

рином (можно взять пластмассовый стаканчик со сгущенным молоком), и неравномерно двигайте ее по столу. Жидкость будет выливаться через задний край тарелки при резком трогании с места и приливать к переднему краю при прекращении движения. Причем плоскость поверхности жидкости всегда перпендикулярна вектору результирующей силы, полученной сложением сил тяжести и инерции, приложенных к частицам жидкости.

Неприятное происшествие. Представьте, что в автобусе кто-то наступил вам на ногу. Кто виноват?

С вашей (автобуса) точки зрения, разумеется, виноват этот «кто-то». И это верно, если все произошло в стоящем автобусе. Но в автобусе, движущемся с ускорением, нужно учитывать, что на каждое тело действует сила инерции, а управляет ею, точнее ускорением, водитель автобуса.

Рассмотрим происходящее с точки зрения пешехода (земли). Из-за малого взаимодействия с корпусом автобуса и инертности своего тела туловище пассажира при ускорении автобуса продолжает сохранять прежнее положение относительно земли, тогда как его ноги вместе с полом автобуса перемещаются ускоренно. Поэтому тело пассажира смещается относительно салона при резком торможении – вперед, а при рывке – назад. Таким образом, водитель автобуса, подобно фокуснику, может перемещать пассажиров в салоне автобуса, не прикасаясь к ним и помимо их желания. Чем он часто и пользуется: если из-за скопления людей не закрывается задняя дверь, водитель резко тормозит, а если пассажиры скопились на передней площадке – делает рывок. Полу-

чается, что с водителя, в первую очередь, и нужно спрашивать за отдавленную ногу.

Случай с пассажиром. Приходилось ли вам наблюдать за человеком, неосторожно потерявшим связь с корпусом автобуса во время ускоренного движения последнего? С точки зрения других пассажиров, он попадает во власть силы инерции. Подобно листку, сорванному с дерева и гонимому ветром, человек стремительно перемещается вдоль салона, ища за что бы ухватиться. И вот это ему удалось: его протянутая рука судорожно вцепилась в вертикальную стойку поручней автобуса, мимо которой его тащит сила инерции. Ухватившись, пассажир ожидает остановки своего движения, но вместо этого он совершает оборот вокруг стойки и со всего размаху налетает на стоящих рядом пассажиров. Почему так происходит?

Сила, действующая на пассажира со стороны стойки поручней, в нашем случае перпендикулярна направлению движения тела. Поэтому, изменив его скорость по направлению, стойка не может изменить величину скорости. Перевода прямолинейное движение во вращательное, она выполняет роль центростремительной силы. Зависящая от скорости кинетическая энергия поступательного движения переходит в энергию вращательного движения ... со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Итак, вооружившись знанием физики, смело ищите и разгадывайте предложенные окружающим миром загадки, не забывая о правилах поведения пассажиров в общественном транспорте и правилах уличного движения.

Наблюдения в «нефизическом» мире

А. УСОЛЬЦЕВ

ПОЧЕМУ *ВЗРОСЛЫЕ* ЗАПРЕЩАЮТ ДЕТЯМ ИГРАТЬ В КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИГРЫ столько, сколько хочется? Возможно, из зависти – ведь в *их* молодые годы солдатики были только пластмассовые или оловянные, *они* и подумать не могли о том, чтобы управлять почти что живыми армиями, бегать с гравитационной пушкой и «крошить» всякую там нечисть. В общем, реальность никакого сравнения с виртуальным миром не выдерживает.

Но давайте задумаемся: а так ли уж интересно, если при прыжке вниз наш герой ни с того ни с сего вдруг полетит вверх или если выпущенная пуля, вместо того чтобы поразить врага, станет летать по кругу? Наверное, любая самая увлекательная компьютерная игра становится интересной тогда, когда на ее фантастический сюжет накладываются физические закономерности окружающего мира, которые и придают правдоподобность нашим удивительным приключениям. Конечно, монстры чем страшнее, тем лучше, но физика и в игре должна быть физикой.

Попробуем через окно нашего монитора увидеть физические закономерности удивительного электронного мира.

