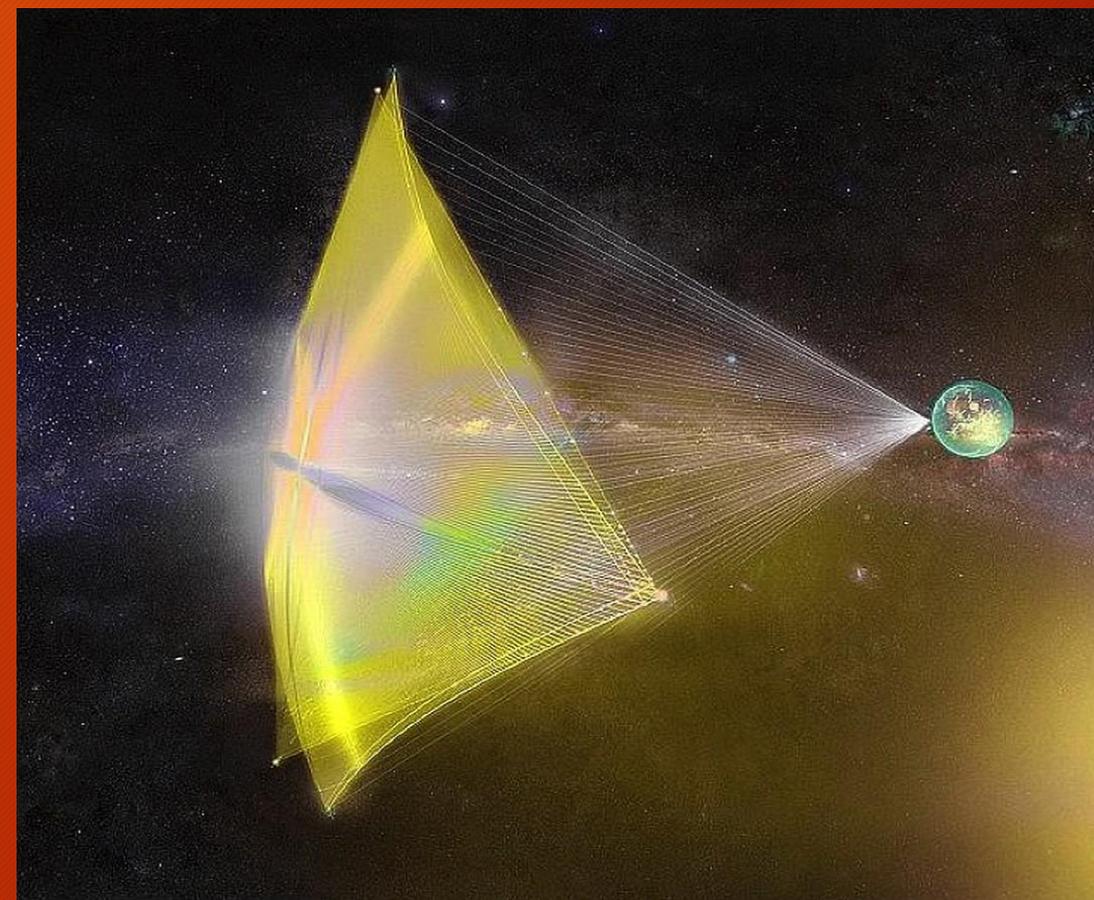
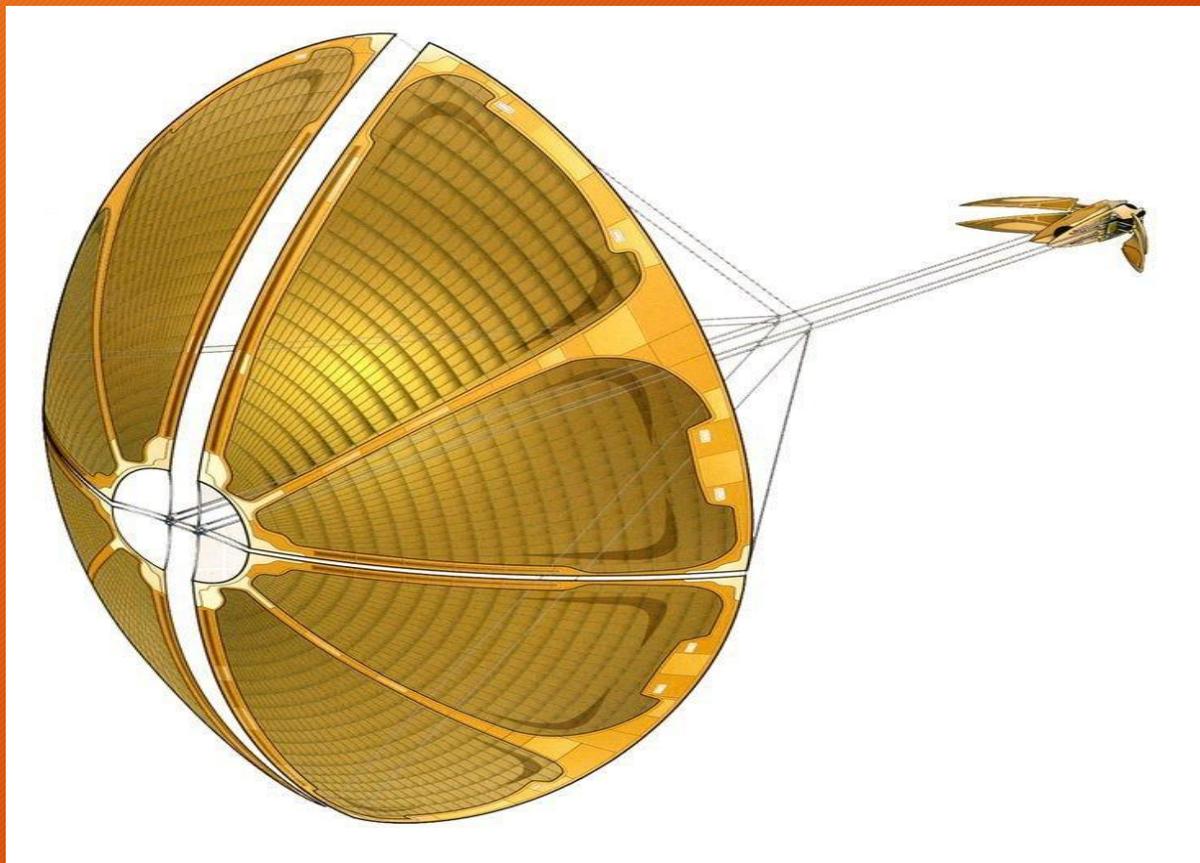


