

ПРИГЛАШЕНИЕ К ПУТЕШЕСТВИЮ

(О ВТОРОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ И ГРАВИТАЦИОННОМ РАЗГОНЕ)

– Хотите лететь на Сатурн? С пролётом мимо Венеры и Юпитера. Для вас найдётся свободное место. Только учтите, времени в обрез – старт через 5 лет. Зато потом ждать недолго: 4 года – и там!

Хм, за 5 лет, пожалуй, собраться можно... А 4 года в дороге – это много или мало? Давайте прикинем... От Земли до Солнца 150 млн км (это расстояние в астрономии называется *астрономической единицей* и обозначается 1 а.е.). От Солнца до Сатурна – 1400 млн км, то есть почти 10 а.е. Значит, кратчайшее расстояние от Земли до Сатурна по прямой – когда они по одну сторону от Солнца – 1250 млн км. Допустим, мы ехали бы на машине со скоростью 100 км/ч. Тогда – 12,5 млн ч... Сколько часов в году? $365 \cdot 24$ – это примерно то же, что $360 \cdot 25 = 360 \cdot 100 : 4 = 9000$. Значит, ехать нам $(12,5 \text{ млн ч}) : (9000 \text{ ч в году}) \approx 1400 \text{ лет}$... Ой! Лучше на самолёте, он 1000 км в час летит, в 10 раз быстрее... Всё равно – 140 лет получается...

Нет, стоп. При чём тут самолёт? Мы же на космическом корабле полетим! Вот же, написано в книжках: чтобы улететь далеко от Земли, нужно развить скорость 11,2 км/с – она называется *вторая космическая*. С этой скоростью и полетим, (1250 млн км) : (11,2 км/с) $\approx 100 \text{ млн с}$. В году примерно $3 \cdot 10^7 = 30 \text{ млн с}$,¹ значит, $(100 \text{ млн с}) : (30 \text{ млн с/год}) \approx 3 \text{ года}$. Это другое дело! Так можно и лететь!

Вопрос 1. Почему вторая космическая скорость здесь на самом деле совсем ни при чём?

А кстати, что такое вторая космическая скорость? Если мы кинем с поверхности Земли камушек, он полетит вверх метров на 5 или 10, а потом остановится и упадёт обратно. Конечно, его притягивает Земля, тормозит – и ему не хватает скорости преодолеть её притяжение. Если кинуть сильнее, например, выстрелить из пушки – снаряд поднимется выше, но всё

¹Запись 10^7 означает число, которое записывается единицей с семью нулями. Читается – «десять в седьмой степени». Такая запись очень удобна, когда имеешь дело с большими числами.

равно не очень высоко – максимум километров на 50, а затем остановится и упадёт обратно. Так вот, вторая космическая – это скорость, с которой надо кинуть с Земли камушек, чтобы ему «хватило скорости» преодолеть притяжение и улететь далеко. Но пока он улетает, Земля его тормозит, и там, далеко от Земли, он будет лететь уже очень медленно! Можно сказать, что, улетев совсем далеко, он остановится. Так что на какой скорости мы полетим к Сатурну, зависит как раз от того, **насколько** наша «стартовая» скорость будет **больше** второй космической.

Да и на Земле, кстати сказать, нет такой пушки, чтобы придать снаряду такую большую скорость – ведь $11,2 \text{ км/с} \approx 40 \text{ тыс км/час}$! Именно из-за этого полёты в космос были невозможны, пока не придумали использовать реактивное движение. Ракету не надо сразу кидать с большой силой, она сама набирает скорость, сжигая и «отбрасывая» вниз топливо. Если вы посмотрите съёмку старта космического корабля, вы увидите, что никакой большой скорости (а не то что второй космической) у ракеты вначале нет. И на то, чтобы набрать скорость, преодолеть земное притяжение и вывести на орбиту – даже просто вокруг Земли! – маленький космический аппаратик, расходуются обе огромные ракетные ступени с топливом. А дальше спутник уже летает по инерции, не включая двигатели.

А ведь чтобы долететь до Сатурна, мало преодолеть земное притяжение – надо ещё преодолеть солнечное! И при удалении от Солнца, так же как и при удалении брошенного камня от Земли, скорость будет уменьшаться – чтобы поддерживать её постоянной, нужно было бы всё время держать двигатели включёнными, на это никакого топлива не хватит.

Итак, ракета-носитель выводит космический аппарат на нужную орбиту, ускоряя его своими двигателями; когда топливо расходуется, ступени ракеты одна за другой отпадают, и в конце концов остаётся только сам маленький аппарат с маленьким запасом топлива «для манёвров», который летит уже по инерции, выключив двигатель, и скорость падает по мере удаления от Солнца... Да и летит он, между прочим,



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



не по прямой, а – как и все планеты, кометы, и вообще всё в Солнечной системе – по дуге эллипса².

Почему не по прямой? Ведь можно было бы лететь строго от Солнца? Потому что в борьбе за скорость мы пользуемся помощью очень мощного союзника – нашей собственной планеты. Она движется вокруг Солнца со скоростью 30 км/с – а вместе с ней и все мы, и наши космические корабли! Скорость эта направлена вдоль орбиты Земли, поперёк направления «от Солнца»; чтобы лететь ровно от Солнца, пришлось бы эту скорость погасить, а где уж нам... Гораздо лучше, наоборот, её использовать, прибавив к ней собственную скорость, достигнутую двигателями. Поэтому выгоднее всего направить космический аппарат в ту же сторону, куда летит Земля.³

Но если так уж трудно оказалось добраться до Сатурна – зачем по дороге залетать к Юпитеру и тем более к Венере, которая вообще «не в той стороне»? Но к Юпитеру залетали все космические аппараты, когда-либо достигавшие орбиты Сатурна. Оказывается, не только ради интереса посмотреть на него вблизи. Без помощи Юпитера мы вообще едва могли бы долететь до Сатурна. Полёт к нему не удлиняет, а укорачивает путешествие, так как он помогает нам разогнаться! (На рисунке внизу показан – не в масштабе – старт космического аппарата с Земли и гравитационный разгон на Юпитере.) Подумайте, как это происходит? Ответ и окончание этой истории мы опубликуем в следующем номере.



В одном из следующих номеров «Квантика» мы отправимся в экспедицию по планетам Солнечной системы. Но, собираясь в любое путешествие, надо получше к нему подготовиться и представлять себе маршрут! Поэтому предлагаем вам пока сделать «лабораторную работу» и решить несколько задач про планеты, которые мы посетим в первую очередь.

²Эллипс – замкнутая фигура на плоскости, вроде овала, но симметричная. Его легко представить себе так: если «сбоку» осветить лампочкой круг, то тень будет иметь форму эллипса. А если в компьютерной «рисовалке» взять круг и растянуть в одном направлении – тоже получится эллипс.

³По похожей причине – чтобы использовать вращение Земли вокруг оси – большинство спутников запускают «на восток» – против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса, а космодромы стараются строить поближе к экватору.

Лабораторная работа

В таблице приведены разные характеристики планет Солнечной системы. Попробуйте нарисовать или сделать *масштабную* модель Солнечной системы: такую, где все расстояния и размеры уменьшены в одно и то же число раз.

Планета	Расстояние до Солнца		Радиус		Масса в массах Земли
	<i>а.е.</i>	<i>млн км</i>	<i>в радиусах Земли</i>	<i>км</i>	
Меркурий	0,4	60	0,4	2 400	1/20
Венера	0,7	110	0,95	6 000	4/5
Земля	1	150	1	6 400	1
Марс	1,5	230	0,5	3 400	0,1
Юпитер	5	800	11	70 000	300
Сатурн	10	1400	10	60 000	95
Уран	20	2900	4	25 000	15
Нептун	30	4500	4	25 000	17

(Делать это придётся на улице! Если не получится сохранить все пропорции, «жертвуйте» размерами планет: лучше пусть они будут непропорциональными, но расстояния – «правильными». Целиком орбиты рисовать не надо: можно выбрать для модели момент, когда все планеты расположены близко к одной прямой.) Радиус Солнца равен примерно 700 тыс км.

Задачи

1. Меркурий делает один оборот вокруг Солнца за 88 земных суток, а время его оборота вокруг оси – меркурианские сутки – равно 58 земных суток = $2/3$ меркурианского года.

Сколько времени на экваторе этой планеты длится день, то есть светит Солнце? Сколько времени длится ночь?

Меркурий вращается (и вокруг Солнца, и вокруг оси) против часовой стрелки, и оси обоих вращений направлены одинаково (то есть плоскость экватора совпадает с плоскостью орбиты). Орбиту считайте круговой.

Подсказка. Нарисуйте круг – орбиту Меркурия («вид сверху», как будто вы смотрите со стороны полюса), сам Меркурий – покрупнее! – и выделите какую-нибудь точку на его экваторе; например, ту, где сейчас полдень или восход. Теперь нарисуйте, где будет Меркурий на орбите и где на нём будет выбранная точка через $1/3$ меркурианского года = $1/2$ меркурианских суток, через $2/3$ года, через год... Поскольку ситуация через год не повторится, вам придётся проследить, что происходит в течение нескольких лет. Когда в выбранном вами месте будет закат? А следующий восход?

2. Древние называли Венеру вечерней и утренней звездой и считали, что она «едина в двух лицах». Почему?

3. Радиус Марса в 2 раза меньше, чем радиус Земли, а его масса – в 10 раз меньше, чем у Земли. У какой из этих планет больше плотность? Во сколько раз?



Художник Анна Горлач