

Тема урока:

Закон сохранения импульса. Реактивное движение.

Цели обучения:

- 9.2.3.2 - формулировать закон сохранения импульса и применять его при решении задач;
- 9.2.3.3 - приводить примеры реактивного движения в природе и технике;
- 9.2.3.4 - оценивать региональное и международное значение космодрома Байконур

Ответь на вопросы в тетради:

1. Что называют импульсом тела? Как иначе называют импульс тела?
2. По какой формуле вычисляют импульс тела? В каких единицах его измеряют?
3. По какой формуле вычисляют импульс силы? В каких единицах его измеряют?

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Геометрическая сумма импульсов тел при взаимодействии остается постоянной для замкнутой системы.

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

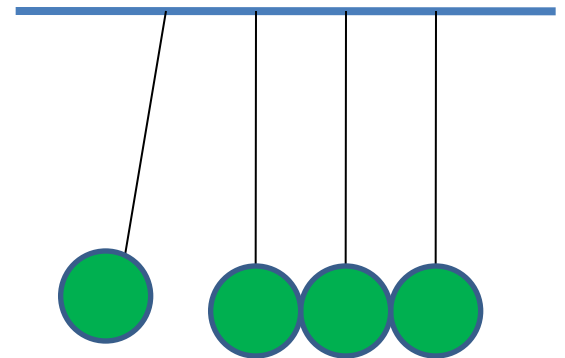
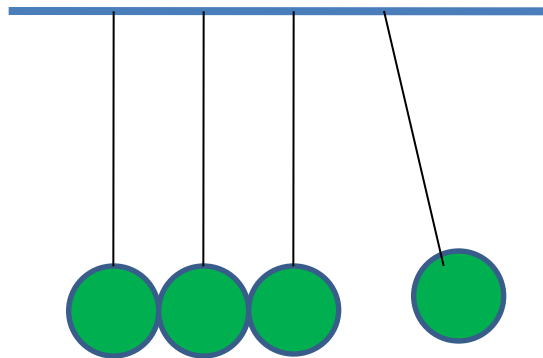
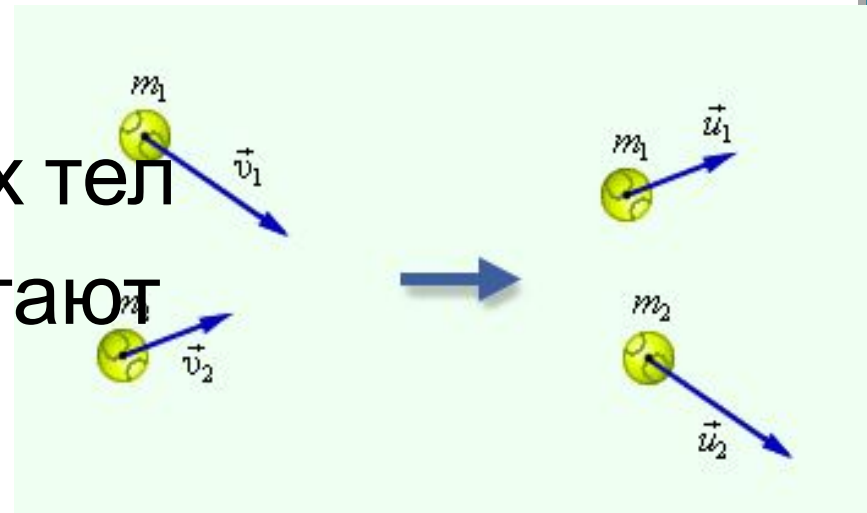
или

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

Систему тел, на которую не действуют внешние силы, называют *замкнутой системой*.

УПРУГИЙ УДАР

При упругом
столкновении двух тел
оба тела приобретают
новые скорости





НЕУПРУГИЙ УДАР

При неупругом ударе тела соединяются и после удара движутся вместе.

Уравнение закона сохранения

импульса $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

(если тела движутся навстречу друг другу, то ставится «-», если одно тело догоняет другое «+»)



Реактивное движение

Объяснить это явление можно с помощью закона сохранения импульса.

Пока отверстие шарика завязано, шарик с находящимся внутри него сжатым воздухом покоится, и его импульс равен нулю.

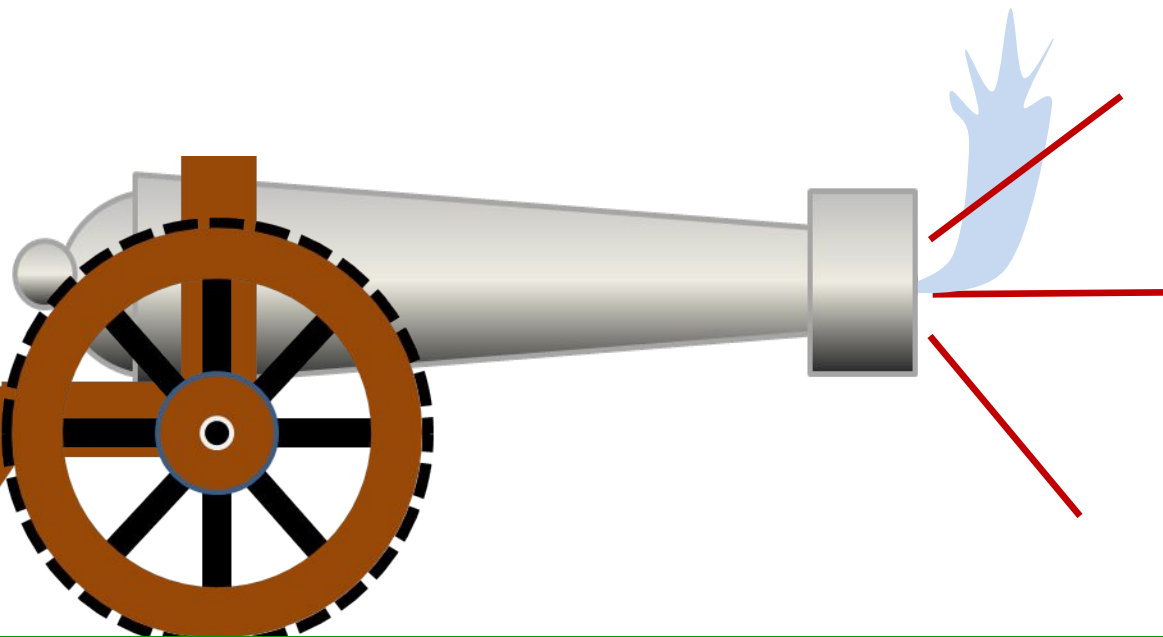
При открытом отверстии из него с довольно большой скоростью вырывается струя сжатого воздуха. Движущийся воздух обладает некоторым импульсом, направленным в ту же сторону, что и направление его движения.

Согласно действующему в природе закону сохранения импульса суммарный импульс системы, состоящей из двух тел - шарика и воздуха в нем, - должен остаться таким же, каким был до начала истечения воздуха, т. е. равным нулю. Поэтому шарик начинает двигаться в противоположную струе сторону с такой скоростью, что его импульс равен по модулю импульсу воздушной струи. Векторы импульсов шарика и воздуха направлены в противоположные стороны. В результате суммарный импульс взаимодействующих тел остается равным

Воздух

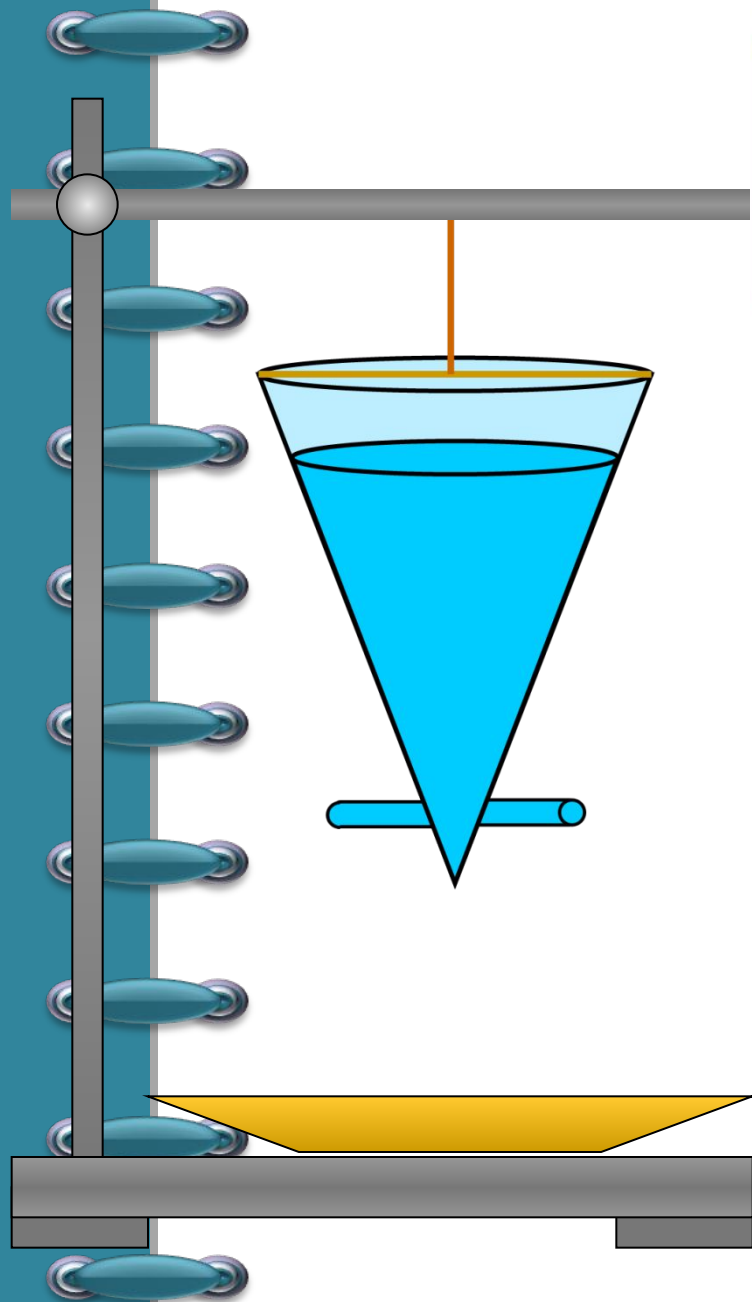
Движение воздушного шарика является примером **реактивного движения**.

Реактивное движение происходит за счет того, что от тела отделяется и движется какая-то его часть, в результате чего само тело приобретает противоположно направленный импульс.



При стрельбе из орудия возникает отдача – снаряд движется вперед, а орудие – откатывается назад. Снаряд и орудие – два взаимодействующих тела. Скорость, которую приобретает орудие при отдаче, зависит только от скорости снаряда и отношения масс.

Реактивное движение – это движение тела, которое возникает в результате отделения от него некоторой части с какой-либо скоростью.



На том же принципе реактивного движения основано вращение устройства, называемого **сегнеровым колесом**. Вода, вытекающая из сосуда конической формы через сообщающуюся с ним изогнутую трубку, вращает сосуд в направлении, противоположном скорости воды в струях.

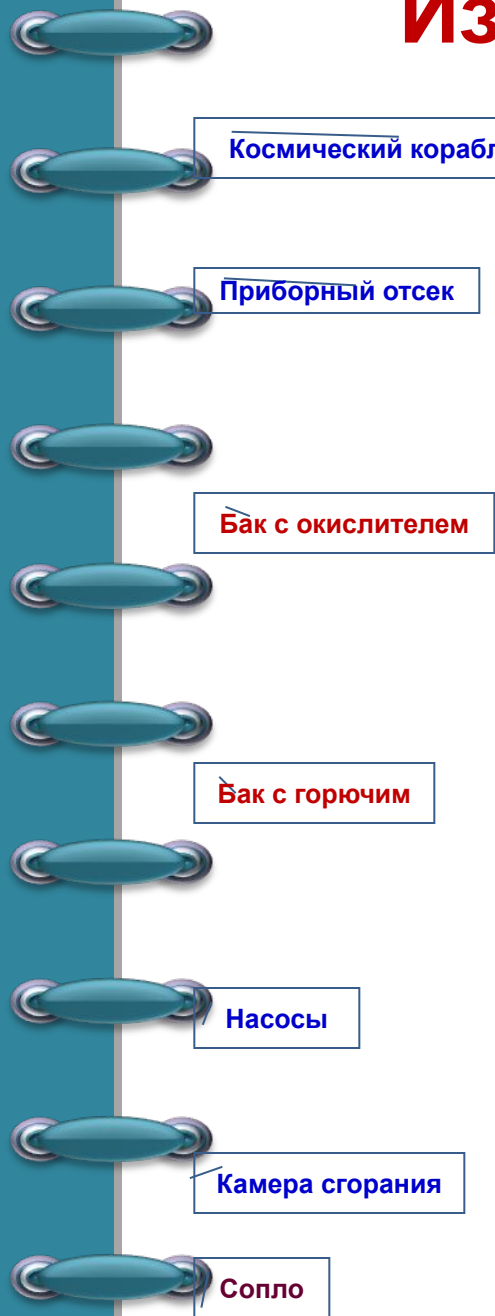
Вода, вытекающая из сосуда конической формы через сообщающую с ним изогнутую трубку, вращает сосуд в направлении, противоположном скорости воды в струях.

Вид сверху.



Мы видим, что реактивное действие оказывает не только струя газа, но и струя жидкости.

Изображение ракеты в разрезе



Оболочка ракеты включает в себя полезный груз (в данном случае это космический корабль), приборный отсек и двигатель (камера сгорания, насосы и пр.).

Основную массу ракеты составляет топливо с окислителем (окислитель нужен для поддержания горения топлива, поскольку в космосе нет кислорода).

Топливо и окислитель с помощью насосов подаются в камеру сгорания.

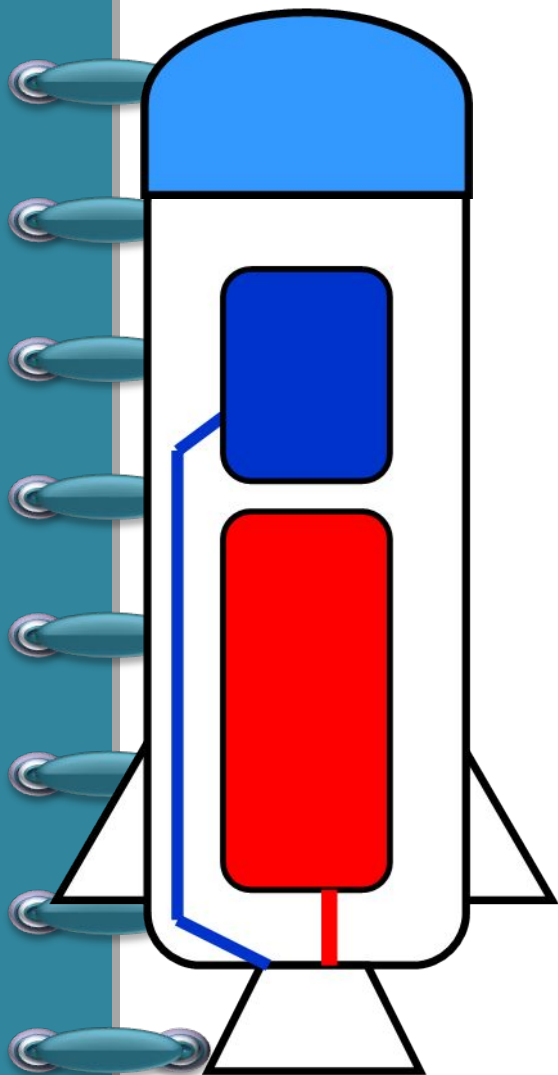
Топливо, сгорая, превращается в газ высокой температуры и высокого давления, который мощной струей устремляется наружу через раструб специальной формы, называемый **СОПЛОМ**. Назначение сопла состоит в том, чтобы повысить скорость струи.



Рассмотрим вопрос об устройстве и запуске так называемых **ракет - носителей**, т. е. ракет, предназначенных для вывода в космос искусственных спутников Земли, космических кораблей, автоматических межпланетных станций и других полезных грузов.

Ракета является весьма «затратным» транспортным средством. Ракеты - носители космических аппаратов «транспортируют», главным образом, топливо, необходимое для работы их двигателей, и собственную конструкцию, состоящую в основном из топливных контейнеров и двигательной установки. На долю полезной нагрузки приходится лишь малая часть (1,5-2,0%) стартовой массы ракеты.

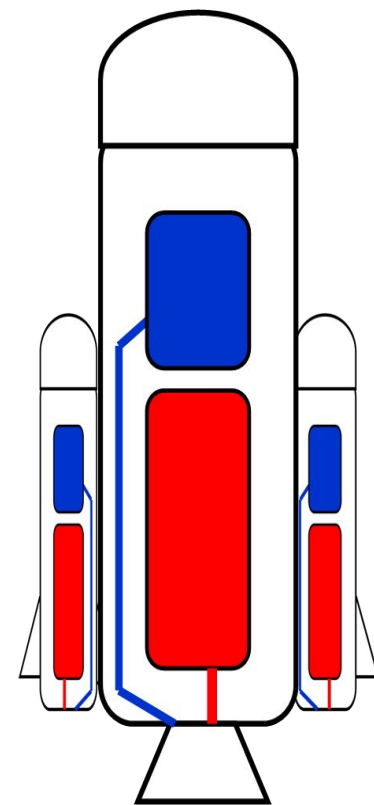
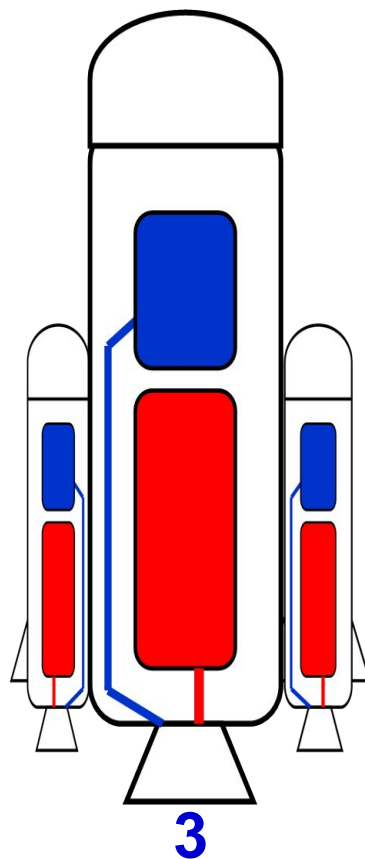
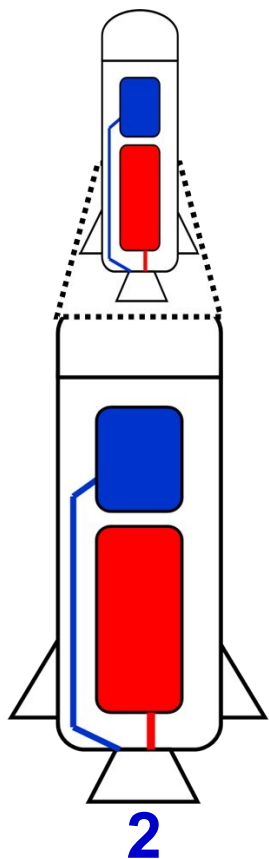
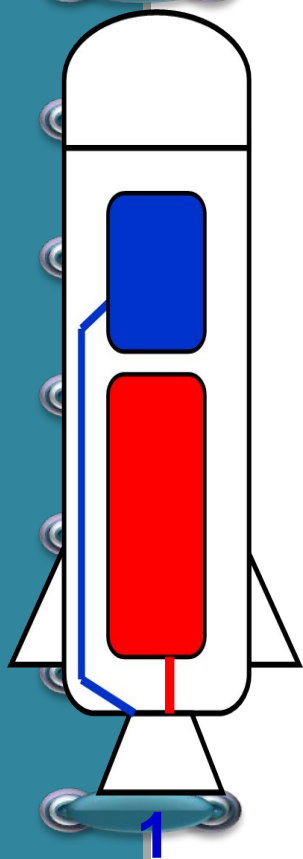
Составная ракета позволяет более рационально использовать ресурсы за счёт того, что в полёте ступень, выработавшая своё топливо, отделяется, и остальное топливо ракеты не тратится на ускорение конструкции отработавшей ступени, ставшей ненужной для продолжения полёта.



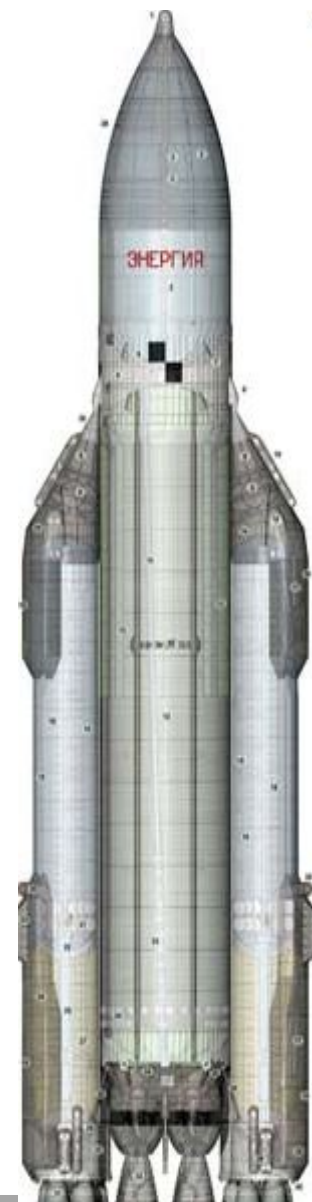
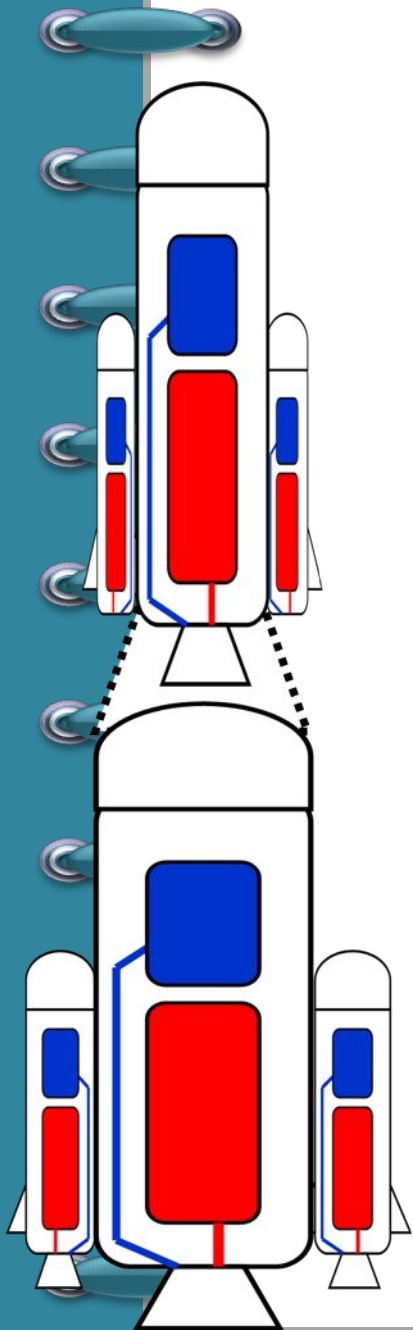
Варианты компоновки ракет.

Слева направо:

1. Одноступенчатая ракета.
2. Двухступенчатая ракета с поперечным разделением.
3. Двухступенчатая ракета с продольным разделением.
4. Ракета с внешними топливными ёмкостями, отделяемыми после исчерпания топлива в них.



Существует и комбинированная схема разделения: продольно - поперечная, позволяющая совместить преимущества обеих схем, при которой первая ступень разделяется со второй продольно, а разделение всех последующих ступеней происходит поперечно.



Для простоты рассуждений будем считать, что ракета представляет собой замкнутую систему (т. е. не будем учитывать действие на нее силы земного притяжения).

До старта импульс ракеты был равен нулю.

$$(m_p + m_g)v = 0$$

По закону сохранения суммарный импульс движущейся ракеты и выбрасываемого из нее газа тоже должен быть равен нулю.

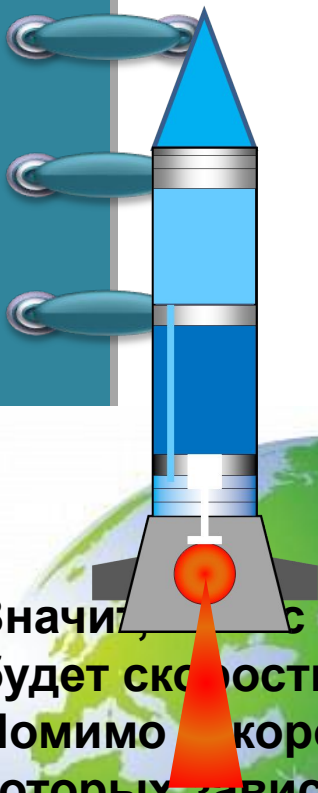
$$0 = m_p v_p + m_g v_g$$

Отсюда следует, что импульс оболочки ракеты и направленный противоположно ему импульс струи газа должны быть равны друг другу по модулю.

$$m_p = - m_g v_g / v_p$$

Значит, с большей скоростью вырывается газ из сопла, тем больше будет скорость оболочки ракеты.

Помимо скорости истечения газа существуют и другие факторы, от которых зависит скорость движения ракеты.



Однако, обязательно нужно учитывать, что по мере сгорания топлива масса летящей ракеты становится все меньше и меньше. Точная формула для скорости ракеты впервые была получена в 1897 г. К. Э. Циолковским.

Из закона сохранения импульса следует, что при мгновенном сгорании топлива выполняется соотношение:

$$\frac{v_p}{v_T} = \frac{m_T}{M - m_T},$$

где m_T – масса топлива;

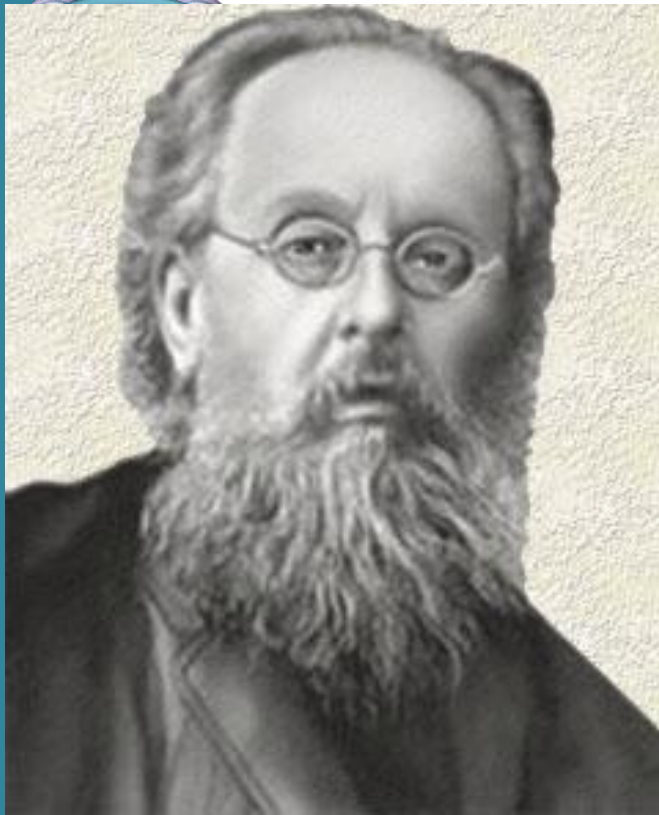
$M - m_T$ – масса ракетоносителя с космическим кораблем без топлива;

v_p – скорость ракеты;

v_T – скорость истечения газа.

В таблице приведены отношения начальной массы ракеты m_0 к ее конечной массе m , соответствующие разным скоростям ракеты при скорости газовой струи (относительно ракеты) $v = 4 \text{ км/с}$

$v_p, \text{км/с}$	m_0/m	$v_p, \text{км/с}$	m_0/m	$v_p, \text{км/с}$	m_0/m
4	2,7	16	55	28	1100
8	7,4	20	148	32	2980
12	20,1	24	403	36	8100



На пороге XX в. дорогу в космос указал К.Э.Циолковский (1857-1935) – ученый-мечтатель из Калуги.

Он первым увидел в ракете не только игрушку, забаву, фейерверк для развлечения, а аппарат, который позволит человеку стать «гражданином Вселенной». Идеи Циолковского о космических полетах были настолько смелы и оригинальны, что современники считали их утопией, и никто по достоинству не смог оценить его труд "Исследования мировых пространств реактивными приборами" (1903).

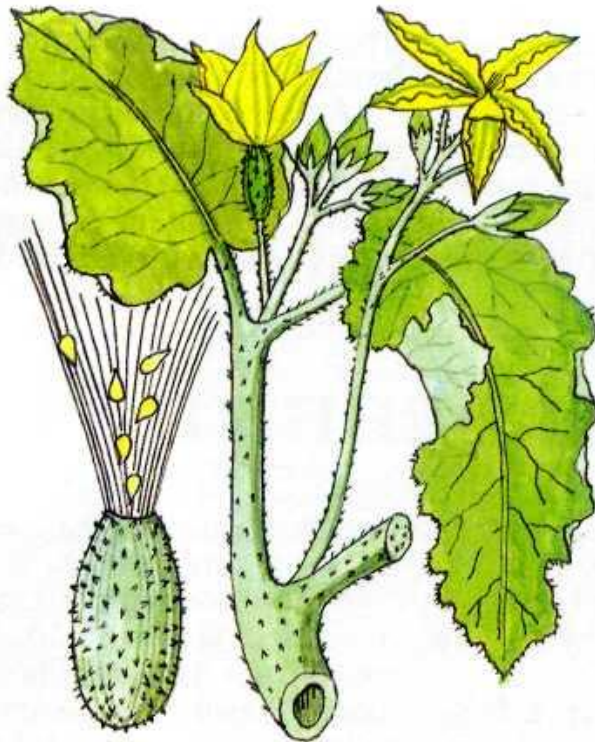


12 апреля отмечается День космонавтики. В этот день в 1961 году на корабле "Восток" стартовал первый космонавт планеты Юрий Гагарин.

Старт был осуществлен с первого стартового комплекса космодрома Байконур. Ракета-носитель "Восток 8К72К" вывела на околоземную орбиту космический корабль "Восток", пилотируемый первым советским космонавтом Юрием Гагариным.