Солнечный парус

Искендеров Асиф ученик 11 «В» класса

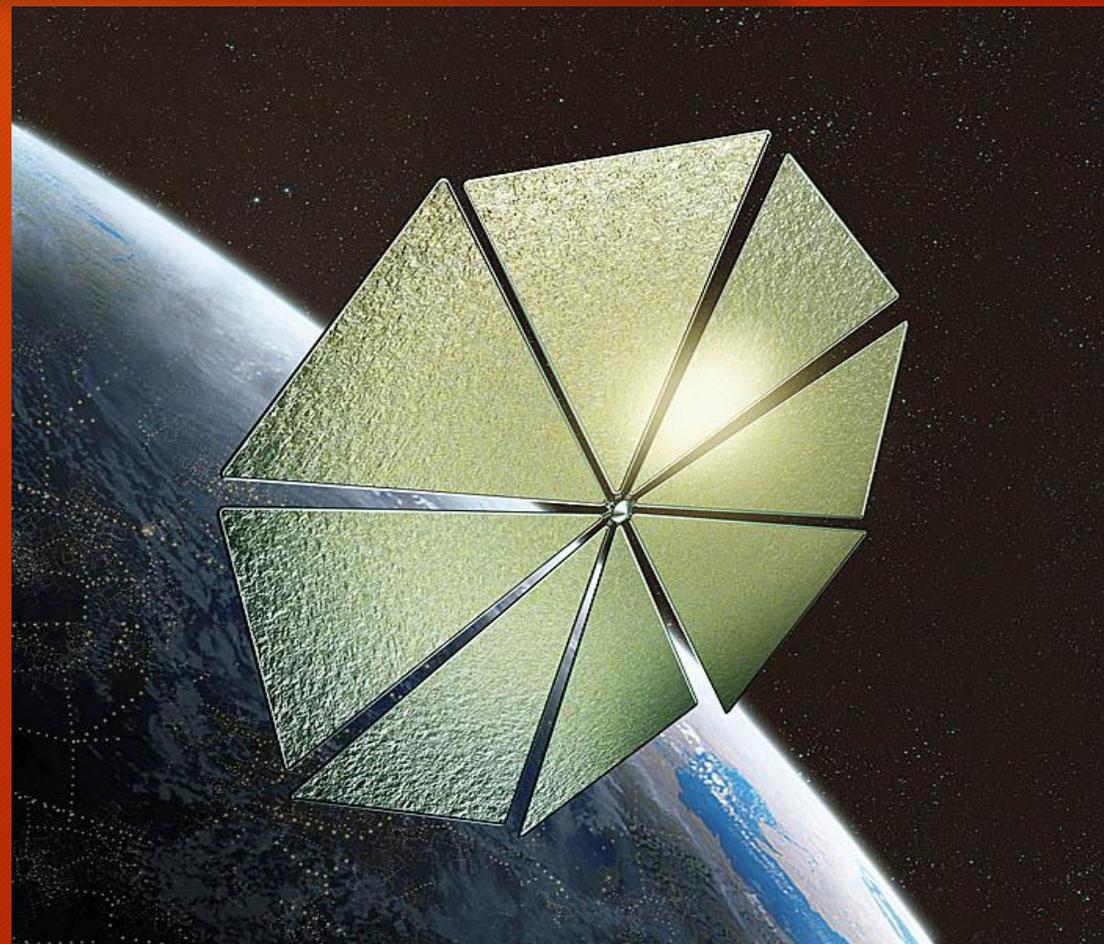
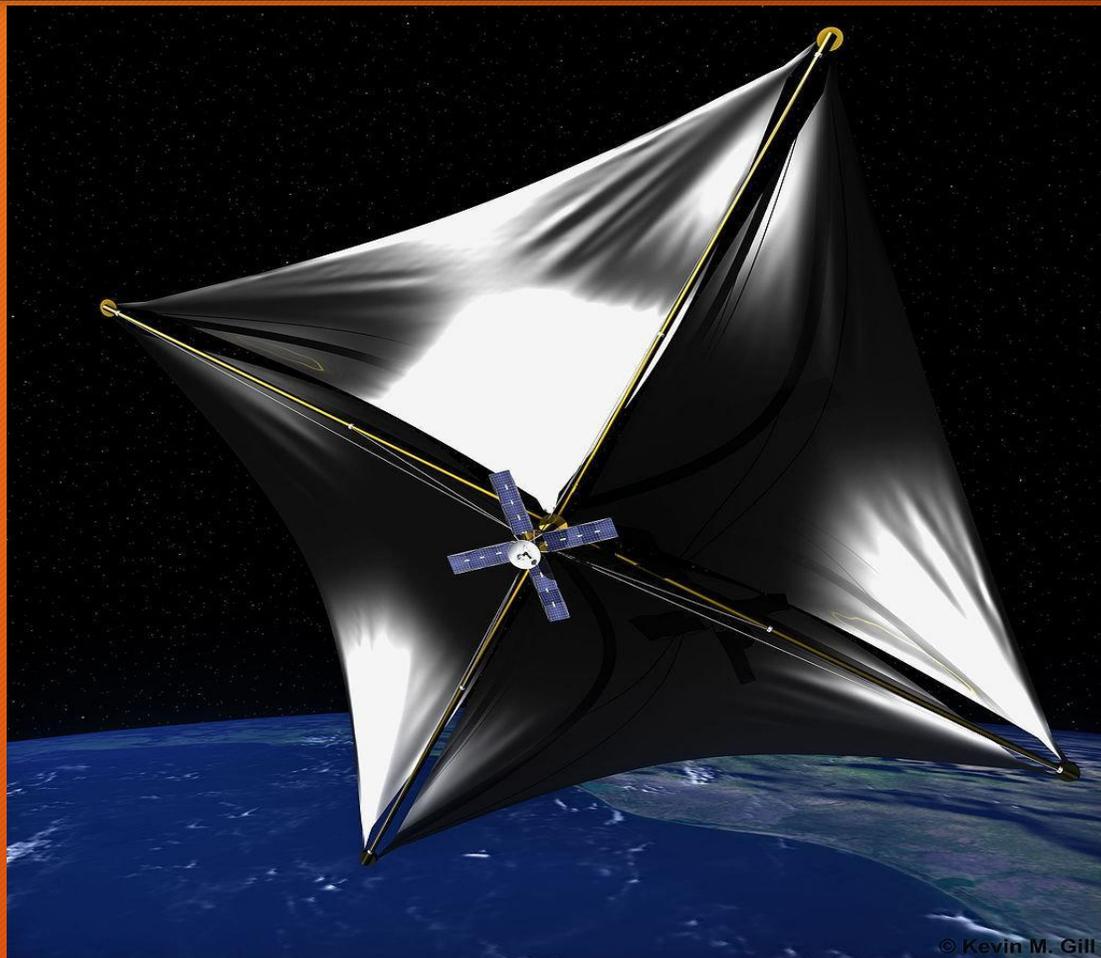
Солнечный ветер надует солнечные паруса в космосе



Что такое солнечный парус?

Солнечный парус (также называемый световым парусом или фотонным парусом) — приспособление, использующее давление солнечного света или лазера на зеркальную поверхность для приведения в движение космического аппарата.

Прототипы солнечных парусов



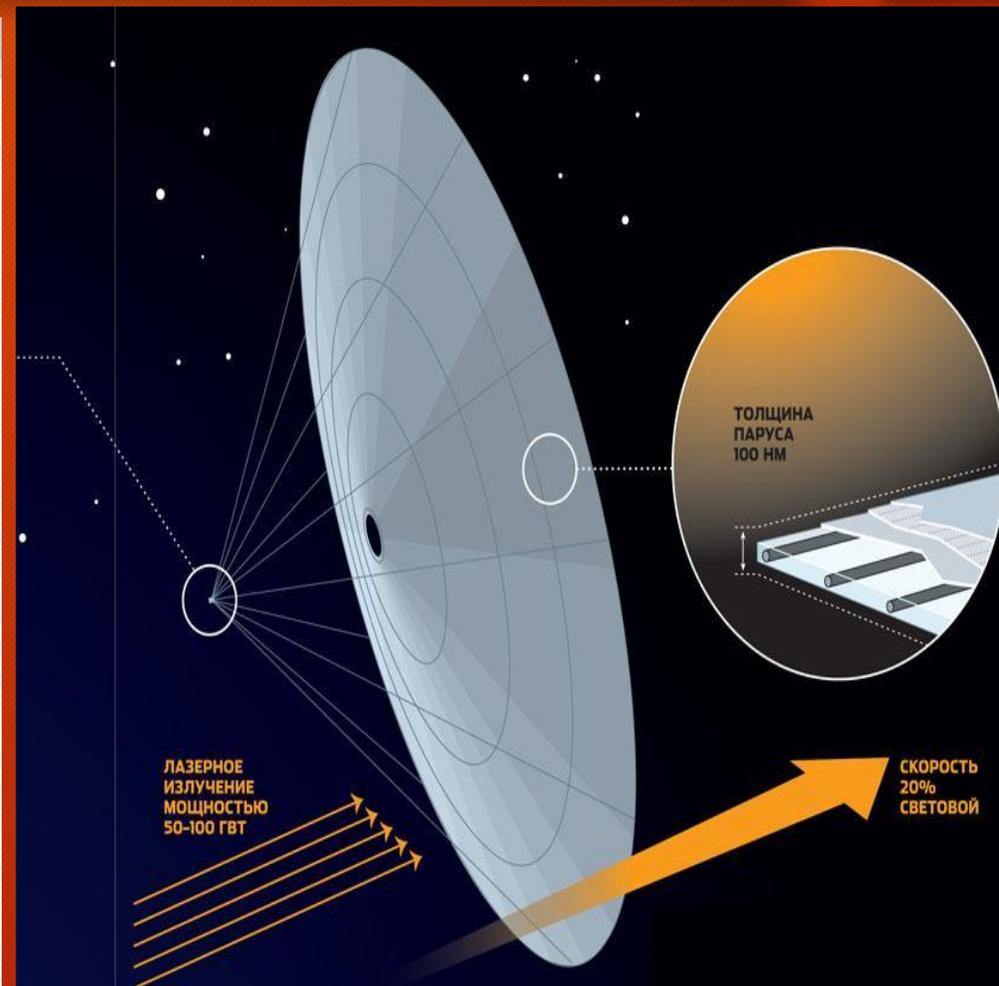
Следует различать понятия «солнечный свет» (поток фотонов, именно он используется солнечным парусом) и «солнечный ветер» (поток элементарных частиц и ионов, который используется для полётов на электрическом парусе — другой разновидности космического паруса).

Идея полётов в космосе с использованием солнечного паруса возникла в 1920-е годы в России и принадлежит одному из пионеров ракетостроения Фридриху Цандеру, исходявшему из того, что частицы солнечного света — фотоны — имеют импульс и передают его любой освещаемой поверхности, создавая давление. Величину давления солнечного света впервые измерил русский физик Пётр Лебедев в 1900 Солнца.

Давление солнечного света относительно мало (на Земной орбите — около $9 \cdot 10^{-6}$ Н/м²) и уменьшается пропорционально квадрату расстояния от Солнца[1]. Например, общая сила, действующая на солнечный парус 800 на 800 метров, составляет около 5 ньютонов на расстоянии Земли от Солнца.[2] Солнечный парус может действовать в течение почти неограниченного периода времени, и совсем не требует расхода рабочего тела, и поэтому в некоторых случаях его использование может быть предпочтительно. Однако до настоящего времени ни один из космических аппаратов не использовал солнечный парус в качестве основного двигателя по причине крайне низкой тяги.

Принцип работы солнечного паруса

«Солнечный парус»



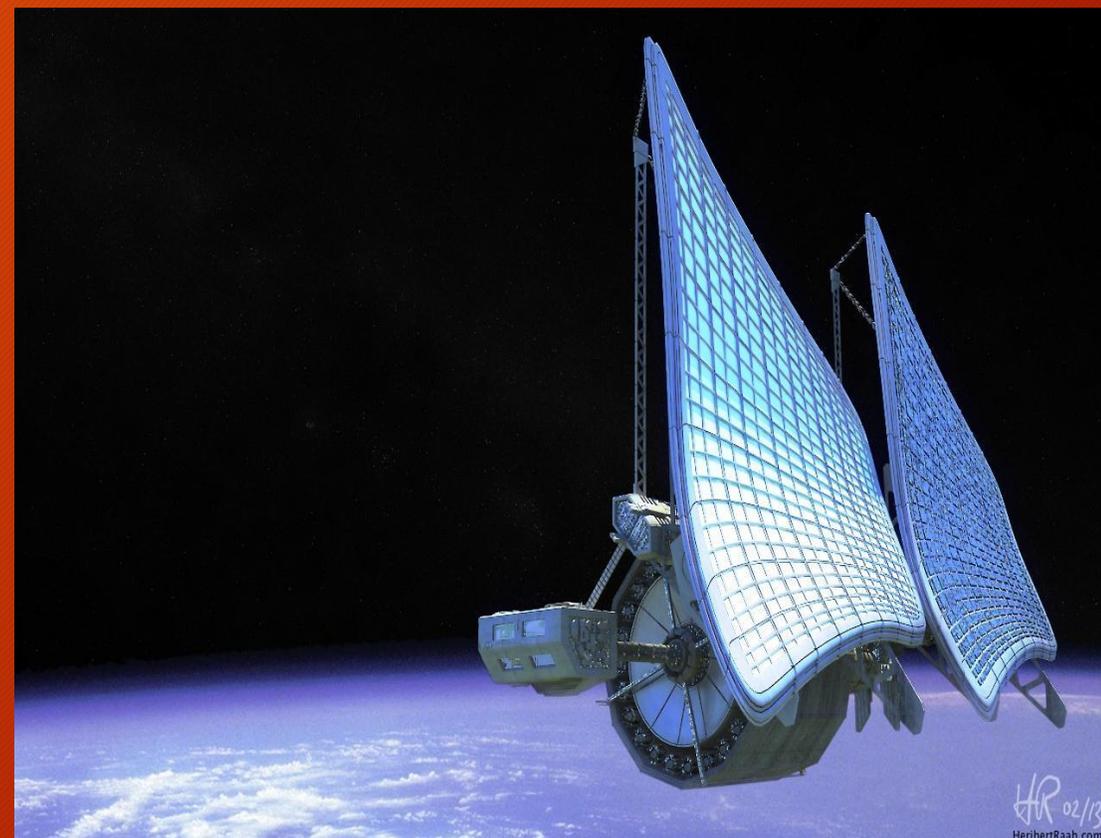
Физика явления

Предположим, что на неподвижное плоское идеальное зеркало массы m нормально к его поверхности падает плоская световая волна с энергией W_0 . Обозначим энергию отражённой световой волны как W_1 , скорость, приобретённую зеркалом в результате отражения волны как v . Тогда закон сохранения энергии: $W_0 + mc^2 = W_1 + mc^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ и закон сохранения импульса: $W_0/c = -W_1/c + mv / \sqrt{1 - v^2/c^2}$. Из этих уравнений можно получить: $v = c \cdot (1 + (2W_0/mc^2))^{-1/2}$ (1) $W_1 = W_0 / (1 + (2W_0/mc^2))$ (2)

Отсюда следует, что коэффициент полезного действия фотонного паруса (доля энергии падающей волны, передаваемая парусу) тем больше, чем больше отношение энергии падающей волны к энергии покоя паруса. При энергии падающей волны, много большей энергии покоя зеркала $W_0 \gg mc^2$ практически вся энергия волны передаётся зеркалу.

В другом крайнем случае, когда энергия падающей волны много меньше энергии покоя зеркала $W_0 \ll mc^2$. В этом случае из формулы (1) получаем: $v/c \approx 2W_0/mc^2$. Из формулы (2) получаем: $\Delta W/W_0 = W_0 - W_1/W_0 \approx 2W_0/mc^2$. Из этой формулы видно, что в этом случае световая волна передаёт парусу лишь ничтожную часть своей энергии.

Будущие космические аппараты использующие солнечный парус



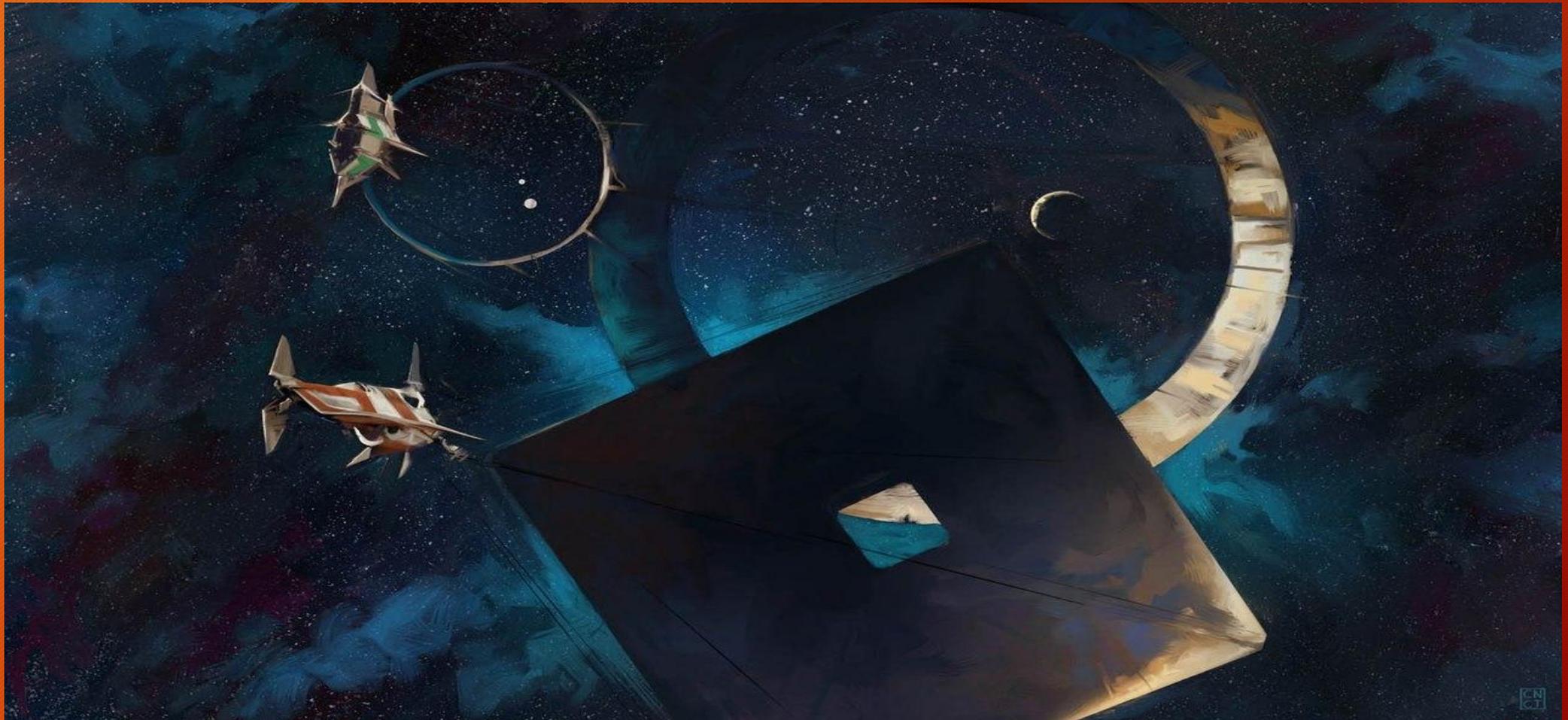
Солнечный парус в проектах космолётов

Солнечный парус и другие виды космического паруса планируется использовать в некоторых проектах звездолётов. Преимуществом солнечного парусника является отсутствие топлива на борту, что позволяет увеличить полезную нагрузку по сравнению с космическим кораблём на реактивном движении. Однако концепция солнечного паруса требует лёгкого по массе и одновременно большого по площади паруса.

Недостатком солнечного парусника является зависимость ускорения от расстояния до Солнца: чем дальше от Солнца, тем меньше давление солнечного света и тем самым меньше ускорение паруса, а за пределами Солнечной системы давление солнечного света и соответственно эффективность солнечного паруса приблизится к нулю. Световое давление от Солнца довольно мало, поэтому для увеличения ускорения существуют проекты разгона солнечного парусника лазерными установками с генерирующими станциями вне Земли. Данные проекты сталкиваются с проблемой точного наведения лазеров на сверхдальних расстояниях и создания лазерных генераторов соответствующей мощности.

Джеффри Ландис предложил использовать солнечную батарею для передачи энергии через лазер от базовой станции на межзвёздный зонд с ионным двигателем, что даёт некоторое преимущество по сравнению с чисто космическим парусом (в настоящее время данный проект неосуществим из-за технических ограничений).

Регата в космосе

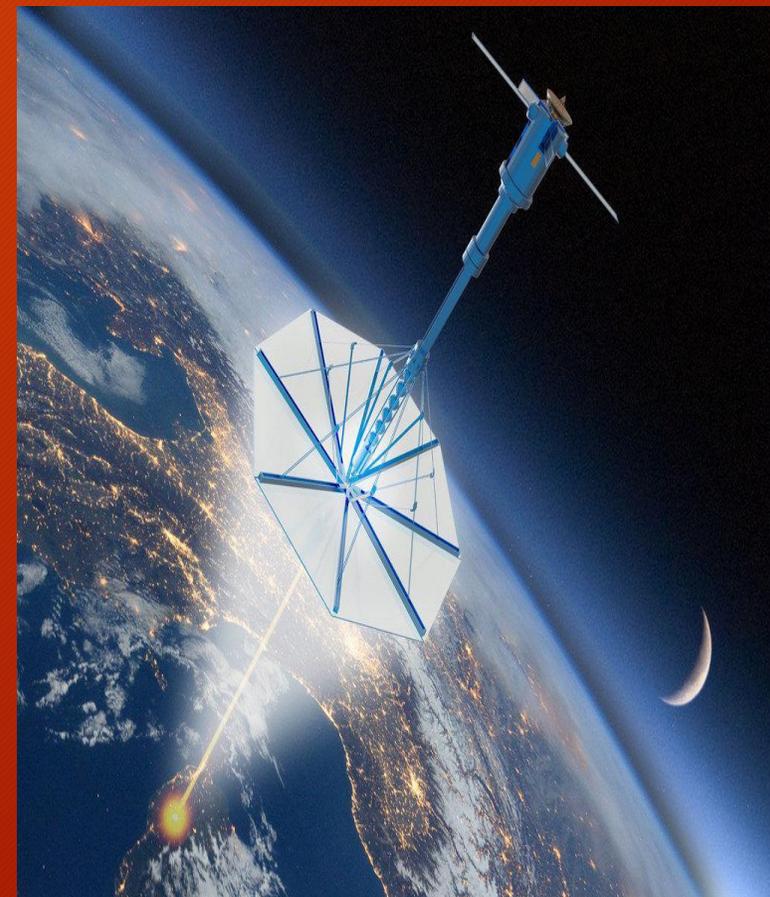
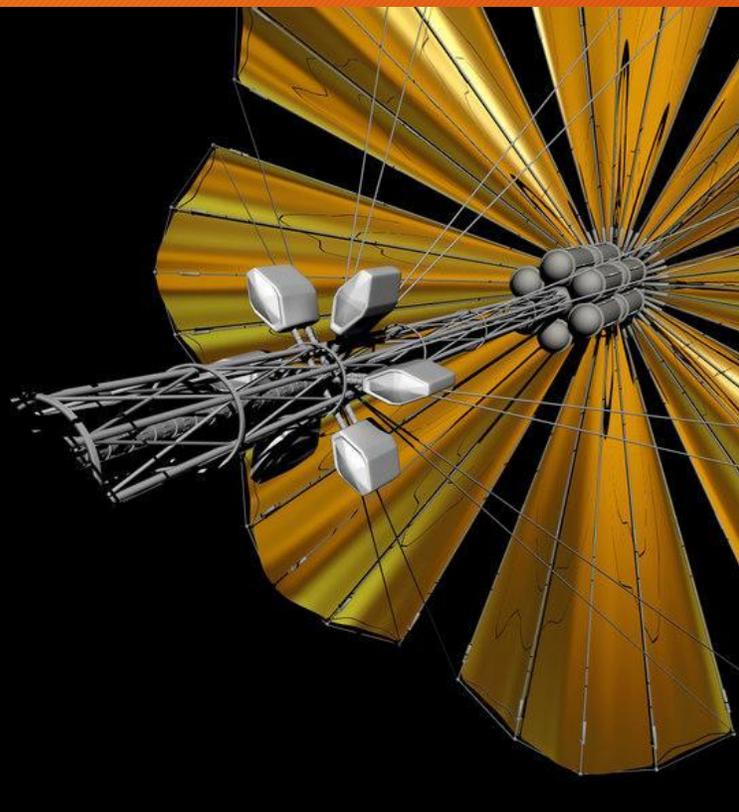


Космическая регата

В 1989 году юбилейной комиссией Конгресса США в честь 500-летия открытия Америки был объявлен конкурс о выведении на орбиту нескольких солнечных парусных кораблей, разработанных в разных странах, и проведении гонки под парусами к Марсу. Весь путь планировалось пройти за 500 дней. Свои заявки на участие в конкурсе подали США, Канада, Великобритания, Италия, Китай, Япония и Советский Союз. Старт должен был состояться в 1992 году.

Претенденты на участие стали выбывать почти сразу, столкнувшись с рядом проблем технического и экономического плана. Распад Советского Союза, однако, не привёл к прекращению работы над отечественным проектом, который по мнению разработчиков, имел все шансы на победу. Но регата была отменена ввиду финансовых трудностей у юбилейной комиссии (а возможно, ввиду всей совокупности причин). Грандиозное шоу не состоялось. Однако солнечный парус российского производства был создан (единственный из всех) совместно НПО «Энергия» и ДКБА, и получил первую премию конкурса.

