

## Подпрыгивающие мячики



Поиграем? Бросаем шарики!

Неожиданный результат? Сейчас разберёмся!

Если взять в две руки по шарик — один большой и тяжёлый из резины, а другой маленький и лёгкий для пинг-понга, поднять их на одинаковую высоту и отпустить, то после удара о пол они подскочат практически на одинаковую высоту.

Но, удивительный случай произойдёт, если положить шарик для пинг-понга сверху на резиновый шарик (как на рисунке), а затем отпустить.

Лёгкий шарик, лежавший сверху, после удара об пол подлетит до потолка!

В чём дело?

Большой шар достигнет пола раньше, чем маленький, и после удара об пол меняет направление своего движения на противоположное, в то время как маленький мяч всё ещё движется вниз. В результате незаметного для глаза упругого столкновения обоих шаров, тяжёлый шар передает свой импульс движения маленькому шару, поэтому-то маленький шарик и подлетает к потолку.

При упругом столкновении выполняется закон сохранения энергии:

$$\frac{1}{2}(M + m)v^2 = \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}Mv_2'^2$$

Согласно закону сохранения импульса:

$$(M - m)v = mv_1' + Mv_2'$$

Скорости после столкновения составляют:

для лёгкого шарика

$$v_1' = \frac{v(M - m)}{m + M} + \frac{2Mv}{m + M}$$

для тяжёлого шара

$$v_2' = \frac{2Mv}{m + M} - \frac{v(M - m)}{m + M}$$

Если принять, что масса малого шарика  $m$  много меньше, чем масса большого шара  $M$ , то можно приблизительно считать, что

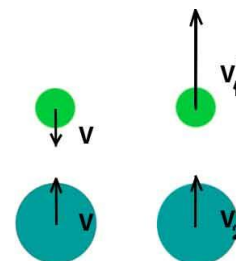
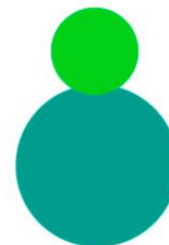
$$v_1' = v + 2v = 3v$$

$$v_2' = v$$

Поэтому, если учитывать, что кинетическая энергия маленького шарика превращается в потенциальную, то он должен подпрыгнуть на высоту в 9 раз большую, чем большой шар.

Кажется, что результат  $v_1' = 3v$  и  $v_2' = v$  противоречит всем законам, как будто тяжёлый шар сохранил свою скорость, а маленький непонятным образом утроил свою скорость. Это кажущееся противоречие вытекает из взятого нами условия  $M \gg m$ .

Действительно, при столкновении баскетбольного мяча с шариком для пинг-понга так и было бы.



Но так как массы шариков в нашем опыте различаются не столь сильно, мы и видим то, что видим: более лёгкий шарик поднимается выше, много выше, чем начальная высота падения, а тяжёлый шарик поднимается на меньшую высоту.

*По материалам интернета*