

- изучаем историю космонавтики
- что такое формула Мещерского-Циолковского
- какое топливо лучше для ракеты
- что такое прямоточный двигатель
- какие двигатели работают на самолётах



12 апреля 1961 г. Юрий Гагарин совершил первый в мире полет в космос на космическом корабле «Восток-1» продолжительностью 1 час 48 минут. Он достиг высоты 320 км и совершил ОДИН оборот вокруг Земли со скоростью 27000 км/час.

**ДАТА И МЕСТО РОЖДЕНИЯ:** Родился 9 марта 1934 года в городе Гжатск (ныне Гагарин) Гжатского (ныне Гагаринского) района Смоленской области в семье колхозника.

**ОБРАЗОВАНИЕ:** 1951 г. - ремесленное училище № 10 в г. Люберцы (Московская область) по специальности формовщика-летейщика (с отличием); 1951 г. - школа рабочей молодежи в г. Люберцы (Московская область); 1955 г. - Саратовский индустриальный техникум (с отличием); 1955 г. - Саратовский аэроклуб; 1957 г. - Первое Чкаловское военное авиационное училище летчиков имени К.Е.Ворошилова в городе Оренбурге (по первому разряду)

**СЛУЖБА В СОВЕТСКОЙ АРМИИ:** С 1955 г. - в рядах Советской Армии. С 1957 года до зачисления в отряд космонавтов служил летчиком-истребителем в истребительном авиационном полку Северного флота. Имел квалификацию «Военный летчик 1-го класса».

**ДАТА И МЕСТО ГИБЕЛИ:** Трагически погиб 27 марта 1968 года в авиационной катастрофе вблизи деревни Новоселово Киржачского района Владимирской области при выполнении тренировочного полета на самолете. Похоронен у Кремлевской стены на Красной площади в Москве.

Гагарин не мог управлять кораблём, который полностью контролировался с земли, так как учёные не были уверены, что пилот сможет что-либо сделать в состоянии невесомости. В течение полёта Гагарин ел, пил и разговаривал с землёй.

Гагарин и “Восток-1” приземлились на *отдельных* парашютах. Этот факт долго утаивали, так как Международная Федерация Аэронавтики регистрировала космический полёт только, если космонавт приземлялся вместе с кораблём.

Космическая гонка между СССР и США набирала обороты.



# Сергей Павлович Королёв (1906 -1966) - главный конструктор наших космических побед

Под его руководством **ВПЕРВЫЕ В МИРОВОЙ ИСТОРИИ** совершено:

- 04.10.57 г. - запуск 1-го искусственного спутника,
- полеты автоматических станций к Луне (облёт и мягкая посадка), Венере и Марсу;
- полёты Ю.А. Гагарина,
- первой женщины-космонавта В.В. Терешковой,
- полет экипажа в составе трех космонавтов и
- первый выход в открытый космос космонавта А.А. Леонова.



БЫВШИЙ **штурмбанфюрер СС**,  
Вернер фон Браун (1912–1977),  
- руководитель космической  
программы США

При Гитлере он был главным конструктором ракеты V-2 (Фау-2) - Vergeltungswaffe, "оружия возмездия", как зашифровывал это название Геббельс. По Лондону и Антверпену немцы выпустили 4300 ракет "Фау-2", которые убили 13029 человек. 10 мая 1945 года американцы вывезли фон Брауна в США, где под его руководством была разработана ракета-носитель «Сатурн» для пилотируемых полетов на Луну, искусственные спутники Земли «Эксплорер» и космический корабль «Аполлон».