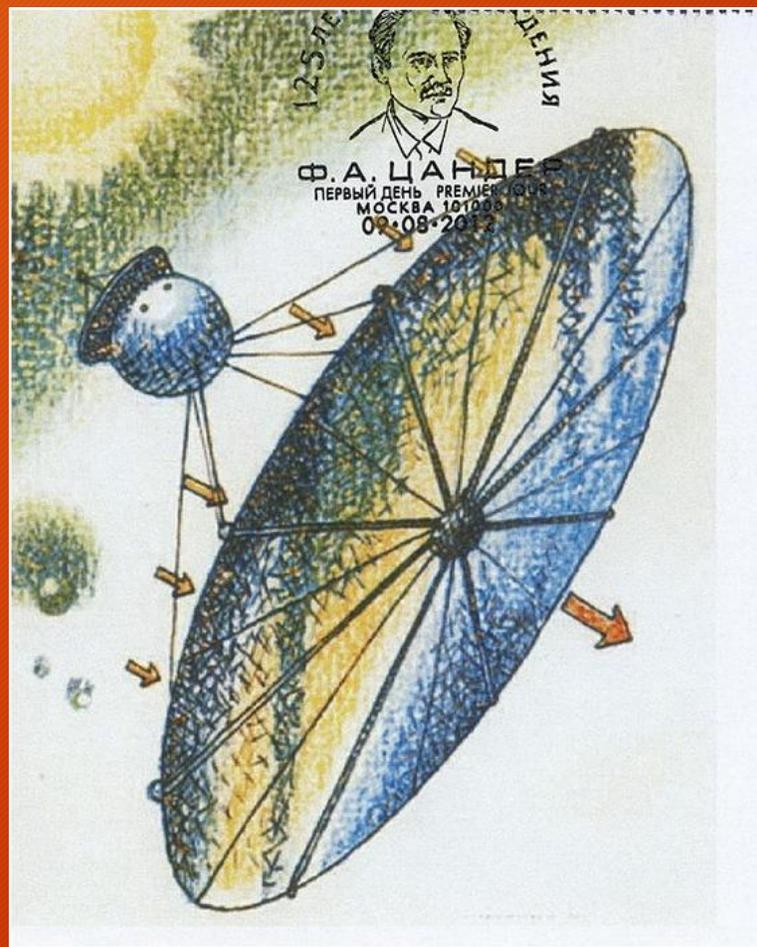
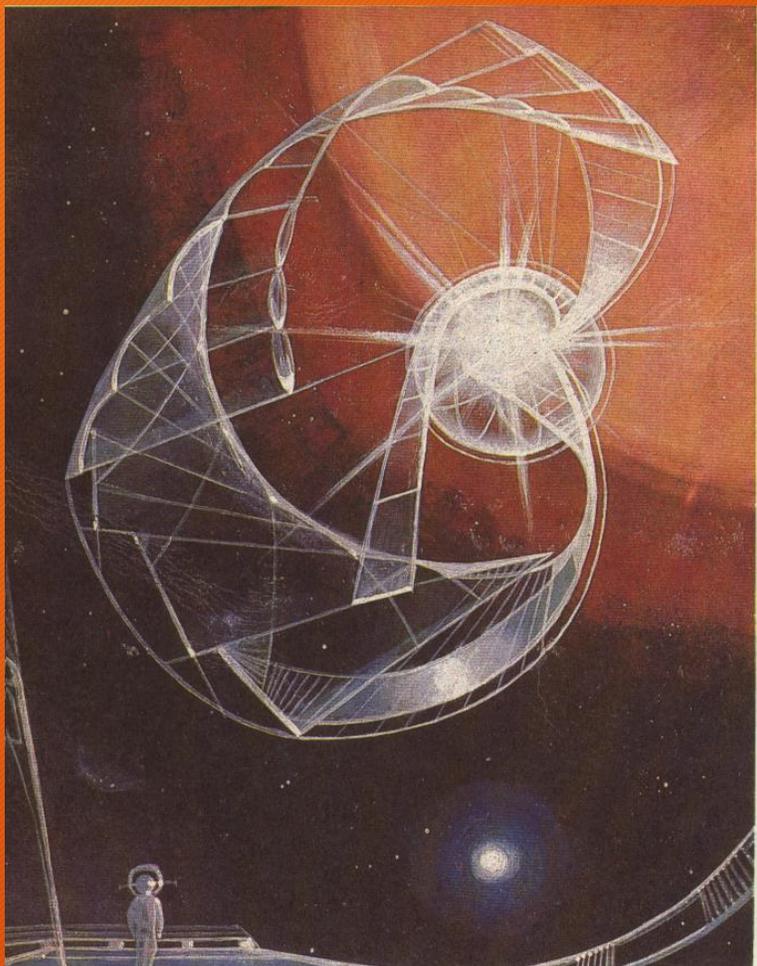
Прототипы космических аппаратов с солнечными парусами



Космические аппараты, использующие солнечный парус

Советскими учёными была изобретена схема радиационно-гравитационной стабилизации космического аппарата, основанная на применении солнечного паруса. Первое развёртывание солнечного паруса в космосе было произведено на российском корабле «Прогресс М-15» 24 февраля 1993 года в рамках проекта «Знамя-2». Первым использовавшим космический парус как двигатель аппаратом стал японский IKAROS, который и считается первым в истории космическим парусником. 21 мая 2010 года Японское космическое агентство (JAXA) запустило ракету-носитель H-IIA, на борту которой находились космический аппарат IKAROS с солнечным парусом и метеорологический аппарат для изучения атмосферы Венеры. IKAROS оснащён парусом из тончайшей мембраны размером 14 на 14 метров по длине и ширине. С его помощью предполагается исследовать особенности движения аппаратов при помощи солнечного света. На создание аппарата было потрачено 16 миллионов долларов. Раскрытие солнечного паруса началось 3 июня 2010 года, а 10 июня успешно завершилось. По кадрам, переданным с борта IKAROS, можно сделать вывод, что все 196 квадратных метров ультратонкого полотна расправились успешно, а тонкоплёночные солнечные батареи начали вырабатывать энергию. Сейчас в России существует консорциум «Космическая регата», который провёл несколько опытов с солнечными отражателями с целью освещения районов нефте- и газодобычи. Также существуют проекты выплавления зеркал на орбите из астероидов. 20 мая 2015 года с космодрома на мысе Канаверал первый в истории частный спутник на солнечном парусе «LightSail-1» был отправлен в тестовый полёт.

