

Итак, разберёмся, как Юпитер ускоряет пролетающие мимо него космические аппараты. Начнём издалека. Представьте себе мячик, упруго ударяющийся с налёта о большую неподвижную стену (рис. 1). Какая скорость будет у мячика после удара? Конечно, такая же, как была, – скажете вы. А теперь пусть тот же мячик ударяется о стену, движущуюся ему навстречу. Что будет тогда?



Рис. 1. Движение мяча до и после удара о неподвижную стенку.



Рис. 2. То же с подвижной стенкой

Посмотрим на происходящее с позиции муравья, который сидит на стене. Поскольку стена движется равномерно, он вовсе и не замечает этого движения; ему кажется, что он вместе со своей стеной стоит на месте. Это называется принципом относительности Галилея: если кто-то движется по прямой с постоянной скоростью, все законы физики для него выполняются точно так же, как если бы он был неподвижен – не отличишь. (Из-за этого, если бы, например, не было качки, нельзя было бы решить – это пароход мимо нас плывёт или мы мимо парохода... и так, и так верно!)

Итак, сидит себе наш муравей, и вдруг – летит к нему мяч! С какой скоростью летит? Ну, если скорость мяча относительно нас была v , а скорость стенки u , то к муравью мяч приближается со скоростью $v + u$.¹ Для муравья всё происходит так, как если бы стенка была неподвижна; удар! – и мяч улетает с той же скоростью $v + u$. Теперь осталось перейти в нашу неподвижную систему отсчёта, то есть «слезть» со

¹Если вам не очень понятно, почему это так, возьмите какие-нибудь конкретные числа – например, $v = 5$ см/с, $u = 2$ см/с – и нарисуйте, сколько за одну секунду пролетит мяч, сколько – муравей, и на сколько сантиметров они приблизятся друг к другу (это ведь и есть скорость сближения в сантиметрах в секунду).

стенки: мы видим стенку, едущую со скоростью u , и мяч, улетающий от неё со скоростью $v+u$. Итого, от нас он удаляется со скоростью $v+2u$! От удара о движущуюся стенку мяч набрал скорость. Не так уж это удивительно, мы то и дело наблюдаем это: и в футболе (стенка – нога игрока), и в теннисе (стенка – ракетка)...

Если мячик летит не перпендикулярно стенке, а под углом – выигрыш в скорости всё равно будет, но меньше. А если мяч налетает на удаляющуюся стенку, он тормозится – так футболисты останавливают ногой мяч.

Вопрос 2. Мяч летит со скоростью 60 км/ч ≈ 18 м/с. С какой скоростью должна двигаться нога футболиста, чтобы после удара об неё мяч остановился?

Тот же принцип работает и при гравитационном манёвре – так называется облёт вокруг планеты для повышения (или понижения) скорости. Планета, конечно, не стенка, и наш аппарат об неё не ударяется, но всё выглядит очень похоже: местным жителям, если бы они были, казалось бы, что аппарат, развернувшись вокруг планеты, удаляется с такой же скоростью, как прилетел; а мы со стороны увидим, что из-за движения планеты вокруг Солнца скорость нашего аппарата увеличилась – планета его «разогнала».

Космическому зонду «Кассини», например, не хватило бы «своей» скорости долететь даже до Юпитера, и он аж два раза подлетал к Венере (а в промежутке

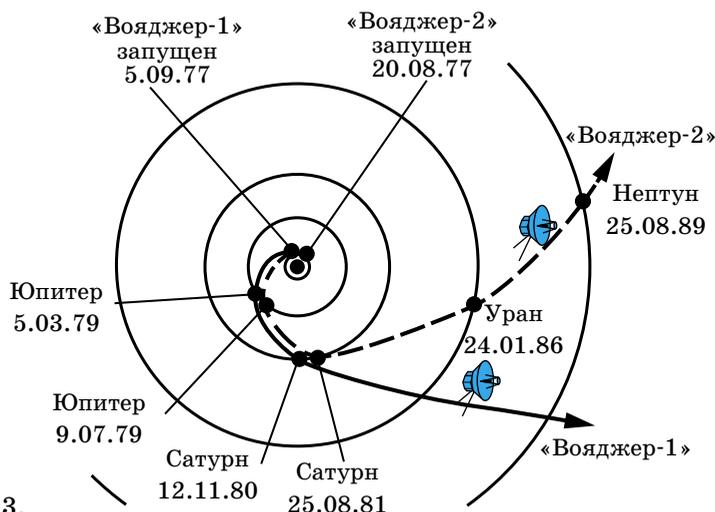


Рис. 3. Траектории космических аппаратов «Вояджер-1» и «Вояджер-2».

ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ

ещё и к Земле), чтобы разогнаться и «дотянуть» до Юпитера, а уж от него – к Сатурну. Почему к Венере, а не к Марсу – он ведь более «по дороге»? Потому что у Венеры скорость больше! (Это как раз оттого, что она к Солнцу ближе.) Значит, на ней и разогнаться можно лучше. А зачем тогда разгоняться на Юпитере? Потому что он далеко, на полпути к Сатурну. К тому времени, как аппарат долетит до Юпитера, его скорость уже очень сильно уменьшится, и даже относительно небольшая (13 км/с) юпитерова скорость будет большой подмогой. А ещё Юпитер очень тяжёлый: он легко может развернуть пролетающий мимо аппарат в любую нужную нам сторону. Чем больше угол разворота, тем больше выигрыш в скорости. А чтобы «лёгонький» Марс заметно изменил направление движения корабля, приходится лететь очень близко к нему. Но и Марс используют для манёвров: например, зонд «Розетта» пролетел мимо него (едва не касаясь атмосферы), готовясь «пристроиться» к пролетавшей мимо комете.

За всю историю освоения землянами космоса наши космические аппараты 5 раз залетали за орбиту Сатурна – это «Пионеры-10, 11», «Вояджеры-1, 2»,

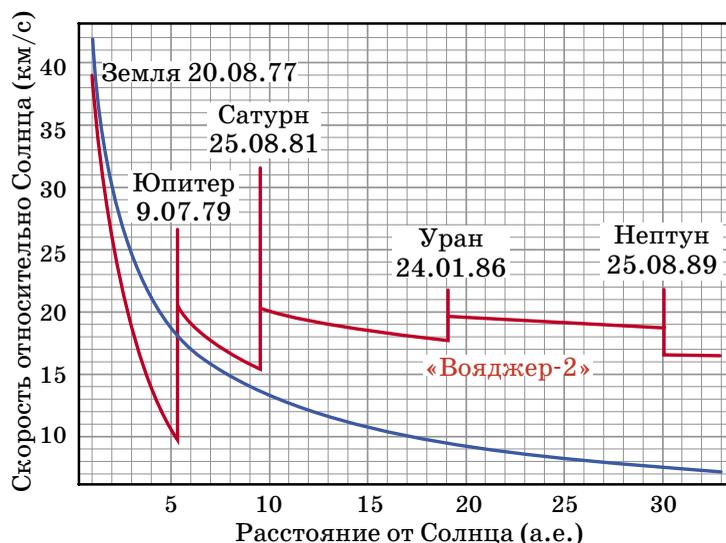


Рис. 4. Так менялась скорость «Вояджера-2» по мере его удаления от Солнца (красная линия); резкие скачки – гравитационные манёвры вблизи планет. Синяя линия показывает скорость, которая нужна на данном расстоянии от Солнца, чтобы улететь от него бесконечно далеко; без Юпитера «Вояджеру» не хватило бы скорости, и он в конце концов вернулся бы к Солнцу.

которые уже далеко за Нептуном перегнали «Пионеров», и аппарат «Новые горизонты», который только только миновал Плутон. Все они и сейчас продолжают улетать от Солнца, но связь с «Пионерами» потеряна, а с «Вояджерами», стартовавшими 40 лет назад (!), – продолжается. «Вояджер-1» уже официально «вылетел за пределы Солнечной системы» и летит сейчас на расстоянии 20 миллиардов км = 135 а.е. от Солнца со скоростью 17 км/с.

Вопрос 3. Что значат эти вертикальные палочки на рисунке 4, «приклеенные сверху» к скачку скорости возле каждой планеты? Почему у Нептуна эта палочка длиннее, чем у Урана?

Время полёта до Сатурна у космических аппаратов варьируется от 3 до 8 лет, так что 4 года – это действительно немного. А приведённый в начале этой статьи (в «Квантике» № 10) воображаемый разговор мог и вправду произойти – например, между директором института и руководителем научной группы. Только речь шла бы, конечно, о месте не для человека, а для прибора. Вozить людей в такую даль – не только опасно и очень долго, но и ужасно дорого: ведь человеку нужно много места, надёжная защита от космических лучей, воздух, еда, тепло... а в таких экспедициях вес считают на граммы. Есть и ещё одно обстоятельство: многим приборам для успешной работы нужны холод и отсутствие лишнего света. Человек бы им только помешал. А давать приборам задания, считывать с них данные и даже чинить их в случае поломок люди научились по радио.

Вопрос 4. Космический зонд приблизился к Юпитеру под углом а) 60° ; б) 45° к направлению его движения, а после манёвра (не включая двигатели) улетел в направлении движения Юпитера со скоростью 26 км/с. Какая скорость была у него до сближения с Юпитером и сколько он выиграл в скорости этим манёвром? Орбитальная скорость Юпитера 13 км/с.

Подсказка: важно разобраться, что увидел бы воображаемый житель Юпитера. С какой стороны он увидит подлетающий корабль, какая у корабля скорость с точки зрения жителя?

Ответы на вопросы читайте в следующем номере.

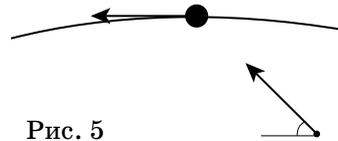


Рис. 5