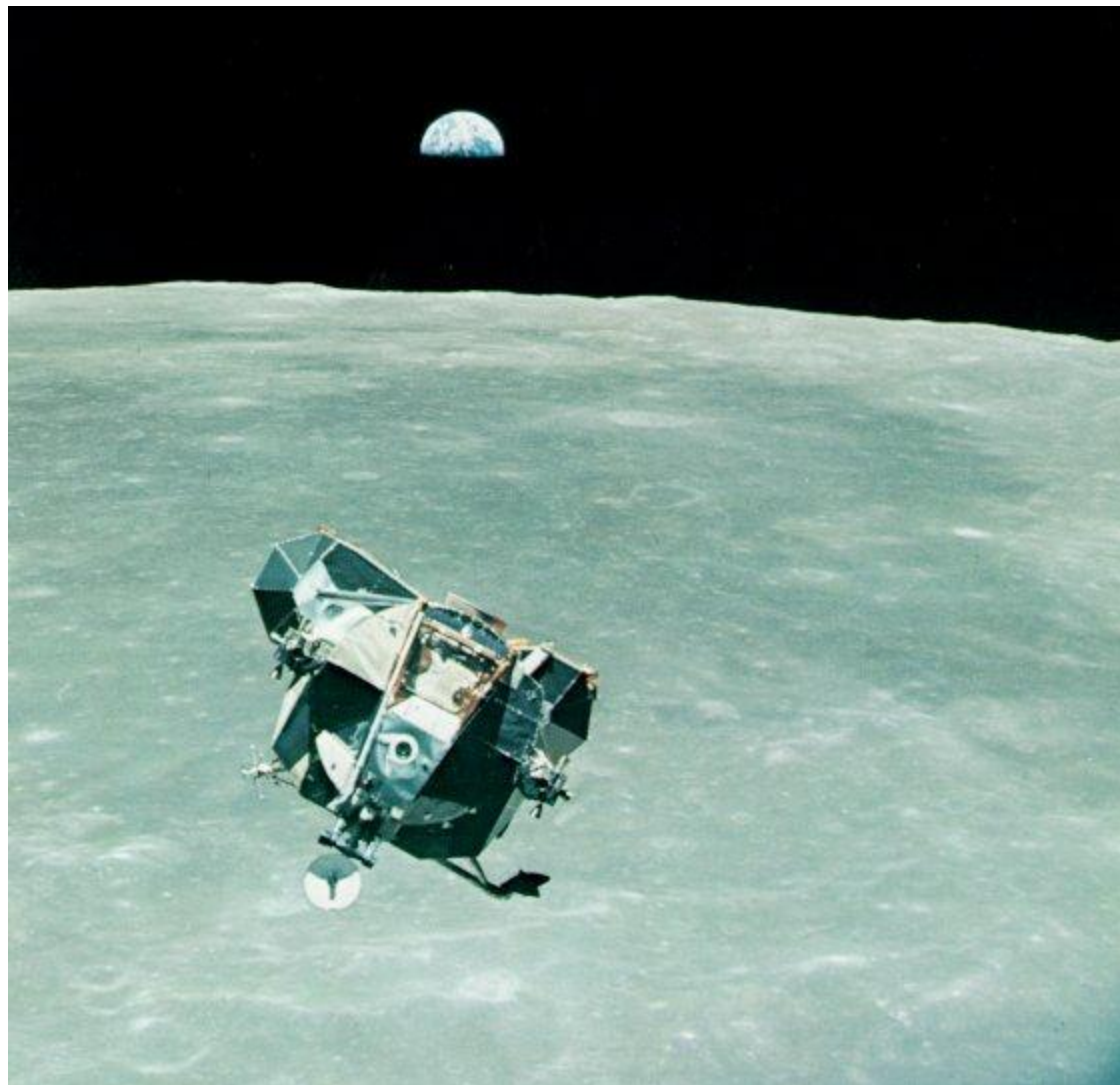


# Холодная война в космосе

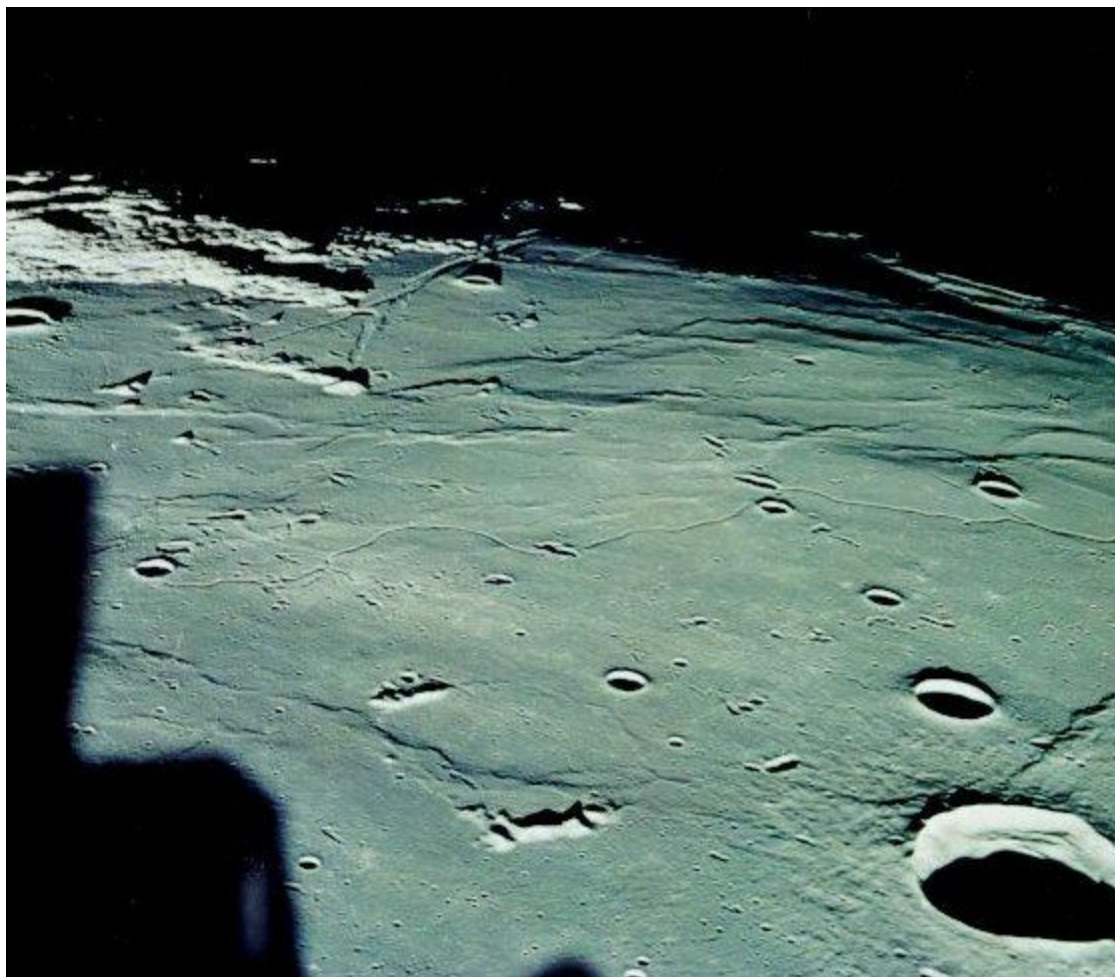
- 4 октября 1957 года был запущен первый советский спутник (82 кг), а американский (14 кг) - лишь 119 дней спустя,
- Юрия Гагарин попал в космос на 10 месяцев раньше первого американского астронавта Джона Гленна,
- на запуск американцами двух космонавтов наши отвечали запуском трех,
- на станцию "Скайлэб" - станцией "Мир",
- К Венере американцы успели всего на два дня позже нас, зато первыми оказались на Марсе,
- Разработав более мощную ракету-носитель "Сатурн", американцы 16 июля 1969 года высадились на Луну (Аполлон-11, Нейл Армстронг и Эдвин Олдрин)



