

ЮБКА МОНРО И ПОЛО-ПОТОЛОЧНЫЙ ДУАЛИЗМ



Присмотритесь к этим двум фото. Что у них общего?

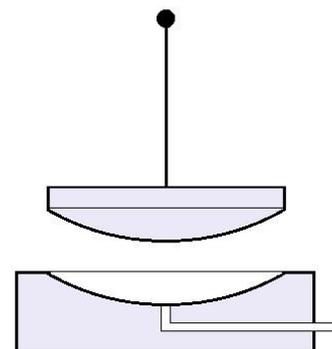
На первом запечатлена Мэрилин Монро в раздутой от вертикального воздушного потока юбке, а на втором – судно на воздушной подушке. В обоих случаях имеются юбки, создающие воздушные подушки. Давление воздуха в подушках повышенное. Одна из них приподнимает нижнюю часть платья девушки (саму юбку), другая (под чёрной оберткой по периметру) – тяжёлую машину. Говорят, что идея транспортного средства на воздушной подушке возникла у какого-то инженера, который увидел поднимающуюся юбку Монро.

На столике театра занимательной науки в ожидании начала демонстрации замер «Воздушный маятник». Его верхняя часть – плоско-выпуклая «линза» из оргстекла на стержне, подставка – цилиндрическое основание с впуклостью и «Г»-образной трубкой внутри.

Переходим от слов к делу и берём в руки небольшой стальной шарик:

– Посмотрите, как свободно он перекатывается в углублении основания из стороны в сторону. Точно так же он мог бы качаться на нити определённой длины.

Размах движений шарика на подставке постепенно угасает, но мы успеваем засечь время (t) его нескольких (N) движений «туда-обратно». Если считать, что период колебаний шарика (T) не зависит от его амплитуды¹, то легко узнать время одного колебания, разделив показания секундомера на количество колебаний ($T = \frac{t}{N}$). Немного сложнее – определить радиус кривизны поверхности² подставки (R) и длину воображаемой нити (L), воспользовавшись школьной формулой для математического маятника ($T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$)...



После математического жонглирования буквами формул шарик заменяется линзой на стержне. Маятник живёт, пока колеблется! Несмотря на то, что выпуклость совпадает с впуклостью и поверхности тел очень гладкие, наш маятник «мёртв». Виновато трение, но мы обязательно его реанимируем. Как только поймём «как».

Учебник предлагает наличие:

- 1) колебательной системы;
- 2) силы, возвращающей тело в положение устойчивого равновесия;
- 3) малых потерь энергии системы за счёт перехода в тепловую энергию.

– Кто расшифрует книжную подсказку?..

¹ Строго говоря, это не так, но в нашем случае – не принципиально.

² Для нашей игрушки при $T \approx 1\text{с}$ – $R \approx 30\text{см}$.

– Надо заменить трение скольжения трением качения – поставить маятник на шарике!..

– Использовать жидкую смазку!..

– Воспользоваться «обкой Монро»!..

Подобно «роялю в кустах» из-под стола появляется воздуходувка³. Её соединяют с трубкой в подставке, а тот, кто предложил решение, награждается возможностью щёлкнуть кнопкой включения.

Компрессор жужжит, давление воздуха под тяжёлой линзой повышается, и она чуть-чуть (на доли миллиметра) приподнимается над опорой. Между выпуклостью и впадинкой образуется невидимая воздушная прослойка, способная значительно уменьшить трение. Чтобы превратить линзу в живой маятник, её выводят из положения равновесия – толкают вбок. Книжные требования соблюдены, и маятник начинает скользить из стороны в сторону. Зрители заворожённо наблюдают за продолжительным⁴ танцем на воздушной подушке. Хороша игрушка! Но что в ней ещё удивительного?

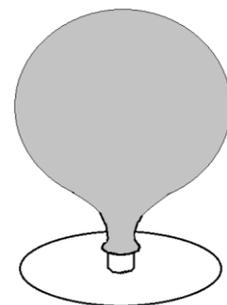


– Маятник движется, а конец его стержня

(с небольшим красным шариком на конце) остаётся неподвижным.

Дело в том, что радиус кривизны углубления равен длине маятника ($R=L$). И в этом можно убедиться, сравнив косвенный результат, произведённого ранее расчёта, с результатом прямого измерения.

«Воздушный маятник» в упрощённом виде легко изготовить самостоятельно. Потребуется: старый компакт-диск, небольшая пластиковая трубочка⁵, воздушный шарик, клей и нитка. Трубочка одним концом приклеивается к компакт-дису так, чтобы центры их отверстий совпадали. После высыхания клея, горловина воздушного шарика надевается на свободный край трубочки и фиксируется на ней ниткой. Шарик надувается (чтобы воздух не выходил, временно перекручивается горловина), компакт-диск устанавливается на плоской столешнице и шарик отпускается. Растянутая резиновая оболочка гонит воздух под диск и от лёгкого толчка самоделка свободно перемещается над «полом» на воздушной подушке. Как говорится, дёшево и сердито!



– Может быть, игрушку над опорой поддерживает реактивная сила?..

Легко убедиться, что её мощности не хватает для удержания диска в воздухе. Всё дело в вязком трении, из-за которого давление воздуха под диском больше атмосферного: $p > p_0$.

– А что произойдёт, если «поставить» тот же диск на потолок?..

Встанем на лесенку и проведём эксперимент!

Результат обескураживает: диск не падает вниз и скользит по потолку⁶! Очевидно, что давление между диском и потолком не может быть больше атмосферного. Закон Бернулли подтверждает: $p < p_0$!

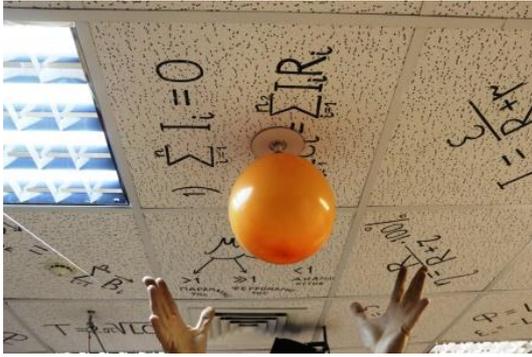


³ Мы используем компрессор, предназначенный для надувания воздушных шариков.

⁴ Время затухания колебаний нашего маятника – около одной минуты.

⁵ Использовалась кусок электромонтажной ПВХ-трубки диаметром 16мм и длиной 40мм.

⁶ В качестве альтернативы – по нижней части, удерживаемого горизонтально, листа оргстекла.



В схожих процессах – противоположные эффекты. Над полом – диск приподнимается, а к потолку – прижимается⁷. Возможно ли, чтобы один и тот же воздушный поток проявлял двойственность?

– А если:

а) двойственности нет, а есть однозначность ($p_1 = p_2$)?..

б) это макро-аналог корпускулярно-волнового дуализма, проявляющегося в микромире?..

в) или...

Оставим вопрос открытым, чтобы было над чем подумать на досуге...

30.08.20

⁷ На стабильность результата влияет масса игрушки, размер трубочки и упругость оболочки шарика.