

## ПРИМЕР

Характер движения воздушного шарика, отпущенного с возможностью выпускать воздух через узкое отверстие, отличается скоростью движения, траекторией полёта и источником энергии движения.



Какова механика полёта шарика?

Надувая шарик, мы создаем в нем повышенное давление. Потом завязываем отверстие ниткой, чтобы воздух не выходил. В этот момент времени шарик и воздух в нем находятся в покое.

Следовательно, суммарный импульс системы шарик-воздух равен нулю:

$$p_0 = 0$$

Если развязать нитку, воздух начнет выходить из шарика с некоторой скоростью. Значит, мы можем говорить об импульсе выходящего воздуха. Направление импульса совпадает с направлением движения воздуха.

$$p_1 = m_{\text{воздуха}} v_1$$

При выполнении закона сохранения импульса общий импульс системы тел шарик-воздух не должен измениться (т.е. должен быть равен нулю):

$$p_0 = p_1 + p_2 = 0$$

Чтобы выполнялось это условие, воздух движется в одну сторону, а шарик — в противоположную, причем их скорости таковы, что модули импульса воздушной струи и шарика равны.

$$p_2 = m_{\text{шарика}} v_2 = m_{\text{воздуха}} v_1$$

Векторы импульсов шарика и воздушной струи совпадают с направлениями векторов скоростей. Векторы скоростей, а следовательно и импульсов, направлены в противоположные стороны. В результате равенства модулей и противоположности направлений, суммарный импульс воздушной струи и шарика остаётся равным нулю, т.е. таким же, как и до начала движения.

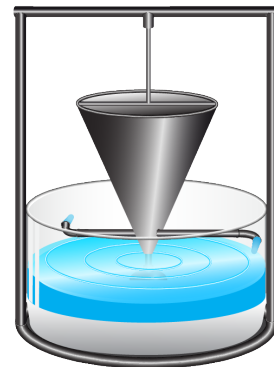
Данная демонстрация движения шарика при истечении из него потока воздуха является примером реактивного движения. Направление скорости движения воздуха противоположно направлению скорости движения самого шарика, поэтому импульс шарика противоположен импульсу воздушной струи.

**Реактивное движение** — это движение, которое возникает при отделении от тела некоторой его части с определённой скоростью.



Вращение устройства, показанного на рисунке, основано на реактивном движении в жидкости.

По сообщающимся с сосудом изогнутым трубкам вытекает вода. Струя из трубки ударяет в стенку поддона или просто с большим давлением бьет из трубки. За счет отбрасывания воды трубка движется в противоположную сторону и сосуд вращается. Такой пример показывает, что для реактивного движения можно использовать не только газ, но и жидкость.



**Многие морские существа пользуются реактивным движением: кальмары, осьминоги, каракатицы.**

Например, кальмар засасывает воду в мантийную полость, а затем резко выталкивает струю воды через воронку. Надо отметить тот факт, что тело кальмара своими внешними формами сходно с ракетой.



Реактивное движение в природе можно проиллюстрировать и примерами из мира растений. **Бешеный огурец** (лат. *Cibibium elaterium* через др.-греч. ἐκβάλλω — "выбрасываю") известен свойством выстреливать семенами на расстояние более 6 м. Это происходит из-за высокого давления внутри плода.

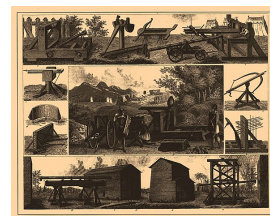
Наблюдая реактивное движение в природе, учёные изобретали реактивные двигатели, которые сначала применялись для развлечения, для использования в военном деле, позже — для водного, воздушного и космического транспорта.

Реактивные двигатели эффективны там, где нет среды, опоры для передвижения. Чтобы изменять своё положение в пространстве, телу необходима точка опоры либо сила, которая придаст импульс. В безвоздушном пространстве импульс можно получить только от энергии реактивного движения.

**Ракета** (от итал. *rocchetta* — маленькое веретено, через нем. *Rakete* или нидерл. *raket*) — аппарат,двигающийся за счёт реактивной силы вследствие отброса рабочего тела аппарата без использования вещества окружающей среды.

### КТО ЖЕ ПРИДУМАЛ РАКЕТУ?

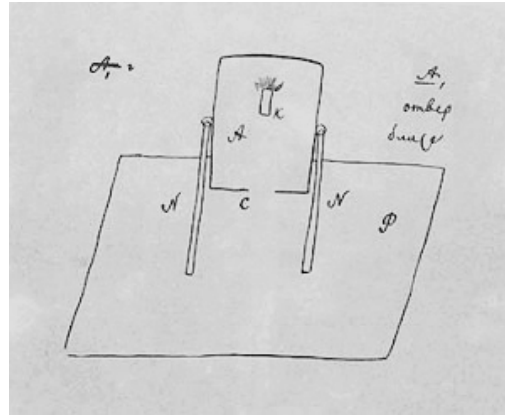
Ракета была известна давно. Очевидно, она появилась много веков назад на Востоке, возможно, в Древнем Китае — родине пороха. Ракеты (рис. 1) использовали во время народных празднеств, устраивали фейерверки, зажигали в небе огненные дожди, фонтаны, колёса.



В начале 17 века в «Уставе ратных, пушечных и других дел, касающихся до военной науки» подробное описание русских ракет дано пушечным мастером Онисимом Михайловым. В 1680 году в Москве учреждено первое «ракетное заведение». В лабораториях изготавливали порох для ракет и отдельные их части. В 1717 году на вооружение русской армии принята сигнальная ракета в один фунт, которая поднималась на 1 километр.