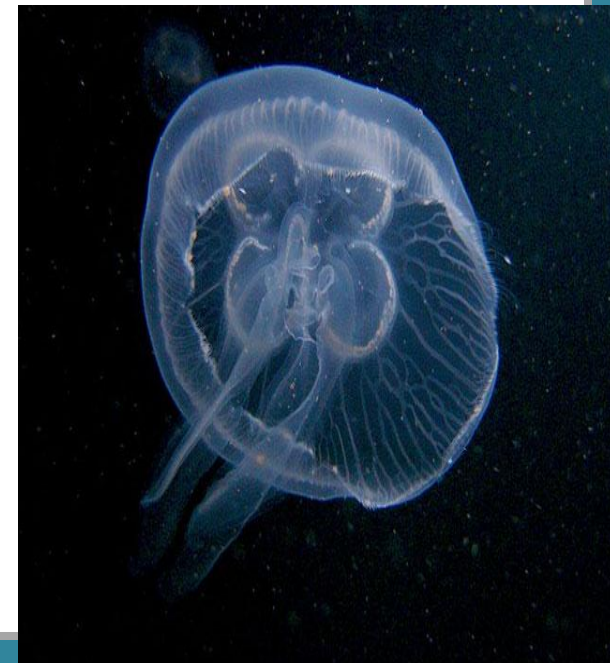
Реактивное движение в растительном мире

Созревшие плоды “бешеного” огурца при самом лёгком прикосновении отскакивают от плодоножки и из образовавшегося отверстия с силой выбрасывается горькая жидкость с семенами; сами огурцы при этом отлетают в противоположном направлении до 12 м.



Реактивное движение в животном мире

Реактивное движение свойственно осьминогам, кальмарам, каракатицам, медузам – все они, без исключения, используют для плавания реакцию (отдачу) выбрасываемой струи воды. Именно это дало повод назвать кальмаров биологическими ракетами. Инженеры уже создали двигатель, подобный двигателю кальмара. Его называют водометом. В нем вода засасывается в камеру. А затем выбрасывается из нее через сопло; судно движется в сторону, противоположную направлению выброса струи. Вода засасывается при помощи обычного бензинового или дизельного двигателя.



Реактивное движение в животном мире

Каракатица, как и большинство головоногих моллюсков, движется в воде следующим способом. Она забирает воду в жаберную полость через боковую щель и особую воронку впереди тела, а затем энергично выбрасывает струю воды через воронку. Каракатица направляет трубку воронки в бок или назад и стремительно выдавливая из неё воду, может двигаться в разные стороны.



Пример решения задачи:

Чему равна скорость пороховой ракеты массой 1 кг после вылета из нее продуктов сгорания массой 0,1 кг со скоростью 500 м/с.

Дано:

$$m_1 = 0,1 \text{ кг}$$

$$v_1 = 500 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 1 \text{ кг}$$

$$v - ?$$

Решение:

Рассмотрим импульсы ракеты и продуктов сгорания до взаимодействия:

$$p_1 = m_1 \cdot v_{1_0} = m_1 \cdot 0 = 0$$

$$p_2 = m_2 \cdot v_{2_0} = m_2 \cdot 0 = 0$$

После взаимодействия импульсы ракеты и продуктов сгорания станут равны:

$$p_1' = m_1 \cdot v_1 = 0,1 \text{ кг} \cdot 500 \text{ м/с} = 50 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$p_2' = m_2 \cdot v_2$$

Согласно закону сохранения импульса, полный импульс системы остается неизменным:

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2' \quad \text{следовательно:} \quad 0 + 0 = p_1' + p_2' \quad p_2' = -p_1'$$

$$m_2 \cdot v_2 = -50 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \quad v_2 = -\frac{50 \text{ кг} \cdot \text{м}}{1 \text{ кг}} \frac{1}{\text{с}} = -50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

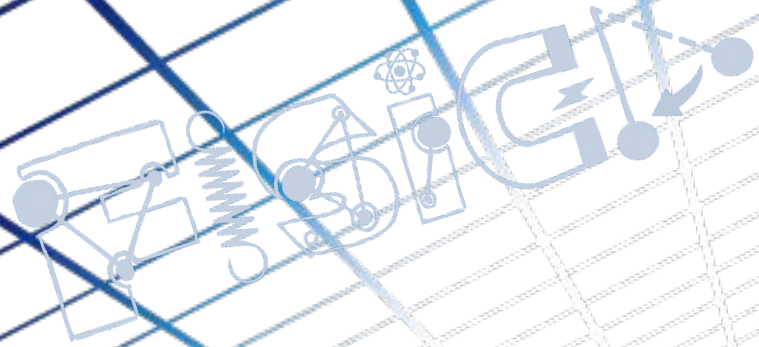
Ответ: $50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Знак «-» показывает, что скорость земного шара имеет противоположное направление скорости человека.

Реши задачи

1. Человек массой 60 кг бежит со скоростью 18 км/ч, догнав тележку массой 20 кг, движущуюся со скоростью 1 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка с человеком?

2. С какой скоростью истекал газ при запуске модели космического корабля массой 200 г, если максимальная высота его подъема составила 12,8 м? При запуске модели было использовано 0,5 кг горючего, сопротивлением воздуха пренебречь.



ЭМЭ

*Желаю успеха в постижении тайн мироздания,
в раскрытии смысла понятий и законов физики!*