# Проект «Аполлон-11», 16 июля 1969 года, отсоединение лунного модуля

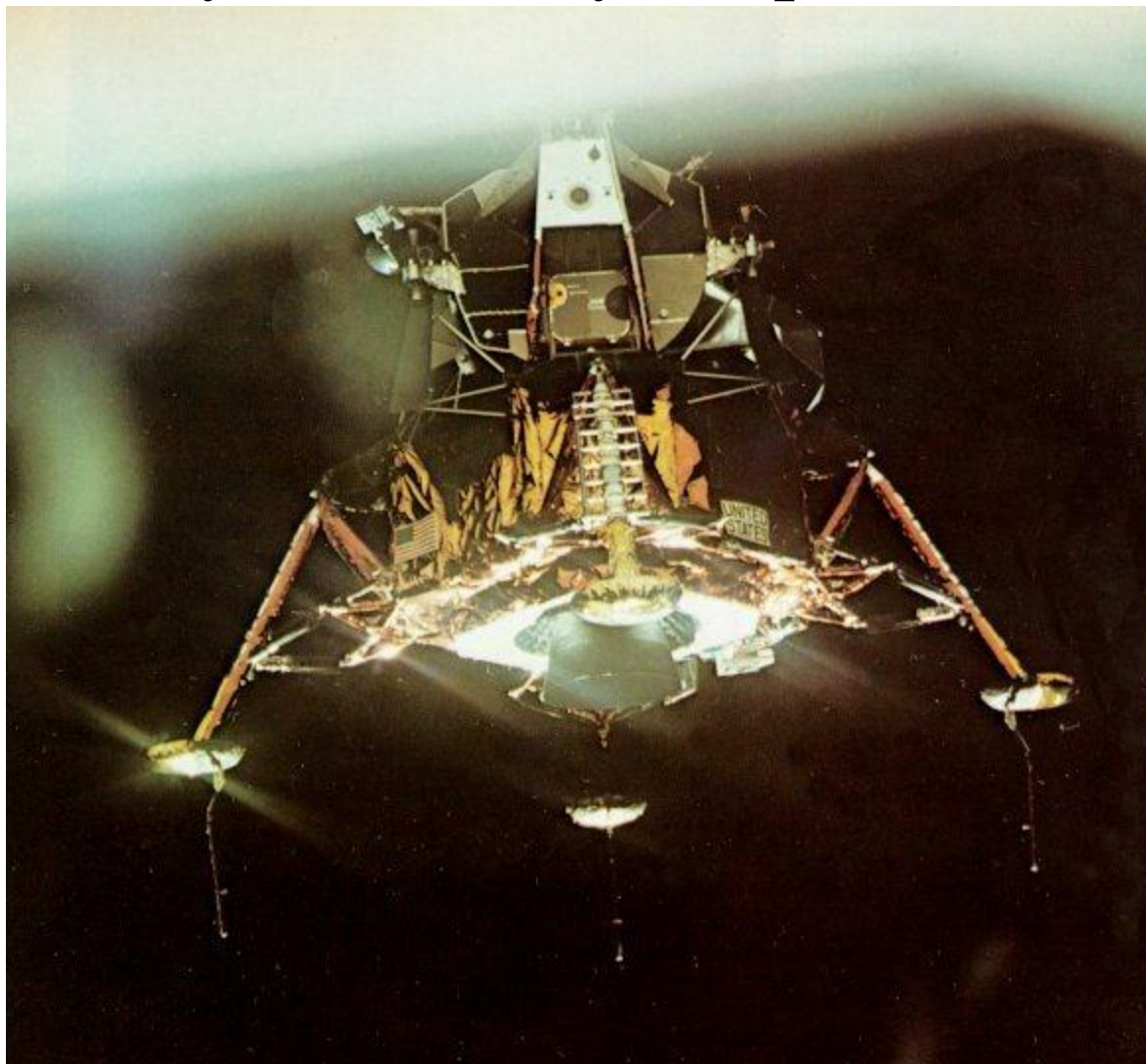


Проект «Аполлон-11», 16 июля 1969 года, место высадки лунного модуля





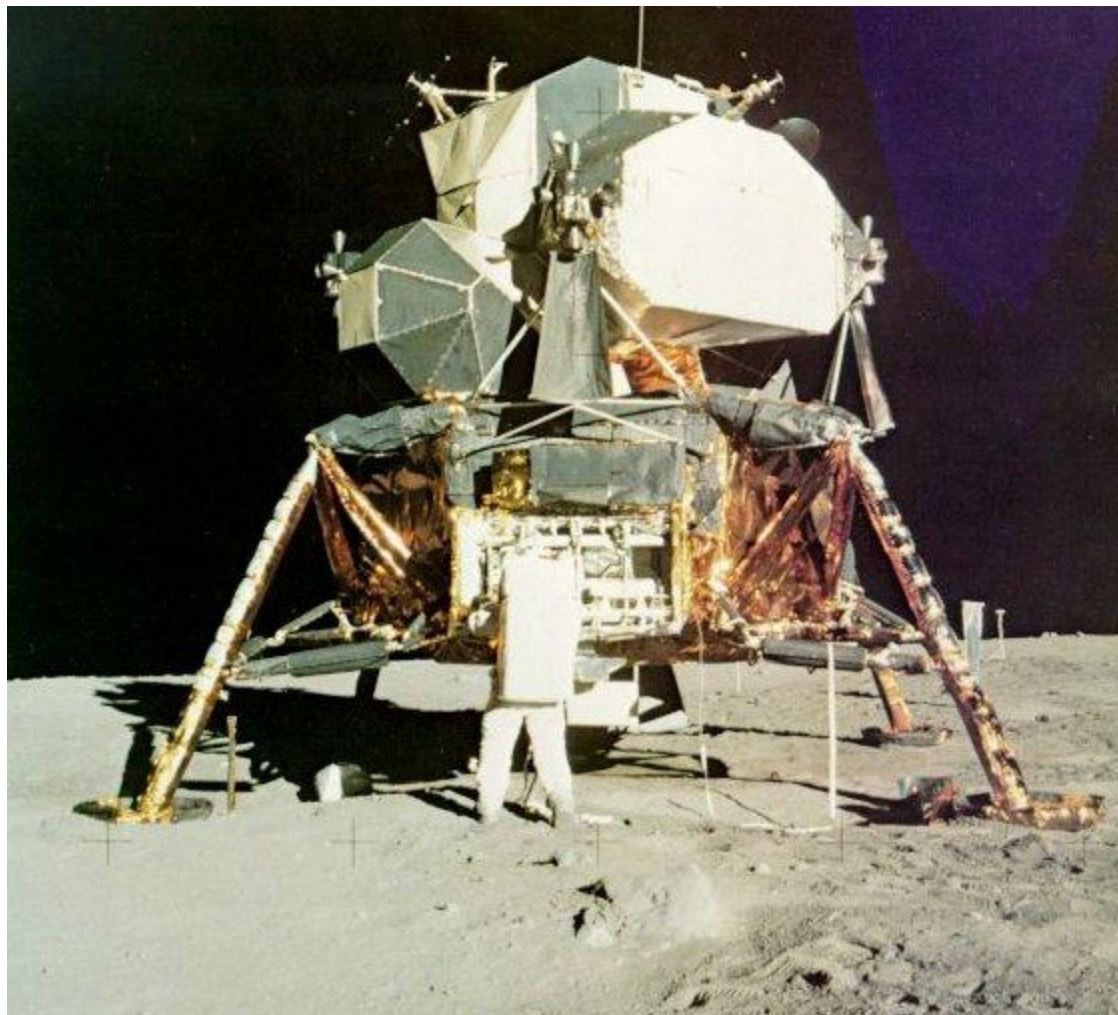
Проект «Аполлон-11», 16 июля 1969  
года, лунный модуль при посадке



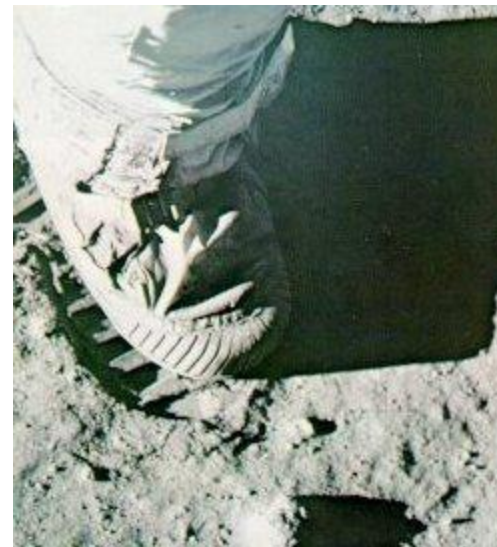
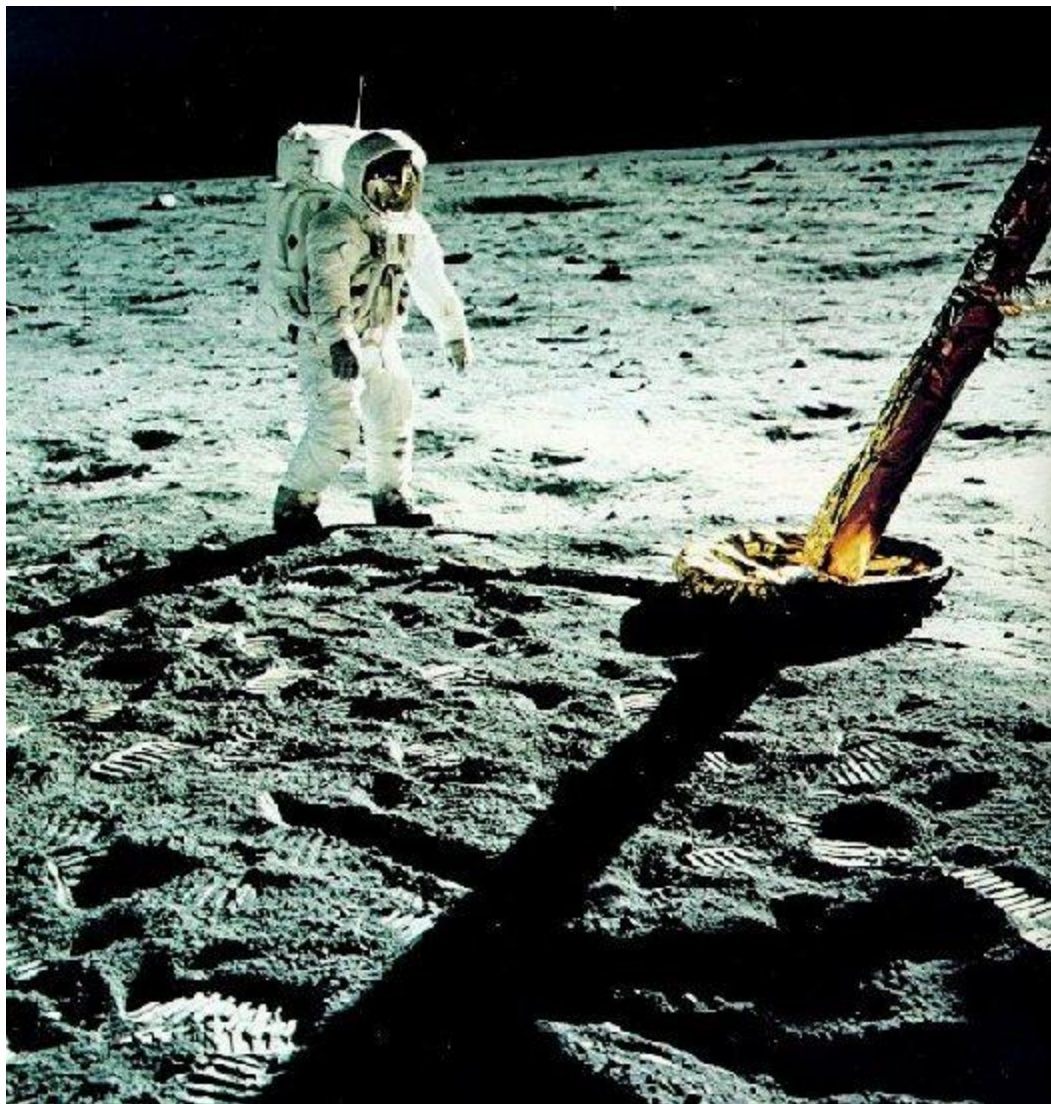
# Проект «Аполлон-11», 16 июля 1969 года, ВЫХОД ИЗ ЛУННОГО МОДУЛЯ



# Проект «Аполлон-11», 16 июля 1969 года, лунный модуль



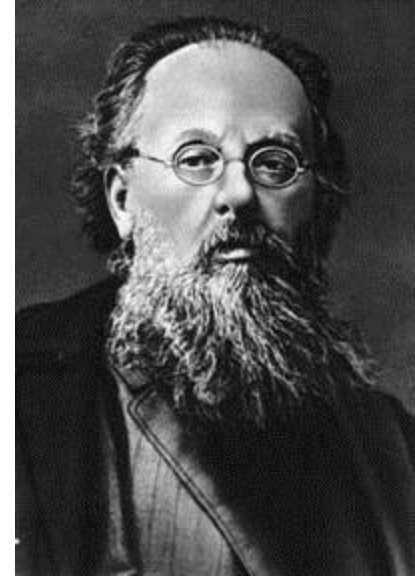
Проект «Аполлон-11», 16 июля 1969  
года, нога лунного модуля



# Константин Циолковский (1857-1935) - - теоретик реактивного движения

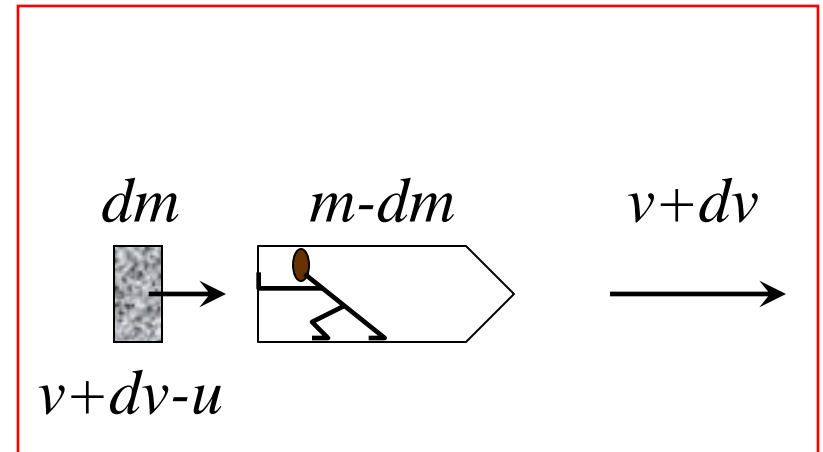
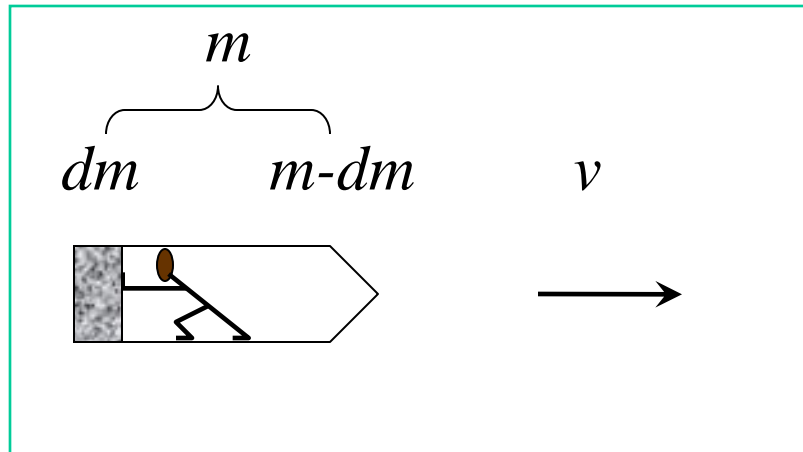
Пароход отталкивает воду, дирижабль и аэроплан - воздух, человек и лошадь - земной шар... Такие жалкие реактивные явления мы обыкновенно и наблюдаем на земле. Вот почему они никого не могли поощрить к мечтам и исследованиям... Ракета заключает в самой себе вещества для отброса.

*К.Э. Циолковский*



В детстве почти полностью потерял слух и с 14 лет учился самостоятельно. Всю жизнь работал учителем физики и математики в Калуге. Впервые обосновал возможность использования ракет для межпланетных полётов.

# Формула Мещерского-Циолковского для скорости реактивного движения



*Из закона сохранения импульса следует, что :*

$$mv = (m - dm) \cdot (v + dv) + dm \cdot (v + dv - u),$$

*откуда получаем :*

$$dv = -u \cdot \frac{dm}{m}, \quad \text{что после интегрирования даёт :}$$

$$v = u \cdot \ln \frac{m_0}{m} \Rightarrow \text{формула Циолковского}$$

# Как увеличить скорость истечения газов из сопла реактивного двигателя?

Если считать, что

- полная энергия газа состоит из его (внутренней) тепловой энергии и кинетической,
- при вытекании из сопла вся тепловая энергия переходит в кинетическую,
- температура и давление в космосе близки к абсолютному нулю, то

*максимальная скорость истечения*

*не может быть выше, чем*

$$u_{\max} = \sqrt{\frac{5RT}{\mu}}$$

# Чтобы увеличить скорость истечения газов из сопла реактивного двигателя нужно:

- использовать более лёгкие газы и
- разогреть их до более высоких температур

Для гелия, разогретого до  $3000^{\circ}\text{K}$  получаем:

$$u_{\max} = 5,6 \text{ км/с},$$

что в 1,5 раза меньше 1-ой космической скорости (7,9 км/с), но формула Циолковского позволяет нам легко достичь её:

$$v = u \cdot \ln \frac{m_0}{m}$$



# Строение ракетного двигателя и его работа



В 1926 Роберт Годдард запустил первую ракету на жидком топливе (бензин + жидкий  $O_2$ ), которая пролетев 2,5 сек, поднялась на 12 м



Космический челнок (США) использует жидкое топливо ( $H_2+O_2$ ) и два твёрдо-топливных ускорителя

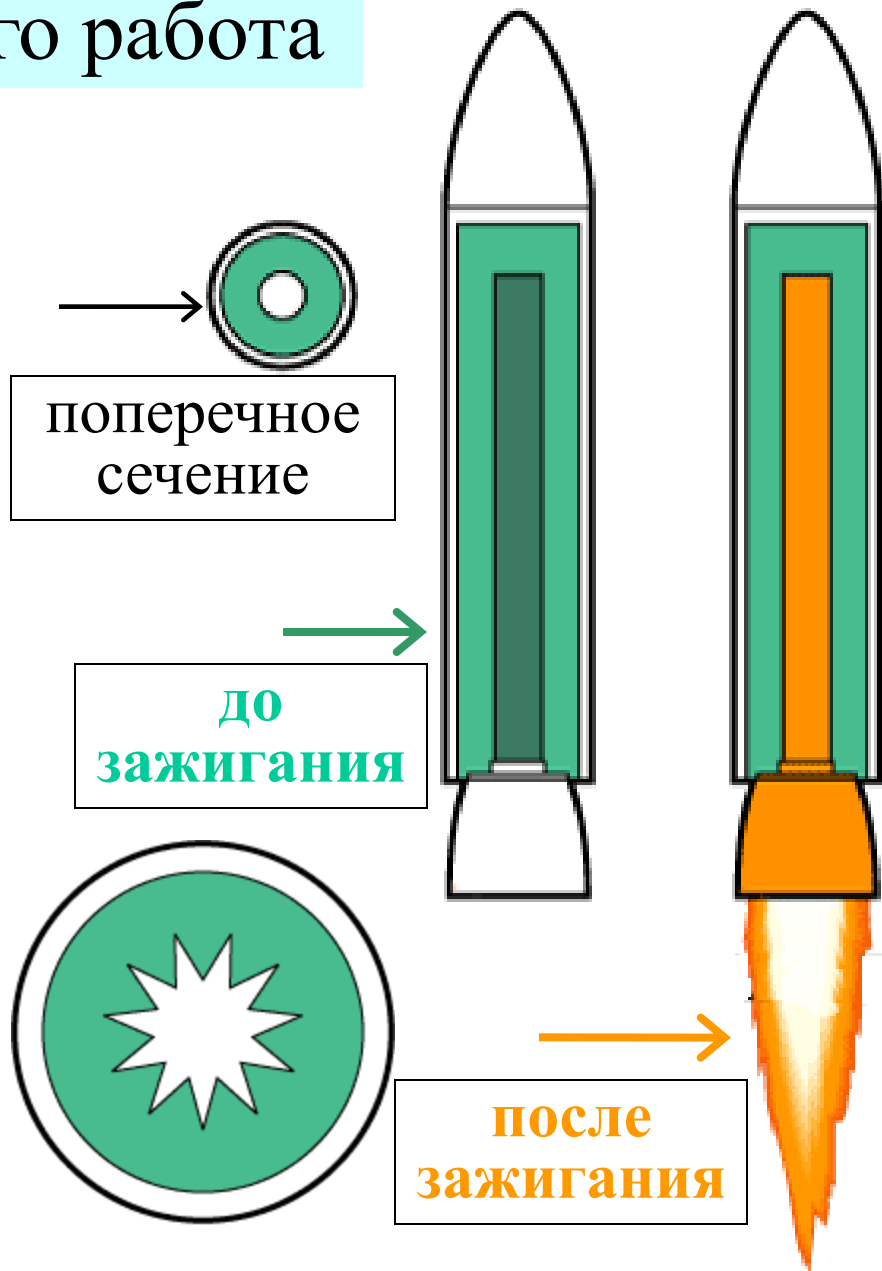
# Строение твёрдо-топливного ракетного двигателя и его работа

Твёрдое топливо должно гореть, *не взрываясь*.

