Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Таймылырская средняя общеобразовательная школа»

Булунский улус (район) Республики Саха (Якутия)

*Урок по теме: «Что такое реактивное движение».*

Составитель:

Куулар Ш. К., учитель физики и информатики

Таймылыр 2021г.

Представляем вашему вниманию доклад по теме: «Реактивное движение. Значение работ К.Э. Циолковского». Мы обсудим, что собой представляет реактивное движение и как оно связано с движением ракет и самолетов. Вначале дадим определение этому виду движения. С помощью формул рассмотрим его взаимосвязь с законом сохранения импульса. Обсудим значение работ К.Э. Циолковского.

Тема тесно связана с законом сохранения импульса и называется «**Реактивное движение**». Сегодня мы обсудим, что это за движение и как оно определяет движение ракет и самолетов.

**Явление отдачи**

На практике часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда тело под действием внутренних сил распадается на части. Если внутренние силы достаточно велики по сравнению с внешними силами, то можно применять закон сохранения импульса и описывать движение этих тел. Эта ситуация имеет название «явление отдачи». Примером такого явления является выстрел снарядом из пушки (рис. 1).

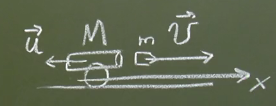


Рис. 1. Выстрел снарядом из пушки

Пушка выстреливает снарядом. Снаряд движется в направлении оси https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330183/10eba87915087b02196d518822525e9b.png. По закону сохранения импульса пушка начнет двигаться в противоположную сторону. Для простоты будем считать, что все скорости направлены вдоль одной прямой параллельно оси https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330183/10eba87915087b02196d518822525e9b.png.

Запишем закон сохранения импульса. До выстрела система покоилась, значит, импульс был равен нулю. После выстрела импульс системы состоит из двух частей: импульс  снаряда и импульс пушки. Получаем:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330184/67d55b54381072a5efbf292677d43576.png

Перепишем полученное выражение в проекциях на ось https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330183/10eba87915087b02196d518822525e9b.png. При этом скорость снаряда будет со знаком «+», а скорость пушки (скорость отдачи) со знаком «-».

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330185/1f92a1459828a66d1d3046abd093d660.png

Выразим скорость, с которой откатится пушка:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330186/21036b4313d1f531a7b919a2d51264d6.png

Подставим следующие значения: https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330187/60c58686bd1a4c3d4ed228856307990d.png.

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330188/a6faddbe4183170ccea1a30763ce539f.png

В реальности данная скорость может быть меньше за счет того, что масса пушки будет больше. Или же за счет специального оборудования (противооткатные опоры, гидропневматический амортизатор), которое предотвращает откат назад. В современных автоматах и пулеметах за счет энергии отдачи происходит перезаряд орудия и выброс гильзы.

Явление отдачи – это причина любого движения на Земле.  Рассмотрим движение автомобиля. Он катится по земле, и между автомобилем и землей возникает сила трения. Эта сила является внутренней для системы «автомобиль – Земля». Фактически автомобиль отталкивается от Земли и приобретает скорость в одну сторону, а Земля приобретает скорость в противоположную сторону. Конечно, Земля имеет намного большую массу, чем автомобиль, и она не движется в том направлении, в котором она должна была бы двигаться, если бы имела малую массу.

Явление отдачи сопровождает многие процессы в микромире. Например, процесс деления ядра урана при попадании в него медленного нейтрона (рис. 2). До деления ядро и нейтрон можно считать неподвижным, а после деления два осколка разлетаются с большой скоростью в разные стороны. Здесь тоже применим закон сохранения импульса.

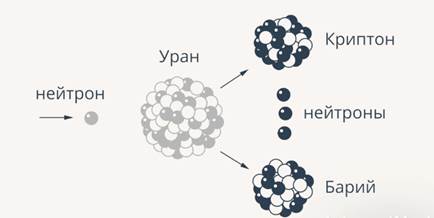


Рис. 2. Процесс деления ядра урана

Наиболее привычным примером явления отдачи является реактивное движение (движение космических ракет).

На сегодняшний день реактивное движение широко распространено не только среди ракет и самолетов, многие животные тоже используют реактивное движение. Например, такие морские животные, как осьминоги или каракатицы, используют как раз реактивное движение. Они набирают воду, потом ее под давлением из себя выдавливают, и это приводит к тому, что они быстро перемещаются под водой (рис. 3).

**Реактивным движением** называют движение, которое происходит в результате отделения от тела какой-либо его части или, наоборот, если к телу присоединяется какая-либо часть.

[Уравнение движения ракеты](https://interneturok.ru/lesson/physics/9-klass/zakony-vzaimodejstviya-i-dvizheniya-tel/reaktivnoe-dvizhenie-znachenie-rabot-k-e-tsiolkovskogo#mediaplayer)

Как связано реактивное движение с импульсом? Если мы рассматриваем тело, в котором находится определенное количество газов (именно за счет газов чаще всего и осуществляется реактивное движение в технике), и если эта масса газов отделяется от тела с большой скоростью, то импульс газов будет численно равен импульсу самого тела (рис. 4):

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330191/805f349917d5b3e1b67220da1f3a60c6.png

В проекциях на ось https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330192/4d6583e8ccff67db4dfa01d654524d5f.png:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330193/9b06b48367ddf6efc3576870325a2646.png

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330194/dc73009fc4229ebec9458bb6012dcaae.png



Рис. 4. Реактивное движение ракеты

Соответственно, скорость ракеты можно определить для данного мгновения времени следующим образом: https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330196/0abbfd540d3d4f027e4b5917a4f85ea3.png https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330197/e64c1baeddc81a1b07e306f3eefc9ebf.png.

[Недостатки уравнения](https://interneturok.ru/lesson/physics/9-klass/zakony-vzaimodejstviya-i-dvizheniya-tel/reaktivnoe-dvizhenie-znachenie-rabot-k-e-tsiolkovskogo#mediaplayer)

Важно понимать, как скорость газов влияет на увеличение скорости оболочки, т. е., чем больше скорость вырывающихся газов, тем больше скорость самой оболочки. Заметим, что эта формула записана для мгновенного сгорания газов, а в ракетах не происходит такого: топливо сгорает постепенно.

**Как движется ракета?**

Ракета движется благодаря выбрасыванию горючего в сторону, противоположную движению ракеты.

Рассмотрим движение ракеты (рис. 5).

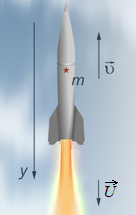


Рис. 5. Движение ракеты

Пусть в начальный момент скорость ракеты равна https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330199/f9a01123a6b79fb1134175567bc49523.png, а масса ракеты вместе с газами и окислителем равна https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330200/d3052766add4ba9aafdc1e730dea5cf3.png. Газы вытекают со скоростью https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330201/6a9e96fe7afd57aedfcf23f3b333be52.png относительно ракеты. Через некоторое время скорость ракеты станет https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330202/53cd7886ea6acd8d9692dad76a6dd7d8.png, а масса ракеты https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330203/68e287762934e3b06d987bd9279d8b04.png. Масса вытекшего газа за время https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330204/a3e2d36744e79f91c1c8c81d3589013f.png равна разности масс https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330200/d3052766add4ba9aafdc1e730dea5cf3.png и https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330203/68e287762934e3b06d987bd9279d8b04.png. Скорость газов относительно Земли равна разности скорости https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330202/53cd7886ea6acd8d9692dad76a6dd7d8.png и https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330201/6a9e96fe7afd57aedfcf23f3b333be52.png. В начальный момент времени суммарный импульс равен https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330205/b88271001af090ac65aeaa58cb8967b2.png. После промежутка времени https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330204/a3e2d36744e79f91c1c8c81d3589013f.png импульс равен сумме импульса ракеты и импульса вытекающих газов. Запишем закон сохранения импульса:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330206/955d17a9648ba821b88bc3b06959fb95.png

Если спроектировать закон сохранения импульса на ось и провести преобразования, можно получить закон, который описывает движение ракеты:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330207/34e96e67e85a0f28e863c12c3425ecab.png

Знак минуса говорит о том, что ракета и газы движутся в разных направлениях. Разделим обе части этого уравнения на промежуток времени, в течение которого ракета разгонялась до скорости https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330202/53cd7886ea6acd8d9692dad76a6dd7d8.png. Слева у нас получится сила тяги:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330208/b8c70566203419fba3dffa7ef7aee9e1.png

Слева у нас получится массовый расход https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330209/725705a8184c02d38d30e15ea3faf453.png , умноженный на скорость газов. В итоге получаем выражение для реактивной силы тяги:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330210/6528dd7adf9d611319cb6462f3275738.png

Реактивная сила тяги зависит от двух параметров: от скорости, которой выбрасываются газы, и от массового расхода.

Постепенно масса ракеты уменьшается за счет сгорания топлива, и газы, вырывающиеся из ракеты, соответственно увеличивают скорость уже тела с уменьшающейся массой (рис. 6). В данном случае нужно говорить о законе сохранения импульса с переменной массой.

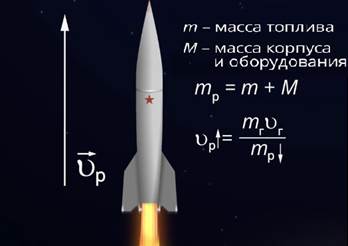


Рис. 6. Уменьшение массы ракеты

Реактивное движение бывает двух видов. Реактивное движение само по себе характерно для ракет в космосе. Ракеты летают во всех средах, в том числе в вакууме, и движение ракет обеспечивается наличием топлива и окислителя для него внутри самой ракеты.

