

Космические скорости

«Квантик» №8, 2020, Б. Дружинин.

«Поехали!»

В 1957 году работа советских учёных, конструкторов, инженеров, рабочих, во главе с Сергеем Павловичем Королёвым, увенчалась блестящей победой: 4 октября они вывели на орбиту первый в истории искусственный спутник Земли. А 12 апреля 1961 года отправили в первый космический полёт человека — Юрия Алексеевича Гагарина. На весь мир прозвучало знаменитое гагаринское «Поехали!», и человечество вступило в космическую эру.



Космическая тематика стремительно вошла в моду. Естественно, появились новые темы и понятия — ракеты, скафандры, невесомость, первая космическая скорость, вторая космическая скорость. Все мальчишки нашего поколения в мечтах примеряли скафандр космонавта. О невесомости мы поговорим в другой раз, а пока рассмотрим космические скорости.

Что известно о космических скоростях простым людям

На телевидении есть передача, в которой весёлый молодой человек бегает по улицам и задаёт прохожим разные вопросы. За правильный ответ он вручает 1000 рублей. Однажды он задал такой вопрос: «Какую скорость надо развить, чтобы оторваться от Земли?» Первый встречный ответить не смог, и ведущий буквально клещами вытащил из второго ответ, который был признан правильным: «Вторую космическую».

Увы, молодой человек ошибся. Вернее, ошибся не он, а редакторы, придумывающие вопросы и ответы к ним. Точно так, как и редакторы, считают почти все, кто хоть отдалённо слышал про существование первой и второй космических скоростей.

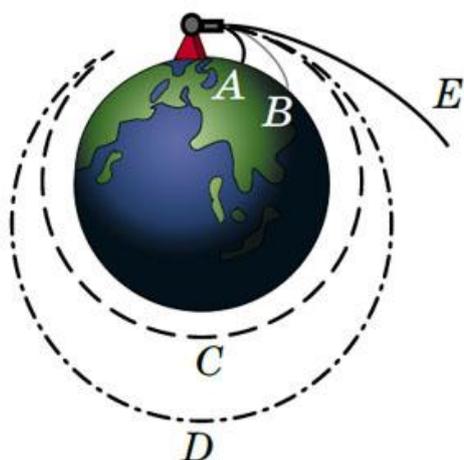
На самом деле, чтобы оторваться от Земли, подходит любая скорость. Уже когда ребёнок подпрыгивает, он отрывается от Земли. Пусть ненадолго, но отрывается. И вообще, до Луны или до другого космического объекта можно добраться с любой скоростью. Для этого надо немного разогнаться, а потом поддерживать силу тяги двигателя, равную силе земного притяжения, и вы будете «бороздить просторы Вселенной» с постоянной скоростью. Более того, если представить, что какой-то чудак сумел построить лестницу до Луны, то вы сможете подняться туда просто пешком. Примерно так, как вы поднимаетесь к себе домой на третий этаж, только гораздо дольше.

А как же космические скорости? *Космические скорости подразумевают, что ракета, достигнув их, дальше летит к*

намеченной цели по инерции, с неработающим двигателем. Это только в мультфильмах про космические путешествия показывают летящие ракеты с работающим двигателем. Но это исключительно для создания иллюзии движения.

Если же в реальных условиях двигатель у ракеты будет работать постоянно, то даже для полёта на Луну потребуется такое количество топлива, что его ни одна ракета не осилит.

Постреляем



Высадимся на идеально шарообразную планету без атмосферы. Поставим там пушку с горизонтальным стволом и будем из неё стрелять, постепенно увеличивая заряд.

Сначала снаряд будет падать на поверхность планеты совсем близко (A), потом дальность полёта увеличится (B) и, наконец, снаряд совершит полный оборот, продолжая лететь на постоянной высоте (C). **Скорость полёта в этом случае и есть первая космическая.**

Продолжим увеличивать скорость снаряда. Траектория вытягивается, превращаясь в эллипс (D), а с какого-то значения скорости «разрывается» (E), и снаряд улетает в бесконечность. **Скорость полёта в этом случае и есть вторая космическая.**

Первая космическая скорость

Первая космическая скорость — это скорость, с которой надо горизонтально запустить объект, чтобы он стал вращаться вокруг Земли по круговой орбите.