Состав твёрдого топлива космического челнока:

- перхлорат аммония (окислитель, 70 %),
- алюминий (топливо, 16%),
- оксид железа (катализатор, 0,4%),
- полимер (фиксатор смеси, 12%)

500 тонн топлива хватает на **2 мин работы**, обеспечивая 12 МН тягу.



*Преимущества* твёрдо-топливного  
ракетного двигателя:

- простота
- дешивизна
- безопасность

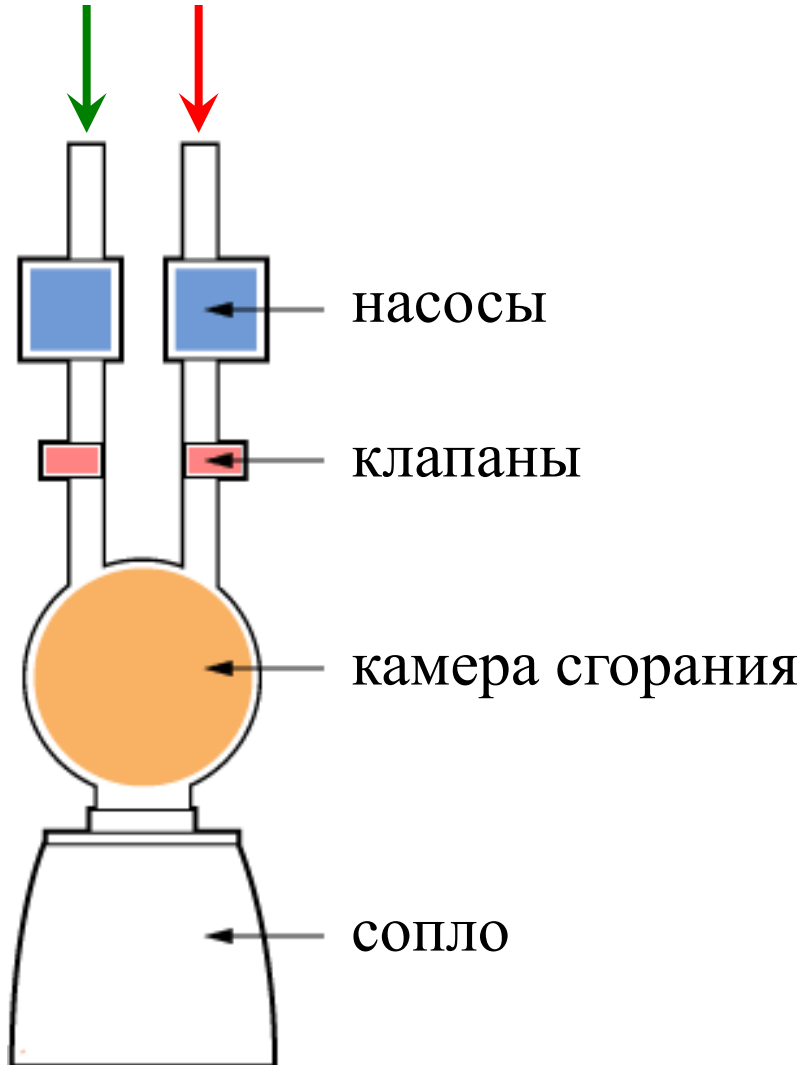
*Недостатки* твёрдо-топливного  
ракетного двигателя:

- силу тяги нельзя изменить
- начавший работу двигатель нельзя  
остановить

# Строение жидко-топливного ракетного двигателя

к бакам  
ОКИСЛИТЕЛЯ И

ТОПЛИВА



Бак окислителя ( $O_2$ ) космического челнока (США) содержит 600 тонн, а топлива ( $H_2$ ) - 100 тонн, которых хватает на **8 минут** работы **трём** двигателям с тягой **1,6 МН**.

Ракета “Сатурн” для проекта “Аполлон” работала на керосине и жидком кислороде, а немецкие “Фау-2” - на спирте и жидком кислороде.

Есть ли предел увеличения скорости по формуле Циолковского?

- Нет!

Можно ли долго пользоваться тягой реактивного двигателя по формуле Циолковского?

- Нет, из ракеты скоро будет нечего выбрасовать.

А, если по пути забирать из атмосферы воздух, нагревать его и выбрасывать через сопло?

- Да, тогда лететь можно дольше, но максимальная скорость не будет превышать:

$$v_{\max} = u \cdot (1 + \beta),$$

где  $\beta$  – отношение масс выбрасываемого топлива и забираемого из атмосферы воздуха

Двигатель, который забирает из атмосферы воздух, нагревает его и выбрасывает через сопло называется

**ПРЯМОТОЧНЫМ** реактивным двигателем

*Из закона сохранения импульса следует, что :*

$$dv = -u \cdot \frac{dm}{m} \cdot \frac{1 + \beta - \frac{v}{u}}{\beta},$$

*где  $\beta$  – отношение масс выбрасываемого топлива и забираемого из атмосферы воздуха*

Вот, как он работает