

ГРАВИТАЦИОННЫЙ БИЛЬЯРД И МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛАЗЕРНОГО РЕЗОНАТОРА

Для создания гравитационного бильярда нам понадобится стеклянная банка, воздушный шарик и ещё стальной шарик диаметром в несколько миллиметров. На стеклянную банку натянем кусок резиновой плёнки, вырезанной из воздушного шарика. Перед тем как герметично закрепить плёнку, нажмём на неё и выпустим из банки немного воздуха, чтобы под действием атмосферного давления плёнка прогнулась внутрь. Если банка круглая, то из-за разности давлений плёнка примет сферическую форму – будет представлять собой небольшой кусочек сферы.

Если на нашу плёнку с малой высоты точно по центру отпустить небольшой металлический шарик, он будет многократно подскакивать вверх и снова падать в центр, и эти подскоки будут продолжаться достаточно долго (kvantik.com/stable.webm).

Если же начальная высота превышает некоторое критическое значение, то, как бы точно мы ни прицеливались по центру плёнки, всё равно после нескольких отскоков шарик будет выброшен за её пределы (kvantik.com/unstable.webm).

Оказывается, что критическая начальная высота, разделяющая эти два типа траекторий, равна половине радиуса сферы, частью которой является наша



Из-за разности давлений плёнка принимает сферическую форму

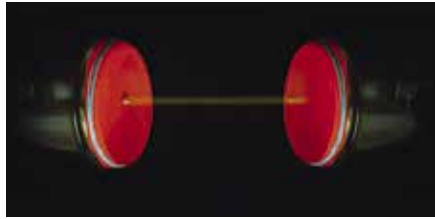


Шарик отпущается точно по центру плёнки



плёнка. Это можно проверить экспериментально, а можно доказать и чисто математически.

А теперь отключим гравитацию – представим, что мы находимся в условиях невесомости. Возьмём две такие банки, расположим их друг против друга и запустим между ними стальной шарик.



В невесомости

Возникает аналогичный вопрос: при каких условиях шарик будет устойчиво двигаться, попеременно отражаясь от одной плёнки к другой, а при каких условиях его обязательно выбросит из пространства между банками?

На самом деле это важный вопрос, и он хорошо изучен. Дело в том, что у нашей механической системы



Схема лазерного резонатора

имеется известный оптический аналог. Это лазерный резонатор – система из двух сферических зеркал, расположенных друг против друга. Он характеризуется тремя числами: радиусами зеркал R_1 , R_2 и расстоянием между вершинами зеркал L .

В зависимости от соотношения этих трёх параметров световой луч, движущийся вблизи оси резонатора, либо всегда остаётся внутри резонатора, либо после нескольких отражений вылетает оттуда. В первом случае резонатор называют *устойчивым*, и его можно использовать для генерации лазерного излучения, во втором случае резонатор называют *неустойчивым*.

Отыскание критерия устойчивости лазерного резонатора – увлекательная задача, и её можно решить с помощью школьной математики. На сайте Квантика (kvantik.com/laser.pdf – просматривать лучше в режиме 2 страницы на экран) вы найдёте подробное обсуждение этой задачи, одинаково применимое и к самому лазерному резонатору, и к его «двухбаночной» механической модели.



Фото авторов



Художник Артём Костюкович