Как люди представляли себе космические аппараты с солнечными парусами

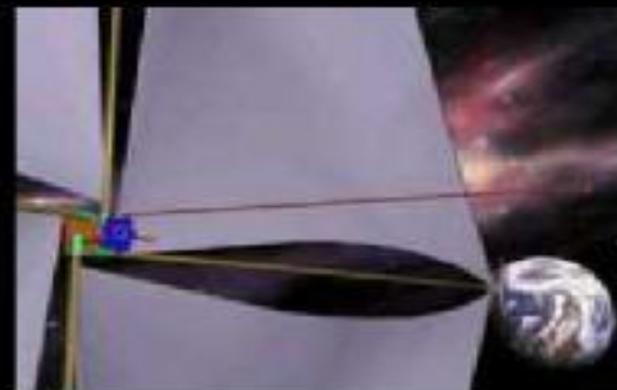
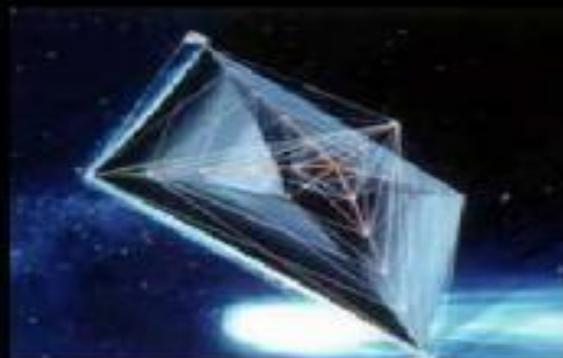


В культуре

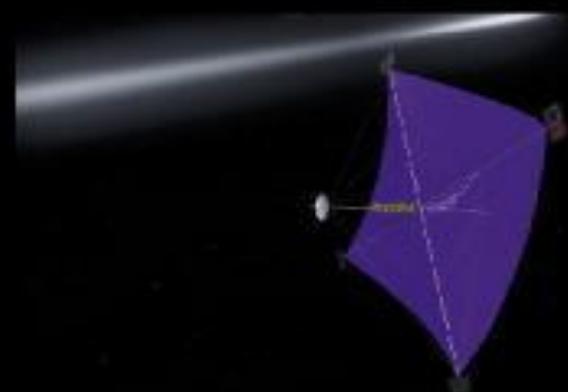
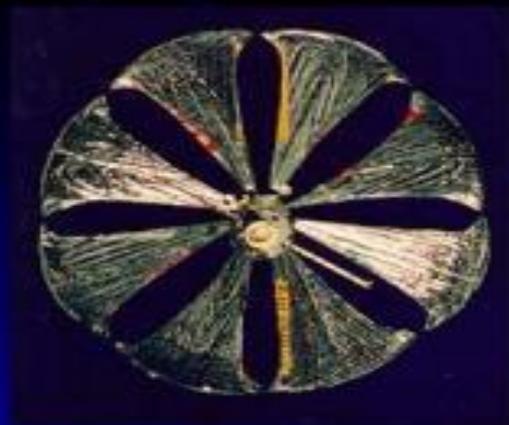
- Рассказ «Солнечный ветер» (1963) писателя-фантаста Артура Чарльза Кларка, вошедший в сборник рассказов «Обмен Разумов», целиком посвящён космической регате яхт, оснащенных солнечным парусом и приводимых в движение исключительно солнечным ветром. В рассказе, написанном от имени одного из участвующих в регате капитанов, перечислены яхты с различными вариантами исполнения солнечного паруса и средств стабилизации полёта. В рассказе также описывается инцидент, в ходе которого произошло столкновение двух яхт.
В книге Бернара Вербера «Звёздная бабочка» повествование идёт о фантастическом космическом корабле в форме бабочки с использованием фотонного паруса.
В сериале «Звёздный путь. Дальний космос 9» (s03e22 Explorers) командер Бенджамин Сиско строит корабль с солнечными парусами, чтобы доказать правдивость истории о древнем контакте баджорцев с кардассианской цивилизацией
В фильме «Звёздные войны: Эпизод II: Атака клонов» после битвы на Джеонозисе граф Дуку улетает на Корусант на солнечном паруснике.
В анимационном фильме студии Disney, Планета Сокровищ на сёрфере, корабле и шлюпке установлены солнечные паруса, как и на других судах которые можно увидеть в порту. В игре по мотивам фильма так же присутствуют суда, использующие солнечные паруса.
Во вселенной Warhammer 40000 солнечными парусами оснащены корабли расы эльдар.
Одна из серий мультсериал Смешарики: Пин-код (спин-оффа мультсериала Смешарики), а именно - двадцатая серия «Солнечный бриз» - посвящена теме солнечного паруса

Возможные конструкции

Каркасная конструкция



Бескаркасная - «Вращающаяся» конструкция



ПРЕЗЕНТАЦИЯ ОКОНЧЕНА



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