Воздушно-реактивное движение – второй вид реактивного движения, характерный для реактивных самолетов. В этом случае никакой окислитель не нужен, потому что самолет летит в воздушном пространстве и, двигаясь с большой скоростью, прокачивает через себя большое количество воздуха (кислорода), который и окисляет топливо, дает большую температуру сгорания. Образуются газы, которые заставляют двигаться самолет вперед (рис. 7).



Рис. 7. Движение самолета

**Ракетный двигатель** содержит все компоненты рабочего тела на борту и способен работать в любой среде.

**Воздушно-реактивный двигатель** использует энергию окисления горючего кислородом воздуха, забираемого из атмосферы.

Чтобы перемещаться дальше в пространстве, необходимо постоянно увеличивать массу горючего. Так, например, чтобы создать такую ракету, которая преодолела бы силу притяжения Солнца, потребуется масса топлива в 55 раз больше, чем масса самой ракеты.

**Расчет запаса топлива для ракеты**

Сколько необходимо взять топлива на ракету, чтобы она стала искусственным спутником Земли?

Представим, что масса ракеты https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330213/15a1b93a5304666270a33c42507d3239.png. Ускорение, которое будет у ракеты во время подъема на орбиту, равно https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330214/e41385d11e2cb56b9b9a07d173259707.png. Посчитаем силу тяги:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330215/9ce0a33e4f81427255d8227772d40966.png

У современных ракет скорость выброса газов равна https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330216/e740aba886ccd79457959805238db7c8.png.

Найдем массовый расход:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330217/9df21c7bc6375dc12f9fa00801b178da.png

Если учесть, что первая космическая скорость https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330218/6e63c16d73fd07ef1a12a53789e2dd22.png, то при заданном ускорении этой скорости можно достигнуть за время https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330219/8a782a8a3a4e4adc0a67b559d08e0998.png.

Тогда нам понадобится горючего:

https://static-interneturok.cdnvideo.ru/content/konspekt_image/330220/492215ad2d3c8bbbd2974104e2620858.png

Обратите внимание, что масса топлива в 2 раза больше массы ракеты. Наши расчеты не совсем точны. Ведь в начальный момент масса ракеты не 10 тонн, а 30 тонн, с учетом массы топлива.

[Устройство ракеты](https://interneturok.ru/lesson/physics/9-klass/zakony-vzaimodejstviya-i-dvizheniya-tel/reaktivnoe-dvizhenie-znachenie-rabot-k-e-tsiolkovskogo#mediaplayer)

Если говорить об устройстве ракеты, важно понимать, что все ракеты строятся по одному и тому же принципу. Во-первых, это головная часть. Приборный отсек. Вторая часть – бак с топливом и окислитель. При смешивании этих двух частей происходит возгорание, сгорание топлива. Далее идут насосы и сопло (рис. 8). Форма сопла – того места, откуда вырываются газы, – имеет значение. Оказывается, изменение формы позволяет изменять скорость движения.

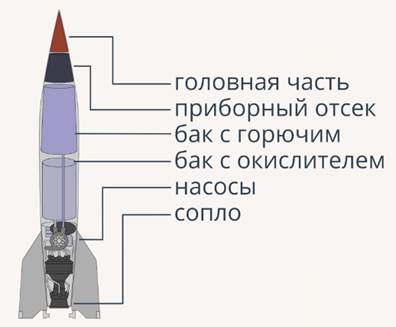


Рис. 8. Устройство ракеты

**Список литературы**

1. А так ли хорошо знакомо вам реактивное движение? // Квант. – 2007. – № 5. – С. 32-33.
2. Николаев В. Космический полет – это так просто!?.. // Квант. – 1990. – № 4. – С. 52-56.
3. Саенко П.Г. Физика: Учеб. для 9 кл. сред. шк. – М.: Просвещение, 1990. – С. 98-106.
4. Физика: Механика. 10 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики / М.М. Балашов, А.И.

**Дополнительные рекомендованные ссылки на ресурсы сети Интернет**

1. Интернет-портал «tsiolkovsky.tass.ru» ([Источник](https://tsiolkovsky.tass.ru/))
2. Интернет-портал «prosopromat.ru» ([Источник](https://www.prosopromat.ru/istoriya-sopromata/ocherki-iz-istorii-nauki/k-e-ciolkovskij-k-zvezdam/reaktivnoe-dvizhenie.html))

**Домашнее задание**

1. Что такое реактивное движение? Приведите несколько примеров реактивного движения в природе.
2. Какой закон сохранения используется для получения закон движения ракеты? Сформулируйте его.
3. Что такое первая космическая скорость? Назовите ее численное значение.