Вот перед нами игра – автосимулятор «Underground 2» (или другая аналогичная игра). В этой игре, как и в реальной жизни, многое зависит от технического совершенства нашего автомобиля, поэтому много усилий и денег мы потратим на «покупку» запчастей. Для начала купим для машины маховик большей массы и установим его. Теперь наш автомобиль меньше трясет, но скорость он набирает медленнее, так как инерционность маховика не позволяет создавать большое ускорение. Установка регуляторов давления позволяет экономить топливо, а значит, экономить деньги и время на заправку. Обязательно покупаем новые шины, что сразу улучшает сцепление с дорогой.

Можно сказать, что мы вошли во вкус. Однако пробежимся по всему перечню товаров: фильтры топлива, новые тормозные колодки, ..., *недостаток* мощности!? Зачем же мне покупать себе своими руками недостаток мощности? Может, это связано с издержками перевода текста игры с английского на русский? Хорошо, пусть это будет *избыток* мощности, но зачем мне избыток мощности? Вот *увеличение* мощности автомобиля для гонки нам не помешает. Только в реальности нельзя купить абстрактное увеличение мощности, оно достигается лишь путем материальных изменений машины или топлива к ней.

Тут мы и выявили первое несоответствие игры и реальной жизни. Да, в жизни оказывается все намного сложнее.

Давайте теперь немного постреляем, благо в виртуальной жизни мы не чувствуем боли, да и жизнью у нас много... Итак, мы в мире игры «Half Life 2», где помогаем повстанцам победить диктатора и страшных зомби с пауками на голове.

Вот груз, который может качаться на веревке. Толкнем его, измерим время, за которое груз совершит десять колебаний, найдем период колебаний T , затем оценим длину

веревки L и по формуле $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ подсчитаем ускорение свободного падения g . Получается результат, близкий к величине реального, земного ускорения свободного падения. Надо же, мелочь – а приятно.

Пойдем дальше. Перед нами водоем. Бросим что-нибудь в воду. Видно, что тела, брошенные в воду, ведут себя в соответствии со своими реальными прототипами – деревянные тела «плавают», а стальные «тонут». Тоже неплохо. Что-то, правда, есть в воде странное, нереальное... Ладно, потом разберемся.

Здорово, что мы можем брать разные предметы (банки, коробки), помещать их на любые горизонтальные поверхности (стол, стул, ящик и т.д.), а затем стрелять по ним из различных имеющихся видов оружия. Попробуем использовать это для того, чтобы осуществить виртуальный физический эксперимент по оценке скорости вылета пули из имеющегося у нас пистолета. Для этого мы выстрелим «в упор» из пистолета в ведро, поставленное на некоторой высоте. Измерив высоту ведра над землей и расстояние, на которое отлетает ведро, мы оценим его начальную скорость. Затем, оценив массы ведра и пули, найдем скорость пули.

Первая проблема, с которой мы сталкиваемся в виртуальном компьютерном мире, связана с определением расстояния «на глаз». Для решения этой проблемы необходимо найти эталон длины, имеющий аналоги в реальности. В качестве такого «эталона» мы возьмем высоту бочки, так как в нашей виртуальной среде не составляет труда найти две такие бочки (на одну мы поставим ведро, а второй бочкой будем измерять расстояние).

Вторая проблема возникает тогда, когда мы пытаемся определить место падения ведра, так как ведро отскакивает и катится довольно далеко, а «след» от его первоначального падения на виртуальной «земле» быстро исчезает. Для фиксации точки падения ведра разместим на земле различные предметы, по которым визуальнo будем определять место удара ведра о поверхность. В качестве таких предметов мы использовали разный подручный «мусор»: пустые коробки, канистры, банки, которые валяются в игре на каждом шагу (что не очень хорошо характеризует обитателей этого мира).

Теперь, приступаем к сборке «экспериментальной установки». Найдем ровную горизонтальную площадку и поставим бочку, а на нее осторожно установим ведро. Далее, в направлении предполагаемого отлета ведра выкладываем найденные нами предметы на расстоянии друг от друга в одну «эталонную бочку». В результате проведенной достаточно трудоемкой работы «организованная» нами виртуальная реальность выглядит так, как показано на рисунке 1. Затем мы стреляем в ведро и смотрим, возле какого предмета



Рис. 1

оно упало. Из-за большой скорости ведра это бывает сделать достаточно сложно. Поэтому фрагмент выстрела и последующего полета целесообразно записать (мы делали это с использованием программы «Fraps»), чтобы иметь возможность неоднократного просмотра. После чего берем реальный прототип виртуального «ведра» и взвешиванием находим его массу, которая оказывается равной $M = 1,4$ кг. Массу пули оцениваем в 10 г, которые фигурируют в большинстве физических задач про огнестрельное оружие: $m = 10$ г. Так как ведро упало около коробки, положенной на расстоянии четырех длин бочки, оцениваем дальность его полета: $L = nH$, где $n = 4$, а H – высота бочки, которую мы будем считать равной 1,2 м.

Записываем условие задачи и решаем ее. Время свободного падения ведра равно $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$, начальная горизонтальная скорость ведра составляет $u = \frac{L}{t} = \frac{nH}{t} = n\sqrt{\frac{gH}{2}}$. По закону сохранения импульса находим скорость пули v :

$$mv = Mu, \quad v = \frac{Mu}{m} = \frac{Mn}{m} \sqrt{\frac{gH}{2}} = 1400 \text{ м/с}.$$

Полученный результат вызывает сомнения – не слишком ли велика скорость пули?

Проверим, будут ли действовать выявленные нами закономерности для другого тела. Для этого повторим опыт, но вместо ведра возьмем ванночку, которая весьма кстати лежала рядом с найденным нами ведром. Опыт показывает, что ванночка отлетает на расстояние вдвое меньше, чем ведро. Определение массы ванночки при найденном нами значении скорости пули дает результат около 3 кг, близкий к реальному. Это свидетельствует о том, что скорость вылета пули из пистолета является постоянной при взаимодействии пули с любыми другими объектами в игре. Стрельба из разных видов оружия показывает, что скорости вылета пуль из них различны.

Таким образом, можно сказать, что при создании физической модели игры ее разработчики присваивали различным видам оружия различные значения скорости, а разным телам – разные массы, соответствующие массам их реальных прототипов.

Следующее виртуальное исследование свяжем с изучением свойств оружия, не имеющего пока аналогов в реальной действительности, которое мы условно назовем «силовой пушкой» (СП). Такая «пушка» позволяет притягивать к себе любые предметы, а затем «стрелять» этими предметами с достаточно большой скоростью. Попробуем оценить эту скорость.

Для этого будем использовать металлические диски от циркулярной пилы, почему-то в избытке «валяющиеся» во всех зданиях (что еще раз характеризует жителей этого мира, как людей неряшливых и страных). Притянем «пушкой» один из таких дисков, отойдем от деревянной стены на расстояние примерно два метра, а затем выстрелим из пушки в эту стену по возможности в горизонтальном направлении. Диск воткнется в стену. Отойдем еще на два метра от стены (эти точки мы заранее отметили пустыми банками) и выстрелим другим диском тоже горизонтально. Понятно, что второй диск должен воткнуться в стену ниже первого, что мы действительно и наблюдаем (рис.2).

По расстоянию Δy между дисками и расстояниям x_1 и x_2 до стены при двух выстрелах оценим скорость v_0 вылета дисков из СП:

$$\Delta y = y_2 - y_1, \quad y_1 = \frac{gt_1^2}{2}, \quad y_2 = \frac{gt_2^2}{2}, \quad x_1 = v_0 t_1, \quad x_2 = v_0 t_2,$$



Рис. 2
откуда находим

$$v_0 = \sqrt{\frac{g(x_2^2 - x_1^2)}{2\Delta y}}$$

«Загадка» тени от прозрачной пластинки

Я. АМСТИСЛАВСКИЙ

ОКАЗЫВАЕТСЯ, ЕСЛИ В ПУЧОК БЕЛОГО СВЕТА ВВЕСТИ тонкую прозрачную пластинку, то при соблюдении некоторых требований к положению пластинки и условиям ее освещения можно в проходящих лучах увидеть отчетливую узкую темную полосу тени от края пластинки.

В домашних условиях это явление можно наблюдать по схеме на рисунке 1. Здесь *Щ* – ориентированная вертикально ярко освещенная узкая щель, выполняющая роль вытянутого в линию (линейного) источника света; *Пл* – пластинка из прозрачного материала, это может быть листок слюды, обертка от коробки сигарет, кусок отмытой от эмульсии фотопленки, покровное стекло или тонкий слой другого прозрачного материала; *Э* – экран в виде листа белой бумаги; точка *О'* – то место экрана, где наблюдается узкая полоска тени от края пластинки; *Сп* – спектроскоп.

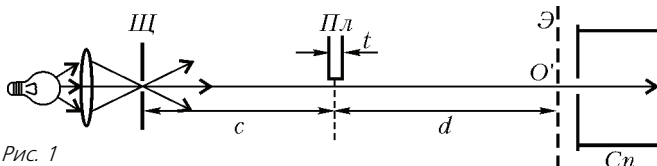


Рис. 1

Подставим оценочные данные виртуального эксперимента: $x_1 = 2$ м, $x_2 = 4$ м, $\Delta y = 0,2$ м и получим начальную скорость: $v_0 = 17$ м/с. Это значение оказывается меньше ожидаемого, так как визуально скорость представляется очень большой. Но если мы выйдем на «улицу» и выстрелим горизонтально, то визуальная оценка дальности полета (не более 20–30 м) подтверждает правильность оценки начальной скорости.

В дальнейшем можно оценить высоту зданий, стараясь «забросить» различные предметы на их крышу, или поэкспериментировать с телами разной массы (начальная скорость выстрела которых из СП оказывается постоянной и не зависящей от массы) и так далее.

А мы теперь зайдем в подвал, часть которого залита водой. Вода в подвале достаточно чистая и прозрачная, но что-то кажется в этой картинке неправильным. Точно – труба, которая уходит под воду! Луч, идущий из воды, должен испытывать преломление, и поэтому труба должна казаться «кривой». Но искривления не видно. Да, не предусмотрели разработчики игры выполнение законов преломления света.

Вот мы и выявили еще одно несоответствие игры и реальной жизни. Никогда бедные жители этого неряшливого мира не увидят в небе радугу, не полюбуются на лунную дорожку, убегающую в море... В жизни все оказывается не только намного сложнее, чем в игре, но и намного интереснее.

Для выяснения природы наблюдаемого явления важно знать, попадает ли в область темной полоски какой-то свет и, если попадает, каков его спектральный состав. С этой целью можно использовать школьный спектроскоп. В ходе опыта экран убирают, а спектроскоп (или пластинку) осторожно смещают в поперечном направлении, добываясь точного совмещения полоски тени со щелью спектроскопа. В этом случае при должной узкости щелей и расположении щелей и края пластинки в одной плоскости в поле спектроскопа можно обнаружить достаточно яркий и контрастный спектр – совокупность чередующихся светлых (окрашенных) и темных полос в непрерывном спектре (см. приведенные далее рисунки 3 и 4). Такой вид спектральной картины означает, что в область *О'*, с которой совмещена щель спектроскопа, попадает без заметного ослабления свет некоторых избранных длин волн, обозначим их λ_k , и совершенно не попадает свет промежуточных длин волн – λ'_k . И можно предположить, что наблюдаемое явление имеет интерференционное происхождение.

В спектральной картине наблюдается плавный переход освещенности от максимумов к минимумам, при этом минимумы освещенности оказываются совершенно темными, поэтому можно говорить о том, что интерферирующие пучки имеют одинаковые интенсивности. Вместе с тем, для формирования светлых полос в сплошном спектре с плавным переходом освещенности от максимумов к минимумам необходимо, чтобы изменение фазового сдвига $\Delta\varphi$ интерферирующих пучков с изменением длины волны λ также происходило монотонно. Но на пути световой волны, распространяющейся от источника света к области *О'*, нет никаких интерференционных устройств, кроме фазовой неоднородности в виде ступеньки различной оптической плотности на границе раздела двух прозрачных сред – воздуха и пластинки. Поэтому можно сказать, что интерферирующие пучки возникают в результате дифракции от этой фазовой неоднородности. За счет интерференции дифрагированных пучков и происходит максимальное усиление света в области длин