы ΔA, можно получить:

$$mgh_1 = mv_1^2. \tag{3}$$

Левая часть полученного выражения определяет полную энергию системы для начального момента времени (в рассматриваемом случае тело обладает только потенциальной энергией), а правая — полную энергию системы для конечного момента времени, когда тело приблизилось к земле.

Если в системе действуют силы трения, то полная энергия системы при движении тел уменьшается. Она расходуется на работу против этих сил. Одновременно работа сил трения приводит к нагреву системы. Как известно, при работе сил трения происходит превращение механического движения в тепловое. Количество выделившегося тепла при этом в точности равно убыли полной механической энергии системы.

Возвращаясь к опыту с шариком, при падении его начальная потенциальная энергия перейдет в кинетическую энергию вблизи поверхности линзы, где потенциальная энергия равна нулю. После отскока шарик начнет движение вверх, и при подъеме кинетическая энергия тела начнет превращаться в потенциальную энергию, зависящую от высоты шарика. Если трения нет, тело, двигаясь вверх, должно подняться до начальной высоты h. Такой процесс падения и последующего подъема должен был бы повторяться неограниченно много раз при условии отсутствия трения.

Постепенное уменьшение высоты подъема шарика при многократном отскоке от линзы, которое можно наблюдать в ходе опыта (рис.2), полностью объясняется потерями энергии на трение. Другими словами полная механическая энергия W в такой системе не сохраняется.

Для рассматриваемой системы также применимо понятие коэффициента восстановления при ударе k. Если известны высота h_1, с которой тело начинает движение без начальной скорости, и высота h_2 подъема шарика после удара о массивную плиту, то при помощи формул Галилея

$$\begin{cases} v_1 = \sqrt{2gh_1} \\ v_2 = \sqrt{2gh_2} \end{cases} \tag{4}$$

можно получить выражение для определения коэффициента k:

$$k = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}. \tag{5}$$