Чем больше высота, с которой мы запускаем объект, тем меньше эта скорость. Например, Международная космическая станция летает на высоте 400 км со скоростью 7,6 км/с, а Луна — на расстоянии 384 500 км от Земли со скоростью 1 км/с. «Нулевой» высоте соответствует скорость 7,9 км/с, что обычно и называют первой космической скоростью.

Точно так же Земля вращается вокруг Солнца почти по круговой орбите со скоростью ≈ 30 км/с. Это и есть первая космическая скорость относительно Солнца на таком расстоянии от него.

Если скорость спутника чуть больше первой космической для его высоты, его орбита будет эллипсом. Все спутники вокруг Земли и планеты вокруг Солнца движутся именно по эллипсам. И орбиты комет — тоже эллипсы, только очень вытянутые, так что кометы улетают по ним «в даль тёмную», лишь



изредка возвращаясь к Солнцу «погреть бока».

Иными словами, первая космическая скорость — это минимальная скорость, при которой тело, движущееся горизонтально над поверхностью планеты, не упадёт на неё, а будет двигаться по круговой орбите.

Вторая космическая скорость

Вторая космическая скорость — наименьшая скорость, которую необходимо придать космическому аппарату для преодоления притяжения планеты и покидания замкнутой орбиты вокруг неё.

Предполагается, что аппарат не вернётся на планету, улетит в бесконечность. На самом деле тело, имеющее около Земли такую скорость, покинет её окрестности и станет спутником Солнца. Вторая космическая скорость в $\sqrt{2} \approx 1,4$ раза больше первой космической.

Третья космическая скорость

Третья космическая скорость — минимальная скорость, которую необходимо придать находящемуся вблизи поверхности Земли телу, чтобы оно могло преодолеть притяжение не только Земли, но и Солнца, и покинуть пределы Солнечной системы.

Чтобы преодолеть притяжение Солнца, находясь на орбите Земли, нужно развить скорость в $\sqrt{2}$ раз больше, чем скорость Земли. То есть в направлении движения Земли тело нужно запускать со скоростью $(\sqrt{2}-1) \cdot 30 \text{ км/с} \approx 12 \text{ км/с}$. Чтобы преодолеть притяжение Земли, нужна скорость $\sqrt{2} \cdot 7,9 \text{ км/с} \approx 11 \text{ км/с}$. Преодолеть и то, и другое можно со скоростью $\approx 16,6 \text{ км/с}$. В действительности хватит и меньшей скорости, если запустить космический аппарат так, чтобы его ускоряли другие планеты¹.

Космические достижения

Первый искусственный спутник Земли был шариком диаметром 58 см и передавал только звуковой сигнал «бип-бип-бип». Но первая космическая скорость была достигнута! А всего через год, 2 января 1959 года, космический аппарат «Луна-1» полетел, естественно к Луне, со второй космической скоростью.

Пока с наибольшей скоростью 16,26 км/с покидала Землю автоматическая межпланетная станция «Новые горизонты», запущенная в США 19 января 2006 года. Относительно Солнца её ско-



¹ Подробнее об этом читайте в «Квантике» №11 за 2016 год, с. 2–5.

рость составляла 45 км/с — благодаря тому, что запускалась она в сторону движения Земли по орбите.

Конические сечения

Вернёмся к движению тела вокруг одного источника притяжения, например Солнца. Если тело запустить с первой космической перпендикулярно направлению на Солнце, оно полетит по окружности. Если запустить его в любом направлении, только не на само Солнце, со скоростью меньше второй космической, орбита будет эллипсом. При запуске со второй космической получится парабола. Если запустить с ещё большей скоростью, получится гипербола.



Эти кривые можно увидеть, пересекая конус плоскостью. Если ось конуса перпендикулярна плоскости, в пересечении получится окружность. Будем постепенно менять угол наклона плоскости к оси конуса. Линия пересечения превращается в эллипс, причём, чем больше угол наклона, тем более вытянутым получается этот эллипс. Продолжим наклонять секущую плоскость до тех пор, пока она не станет параллельной одной из касательных плоскостей конуса. В этот момент линия пересечения — парабола. Наклоним ещё — получится гипербола.

Художник М. Усеинова