В фантастических рассказах писатели предлагали использовать ракету для быстрого передвижения по воздуху. В России первым изобретателем ракет был Николай Иванович Кибальчич, химик, изобретатель (рис. 2). Для покушения на императора России Александра II изобрёл летательные снаряды с «летучим студнем», за что был арестован и приговорён к смертной казни. В тюрьме Кибальчич изобрёл пилотируемый летательный аппарат с устройством порохового ракетного двигателя и управлением путём изменения угла наклона двигателя для космических перелётов. Проект был опубликован только в 1918 году в журнале «Былое», спустя 37 лет.

Находясь в заключении за несколько дней до своей смерти, я пишу этот проект. Я верю в осуществимость моей идеи и эта вера поддерживает меня в моем ужасном положении. Если же моя идея после тщательного обсуждения учеными специалистами будет признана исполнимой, то я буду счастлив тем, что окажу огромную услугу Родине и человечеству.



Существуют ракеты для вывода в космос искусственных спутников (обеспечивающих мобильную связь, навигацию, мониторинг поверхности Земли и т.п.), автоматических межпланетных станций и т.д.

Большую часть ракеты занимает топливо и окислитель. Для сгорания топлива необходим кислород (как известно в космосе его нет), поэтому для поддержания горения и необходим окислитель. Насосы подают топливо и окислитель в камеру сгорания.

Горение топлива создаёт горячий газ с большим значением давления и скорости. Сопло ракеты направлено так, что газ вырывается противоположно направления её движения, тем самым придавая импульс ракете

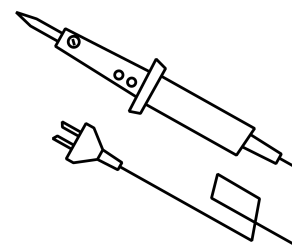
Это можно показать с помощью закона сохранения импульса.

Для упрощения расчёта параметров полёта не учитывают силы земного притяжения. Начальный импульс ракеты до старта равен нулю. Поэтому суммарный импульс движущейся ракеты и испускаемого газа тоже равен нулю. Это возможно только в противоположно направленном движении оболочки ракеты и струи газа:

$$p_{\text{оболочки}} = p_{\text{газа}}$$

или

$$m_{\text{оболочки}} v_{\text{оболочки}} = m_{\text{газа}} v_{\text{газа}}$$



Получим:

Скорость оболочки прямо пропорциональна скорости газа, выходящего из сопла и обратна пропорциональна массе оболочки:

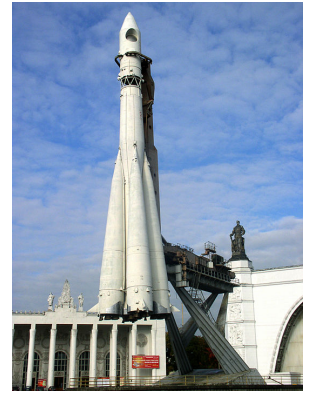
$$v_{\text{оболочки}} = \frac{m_{\text{газа}} v_{\text{газа}}}{m_{\text{оболочки}}}$$

При сгорании топлива в первой ступени она оказывается не нужной и отстреливается. После этого начинает работать двигатель второй ступени, расходуя свое топливо и окислитель. Затем отбрасывается и вторая ступень ракеты. Такой процесс позволяет экономить топливо, т.к. масса ракеты при отбрасывании ступени уменьшается. Это, в свою очередь, позволяет увеличить скорость ракеты (см. формулы).

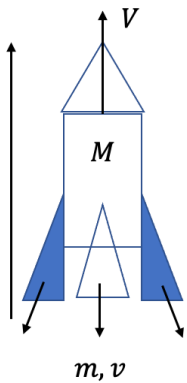
**Полёт трёхступенчатой ракеты:**

1. Двигатель 1 ступени работает около 3 минут. За это время ракета пролетает более 50 км.
2. Израсходовав всё топливо, 1 ступень отделяется от ракеты, и начинает работать двигатель 2 ступени (около 2 минут).
3. 3 ступень работает примерно 12 минут и выводит спутник на околоземную орбиту на высоту около 320 км.

Реактивное движение-это движение, которое происходит за счет отделения от тела с некоторой скоростью какой-либо его части.



В отличие от других видов движения реактивное движение позволяет телу двигаться и тормозить в безвоздушном пространстве, достигать первой космической скорости.



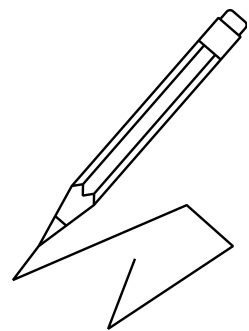
Ракета представляет собой систему двух тел: оболочки и топлива. Оболочка имеет форму трубы, верхний конец которой заострен и герметично закрыт; нижняя часть оболочки снабжен специальной насадкой-это сопло ракеты  
 $M$  (кг)-масса оболочки (ракеты),  
 $m$  (кг)-масса топлива,  
 $v$  ( $\frac{m}{c}$ )-скорость выброса раскаленных газов,  
 $V$  ( $\frac{M}{c}$ )-скорость ракеты.

**Закон сохранения импульса для ракеты:**

$$0 = MV - mv$$

**Модуль скорости ракеты:**

$$V = \frac{m}{M} v$$



Для заметок

1. Под ред. Ландсберга Г.С. Элементарный учебник физики. Механика и молекулярная физика
2. Под ред. Ландсберга Г.С. Элементарный учебник физики. Электричество и магнетизм
3. Элементарный учебник физики. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика