

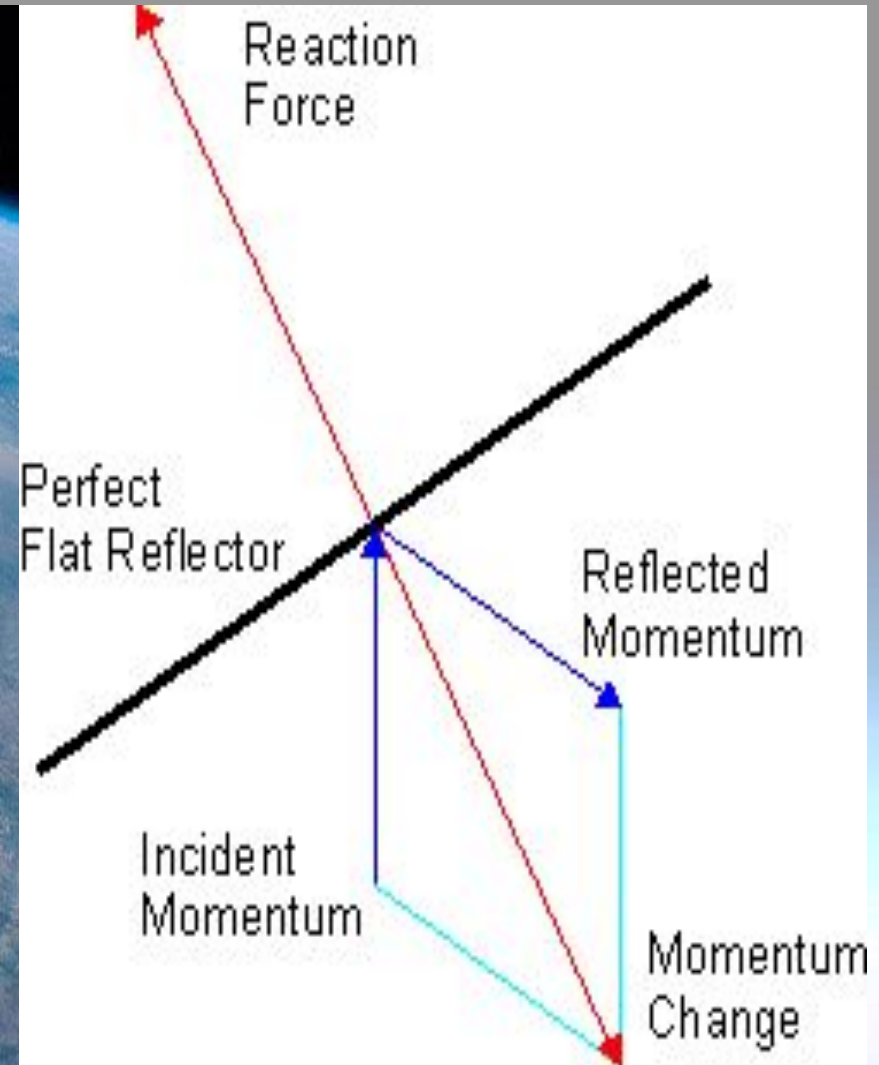
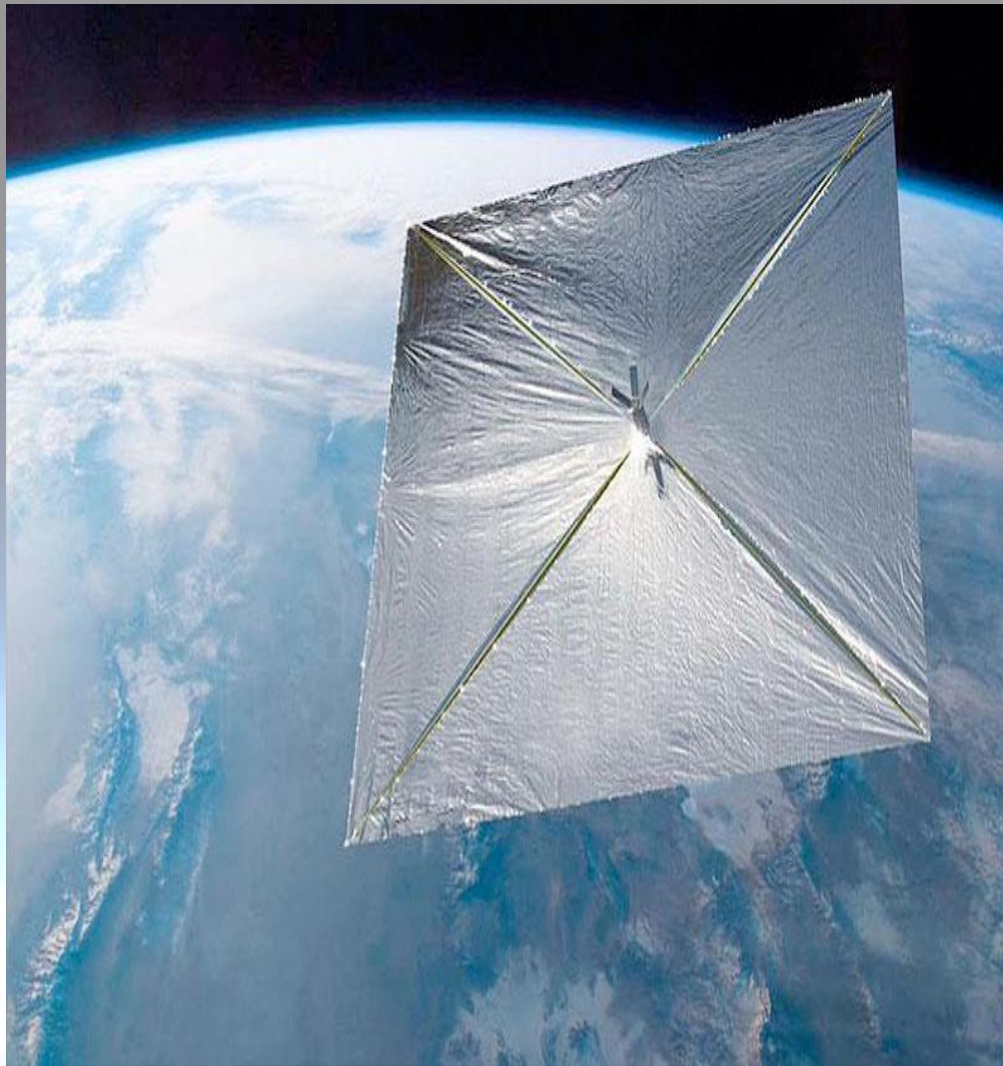
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»
Факультет Энергомашиностроение
Кафедра Э8 Плазменные энергоустановки

СОЛНЕЧНЫЙ ПАРУС И ТРОСОВЫЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Преподаватель: Семенкин А.В.
Студент: Шумейко А.И.

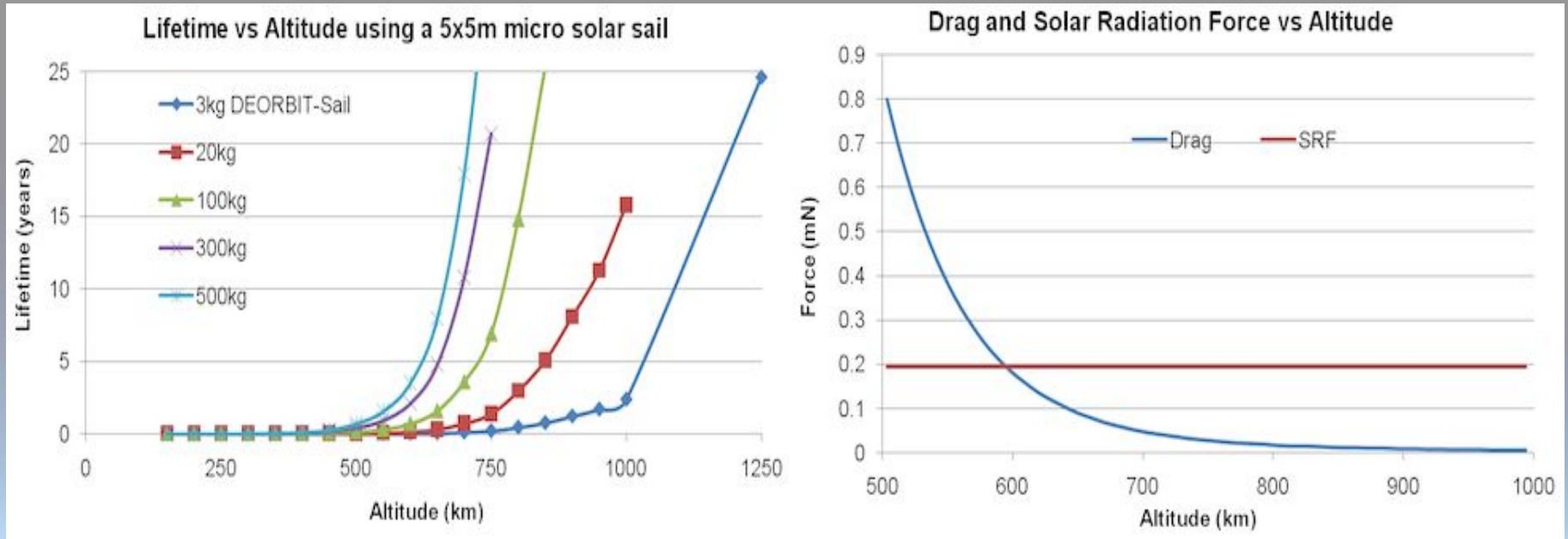
Москва
2018 г.

Солнечный парус



Солнечный парус – устройство для приведение в движение космического аппарата, использующее давление солнечного ветра или лазерного излучения.

Солнечный парус



Объяснение явления увеличения времени жизни при увеличении массы КА:

Баллистический коэффициент:

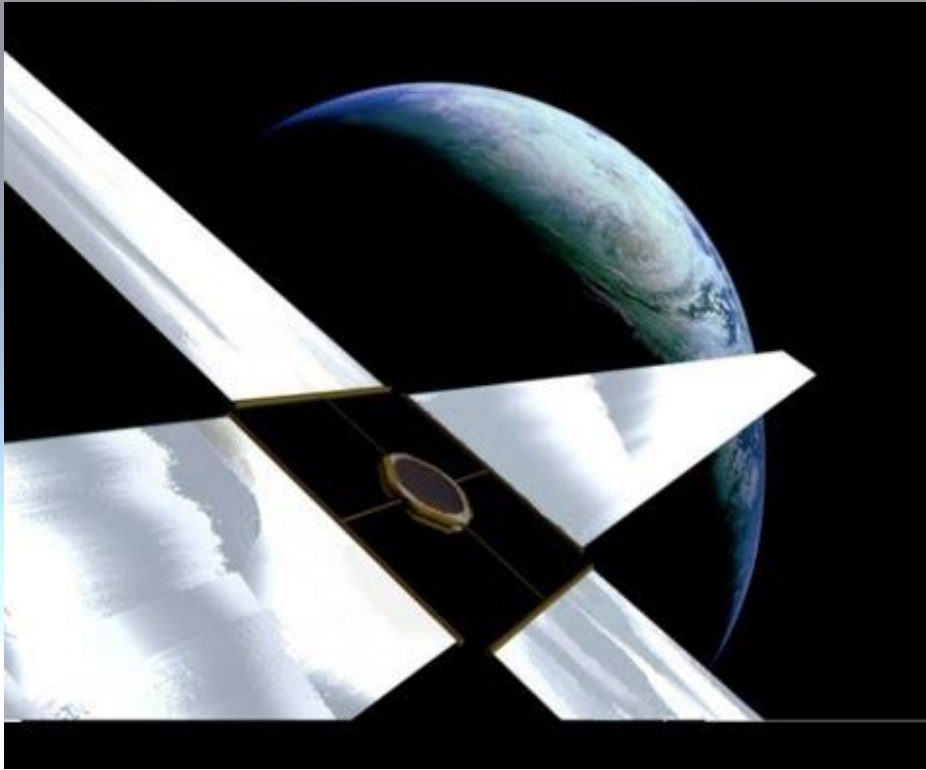
$$C = c_f \frac{d^2}{m}$$

где c_f - коэффициент формы КА; d – Миделевое сечение КА; m – масса КА.

Чем выше баллистический коэффициент, тем ниже сила аэродинамического сопротивления.

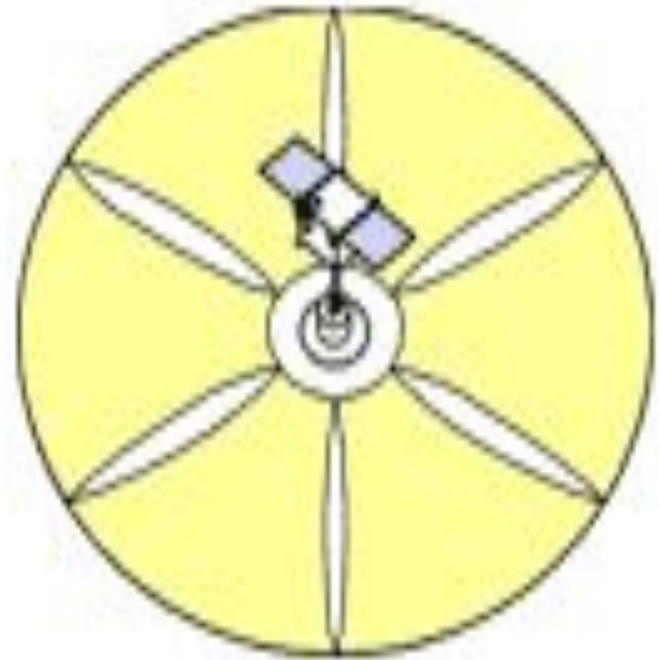
Типы конструкции солнечного паруса

1. Парус – гироскоп (heliogyro solar sail system)



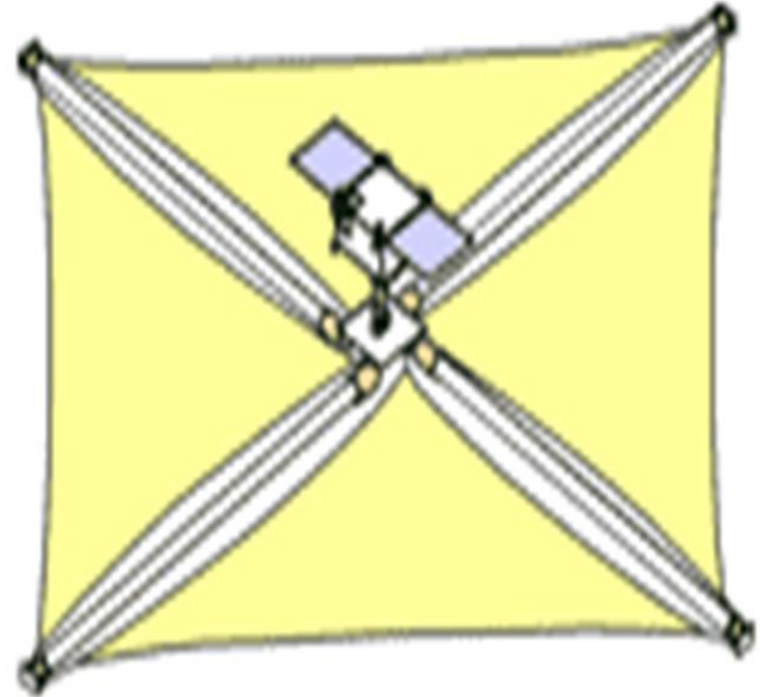
Типы конструкции солнечного паруса

2. Парус – диск (spinning disc solar sail system)



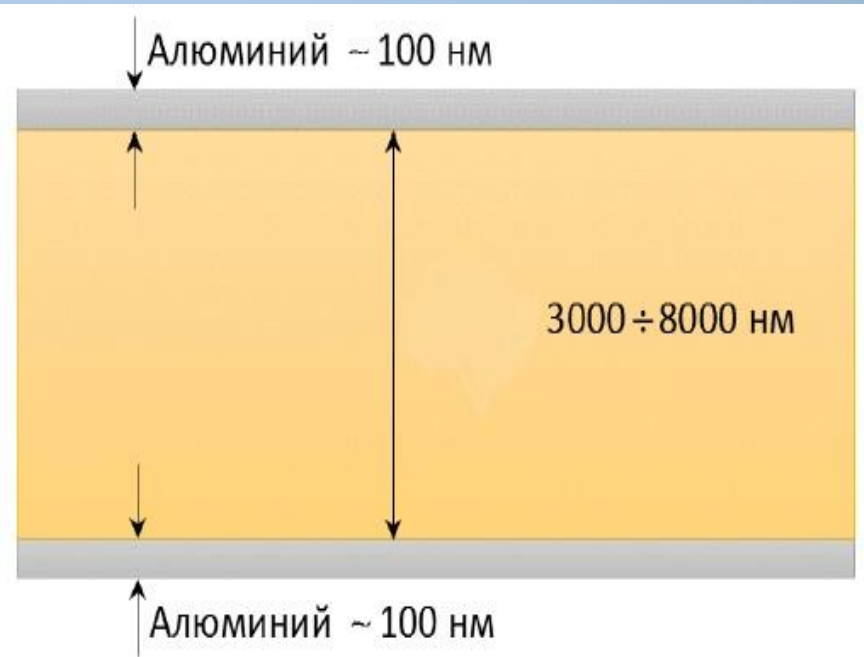
Типы конструкции солнечного паруса

3. Квадратный парус (3-axis stabilized square solar sail system)



Структура мембраны солнечного паруса

1. Основа мембраны паруса – Polyimide (PI, Kapton), Polyethylene terephthalate (PET, Maylar);
2. Передняя поверхность паруса покрывается хорошо отражающей свет алюминиевой пленкой;
3. Задняя поверхность паруса должна хорошо излучать, поэтому хромируется, либо также алюминировается (если неизвестно,какая из сторон будет рабочей).



Типы направляющих штанг

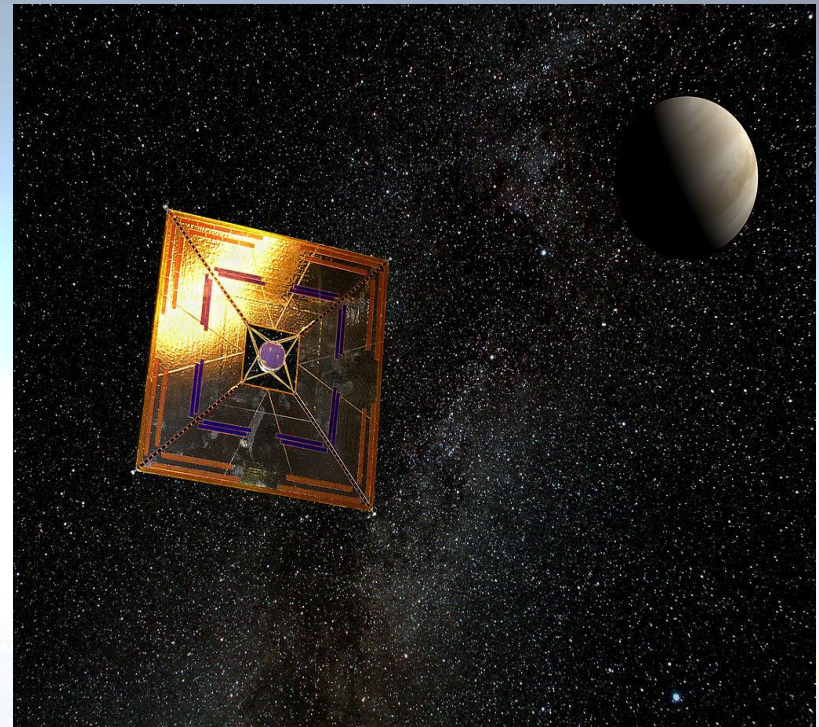
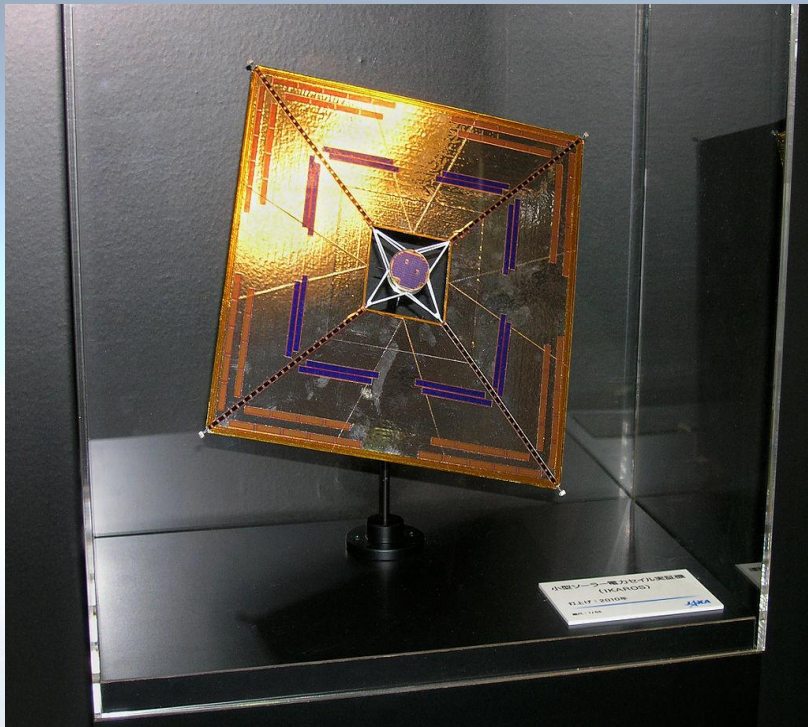


Металлические (медно-бериллиевые)

Углепластиковые

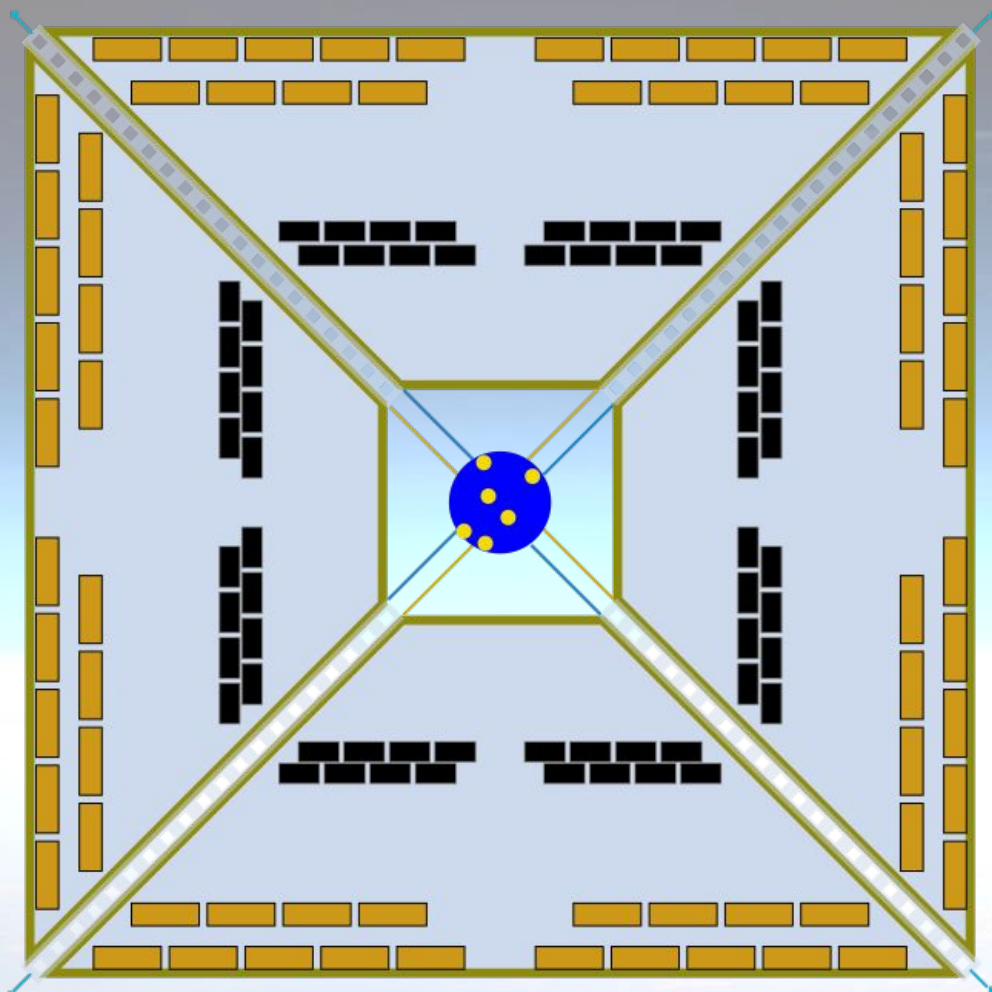
IKAROS

IKAROS (англ. Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun) — японский космический аппарат с солнечным парусом, созданный Японским агентством аэрокосмических исследований. Запуск состоялся 21 мая 2010 года. 8 декабря 2010 года КА пролетел мимо Венеры, тем самым завершив свою миссию.



IKAROS

Ученые из JAXA заключили, что тяга 196 м^2 солнечного паруса составила $1,12 \text{ мН}$. Размер паруса – $14 \text{ м} * 14 \text{ м}$. Масса КА – 315 кг .



- 1 – наконечник массой $0,5 \text{ кг}$;
- 2 – жидкие кристаллы (создают тягу) – 80 шт. ;
- 3 – пленка толщиной $7,5 \text{ мкм}$;
- 4 – солнечные элементы толщиной 25 мкм (энергетика);
- 5 – тросы;
- 6 – основная часть КА;
- 7 – аппаратура.



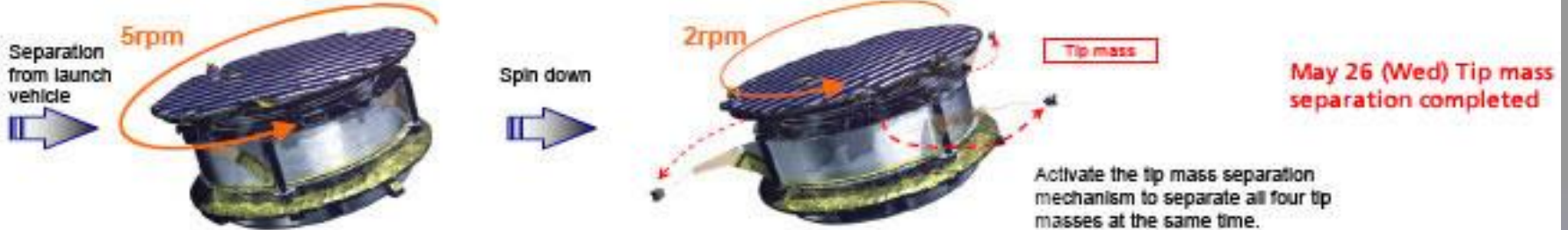
IKAROS



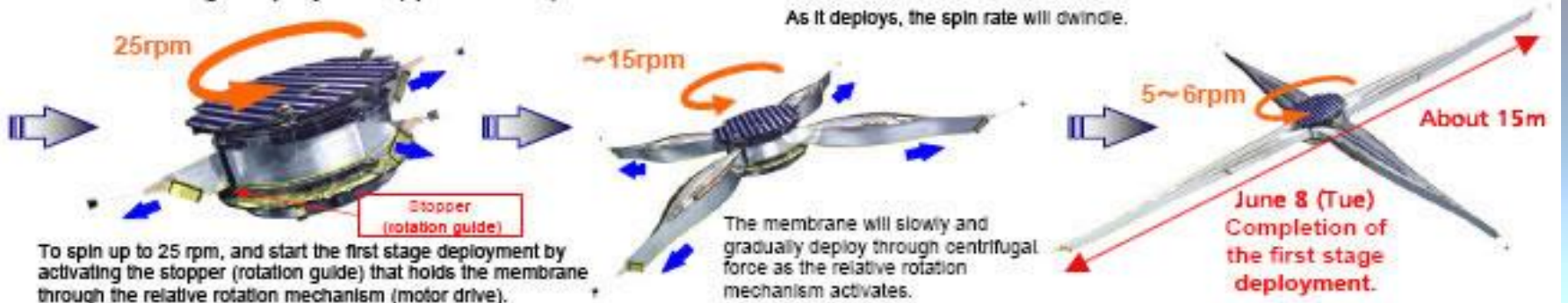
Membrane Deployment Sequence and Mechanism



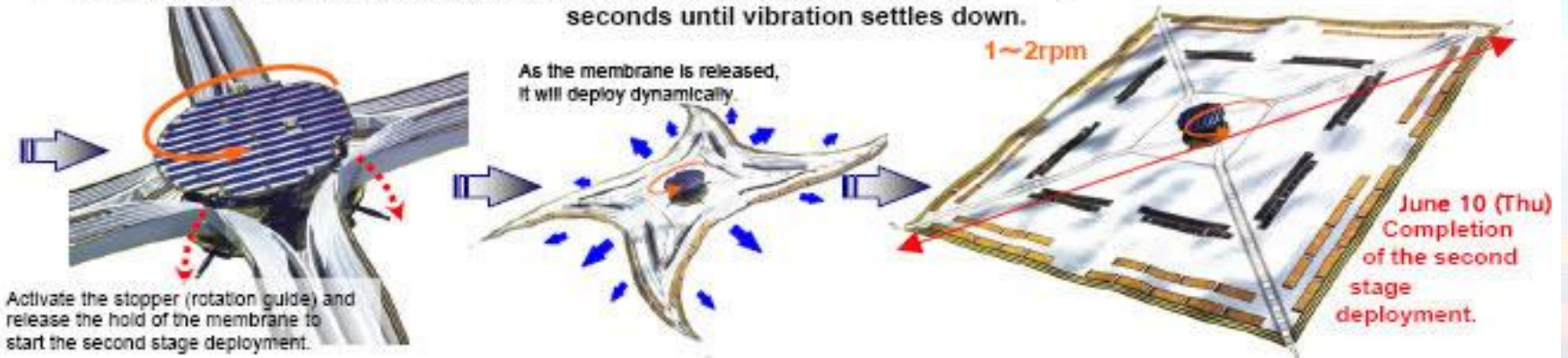
Tip mass separation



First stage deployment (quasi static): About one hour



Second stage deployment (dynamic): About five seconds, or about 100 seconds until vibration settles down.



IKAROS

IKAROS Mission

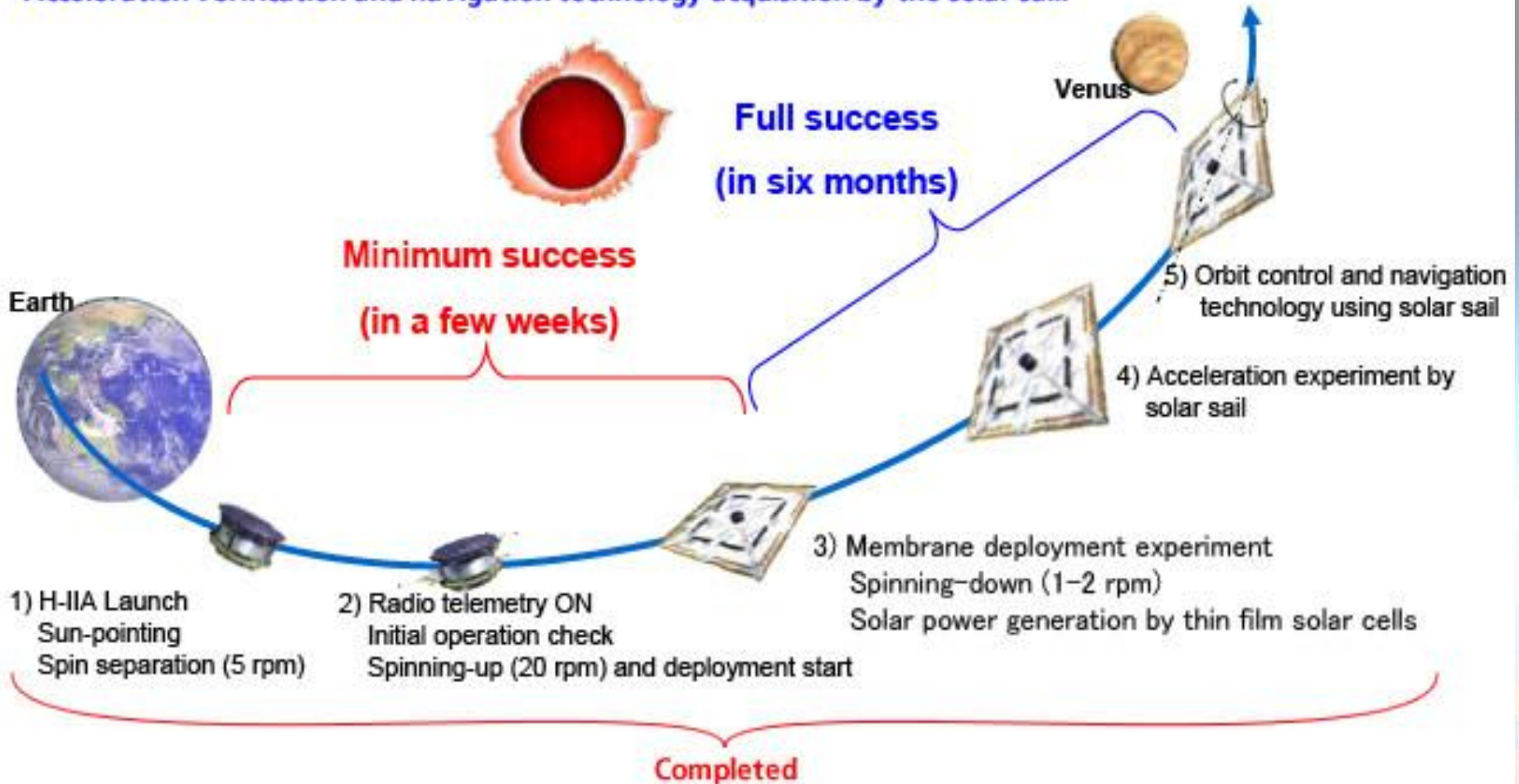
Minimum success:

Deployment of the large membrane and power generation by the thin film solar cells. →

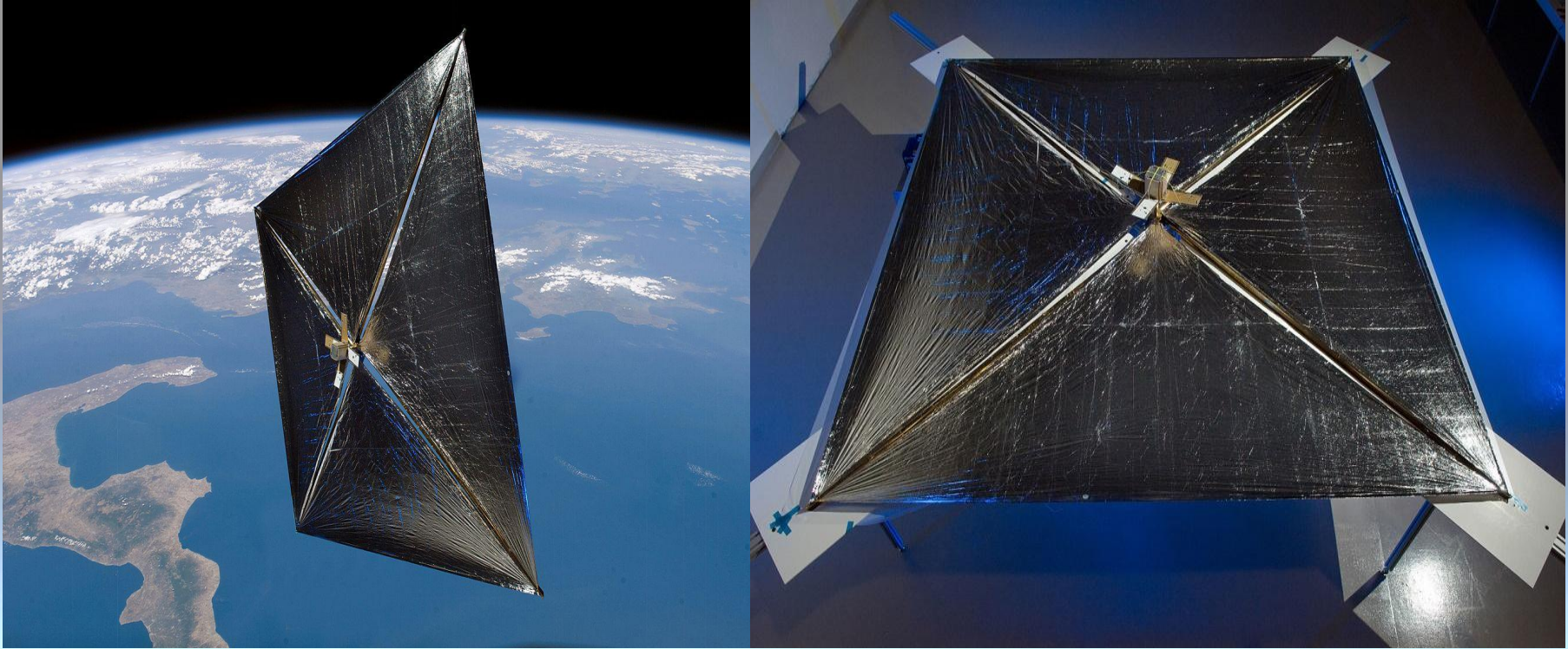
Achieved

Full success:

Acceleration verification and navigation technology acquisition by the solar sail.

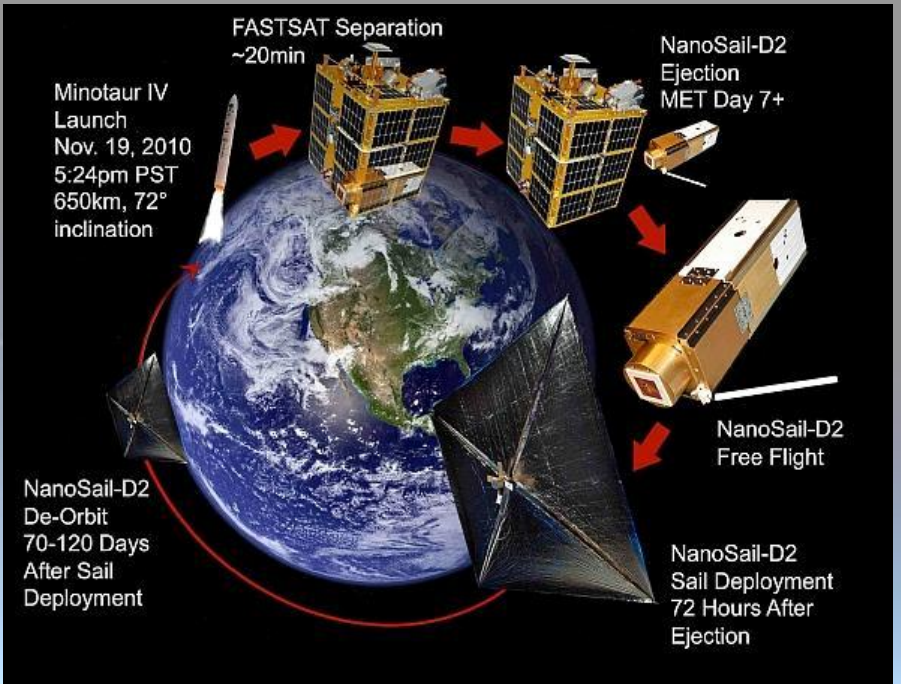


NanoSail - D2



NanoSail - D2 находился на борту КА типа SubSAT 3U, массой 4 кг. КА был запущен в ноябре 2010 года. Площадь солнечного паруса была 10 м^2 .

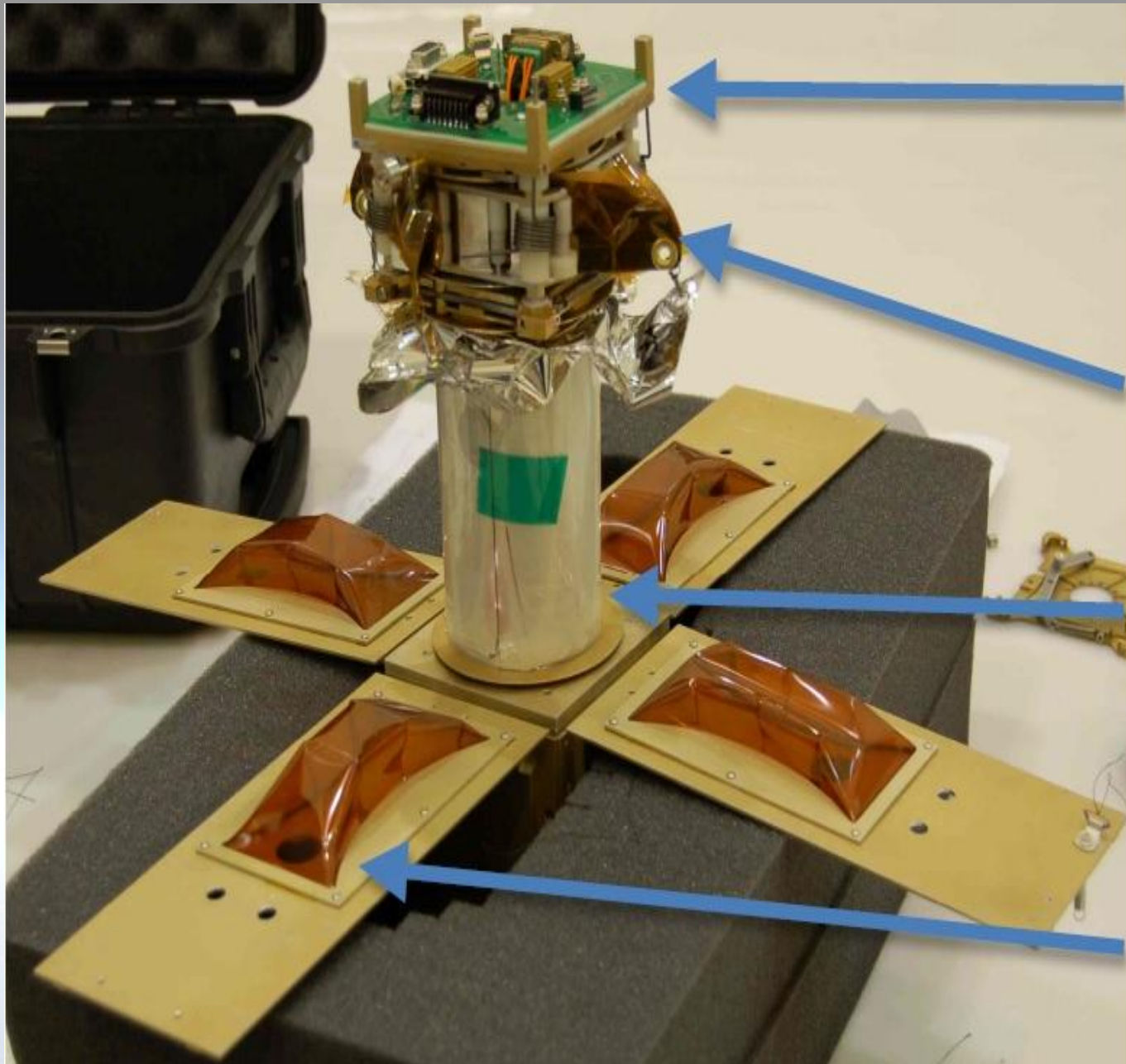
NanoSail - D2



Характеристика	Значение
Тип КА	SubSAT 3U
Масса КА, кг	4
Длительность миссии, дн	240
Разгонный блок	FATSAT
Целевая орбита, км	650
Цель паруса	Увод КА с орбиты

Характеристика	Значение
Материал паруса	CP-1
Толщина, мкм	7,5
Площадь паруса, м ²	10
Тяга, мН	30
Устройство раскрытия	4 телескопические штанги
Время раскрытия, с	5

NanoSail - D2



Sail Activation
Interface Board
(SAIB)

Boom Deployer
Mechanism

10m² Sail (Plastic
wrap removed during
final assembly.)

Panel Doors with
Kapton Bumpers

LightSail-2

LightSail-2 - проект солнечного паруса, запуск которого запланирован на 2018 год. Планируется, что КА, массой 5 кг, будет запущен при помощи ракеты-носителя Falcon Heavy. Разработан Планетарным обществом.

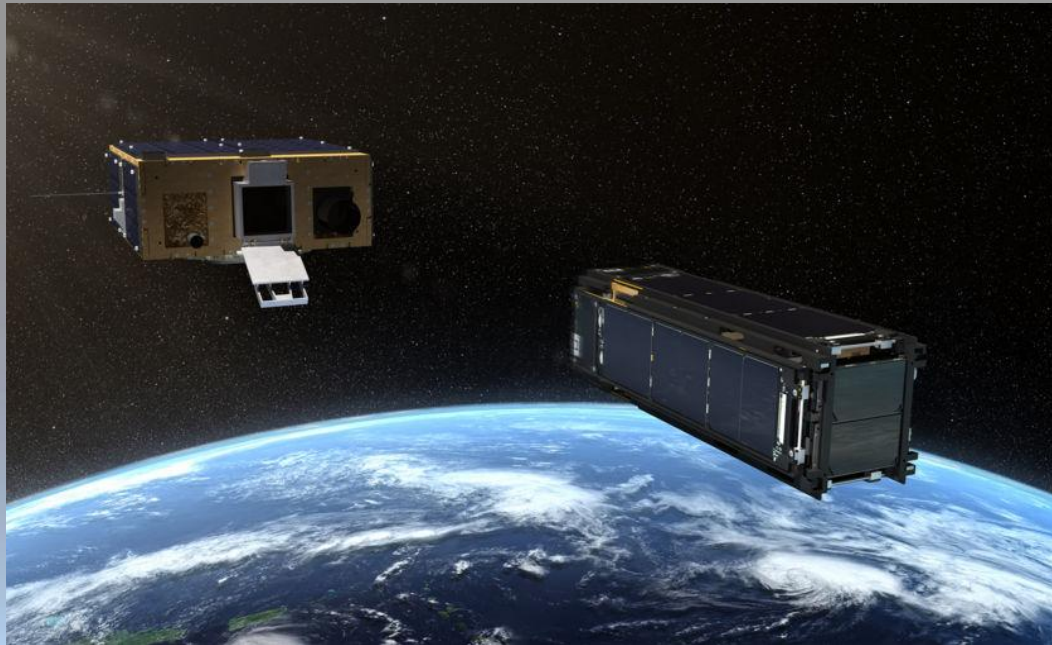


LightSail-2

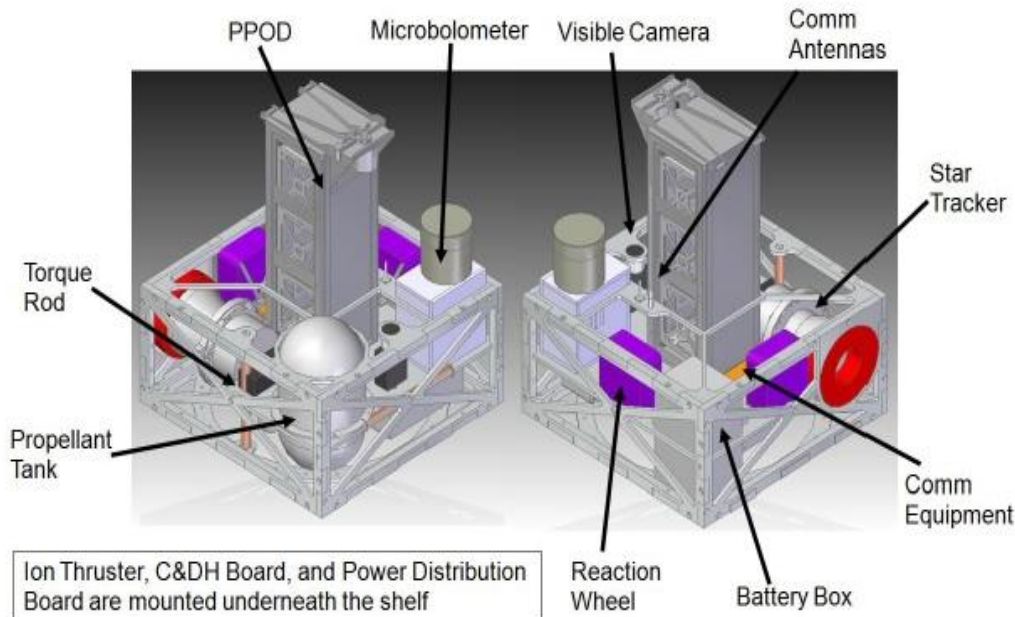


Характеристика	Значение
Материал паруса	Mylar (PET)
Толщина паруса, мкм	4,5
Площадь паруса, м ²	32
Тяга, мН	9,3
Устройство раскрытия	4 телескопические штанги

LightSail-2

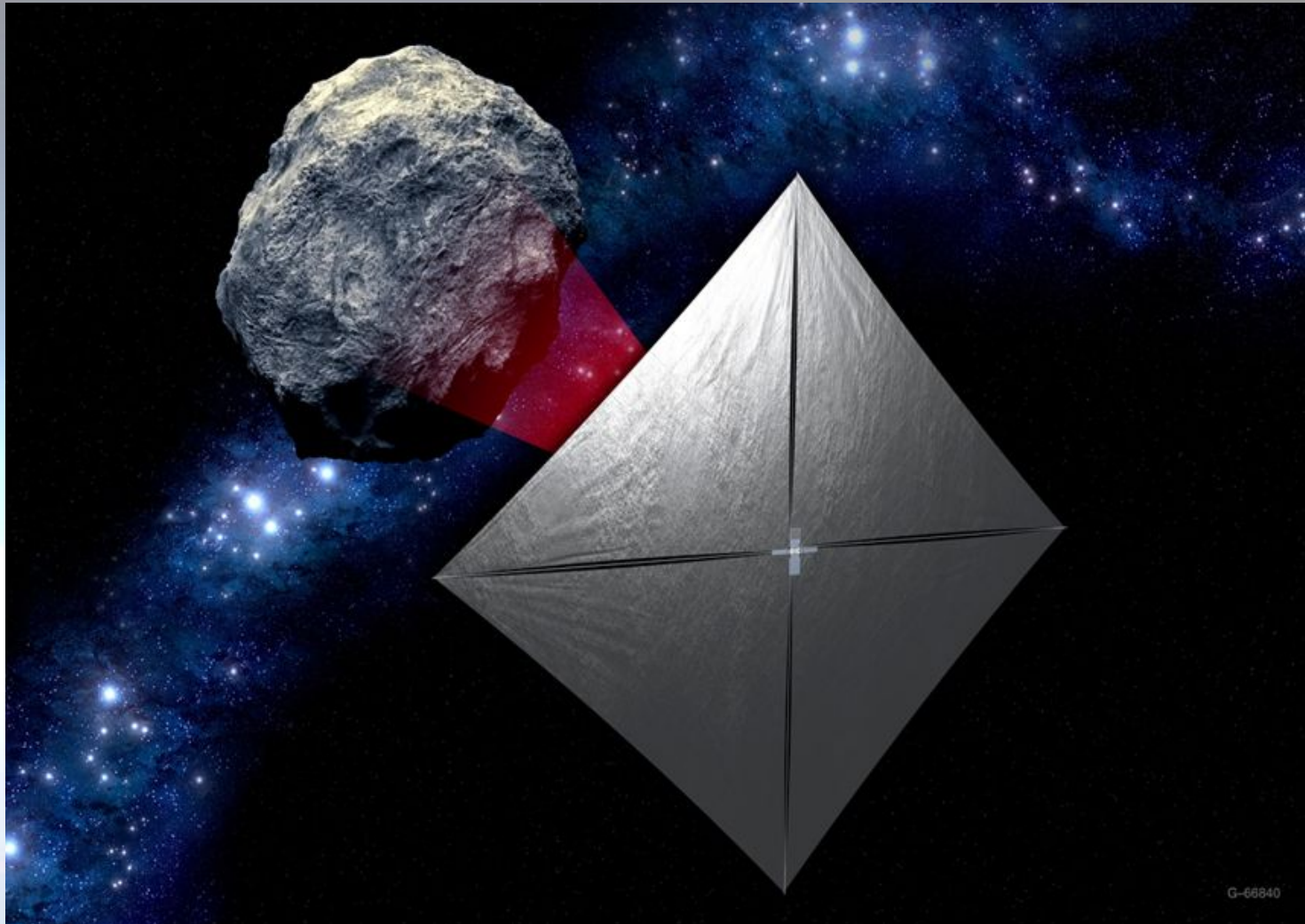


LightSail-2 будет находиться на борту КА типа CubSAT 3U. Он будет занимать объем 2U. В объеме 1U будут установлены камера и системы поддержания и контроля работы КА. Довыведение КА с опорной орбиты на целевую орбиту 720 км будет происходить при помощи РБ Prox – 1 с ионным двигателем.

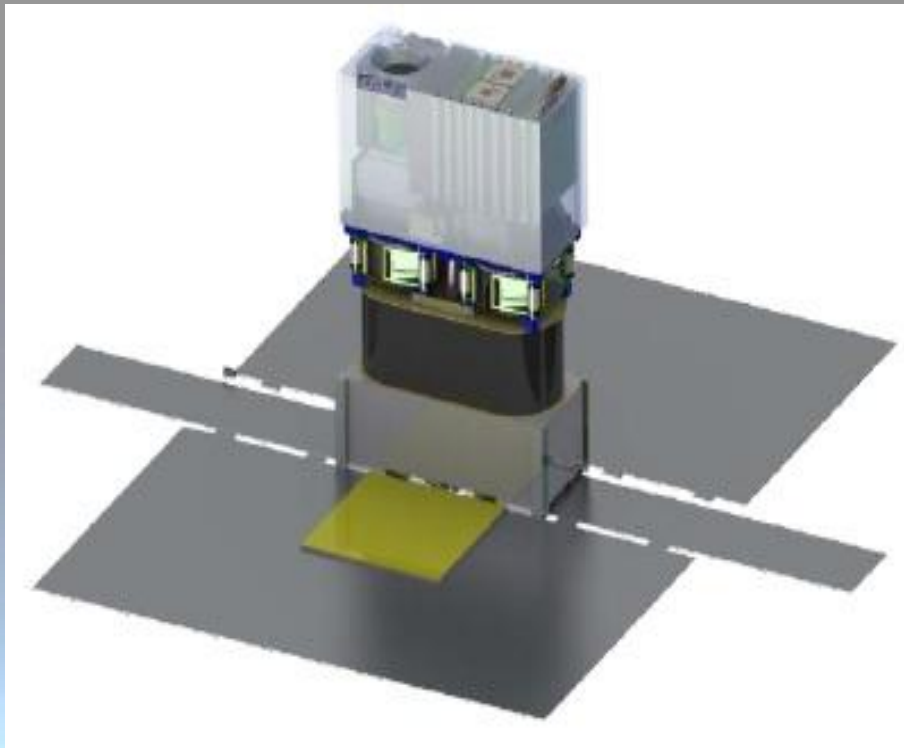


Near-Earth Asteroid Scout

Near-Earth Asteroid Scout – КА, разрабатываемый NASA на базе CubeSAT 6U для столкновения с астероидами, близко пролетающие к Земле.



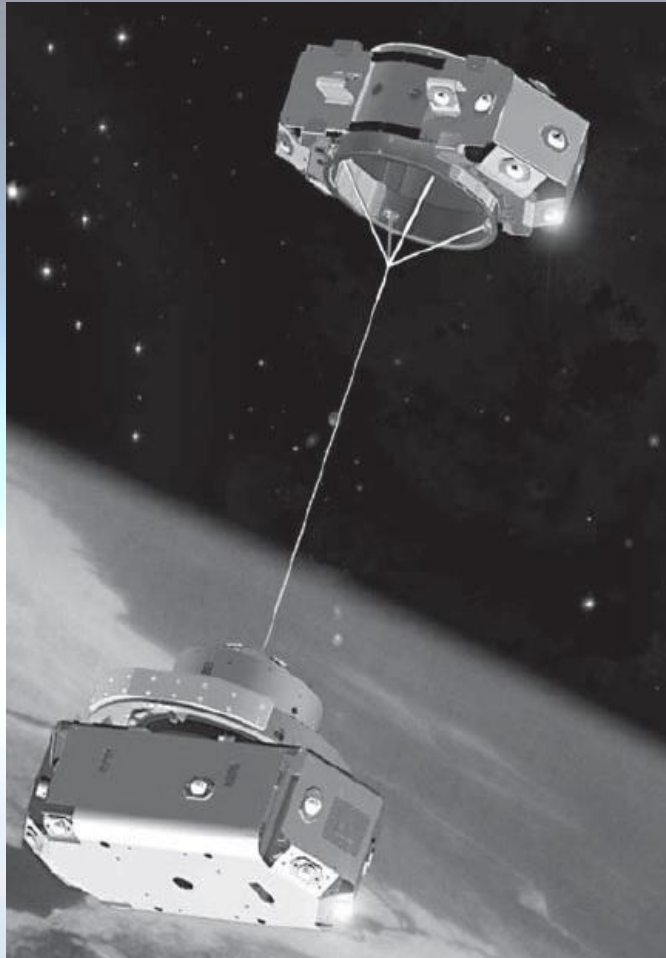
Near-Earth Asteroid Scout



Характеристика	Значение	Характеристика	Значение
Тип КА	SubSAT 6U	Материал паруса	CP-1
Масса КА, кг	14	Толщина, мкм	2,5
Длительность миссии, лет	2,5	Площадь паруса, м ²	86
Цель паруса	Столкновение с астероидом	Устройство раскрытия	4 телескопические штанги
		Время раскрытия, мин	30

Тросовые электродинамические системы

Космической тросовой системой (КТС) называют систему искусственных космических объектов (спутников, кораблей, грузов), соединённых протяжёнными гибкими элементами, совершающую орбитальный полёт.



Тросовые электродинамические системы

Космические тросовые системы, в которых соединительный трос выполнен из электропроводных материалов, называют электродинамическими (ЭДКТС). В результате в тросе возникает электродвижущая сила E , пропорциональная его длине:

$$E = vBl.$$

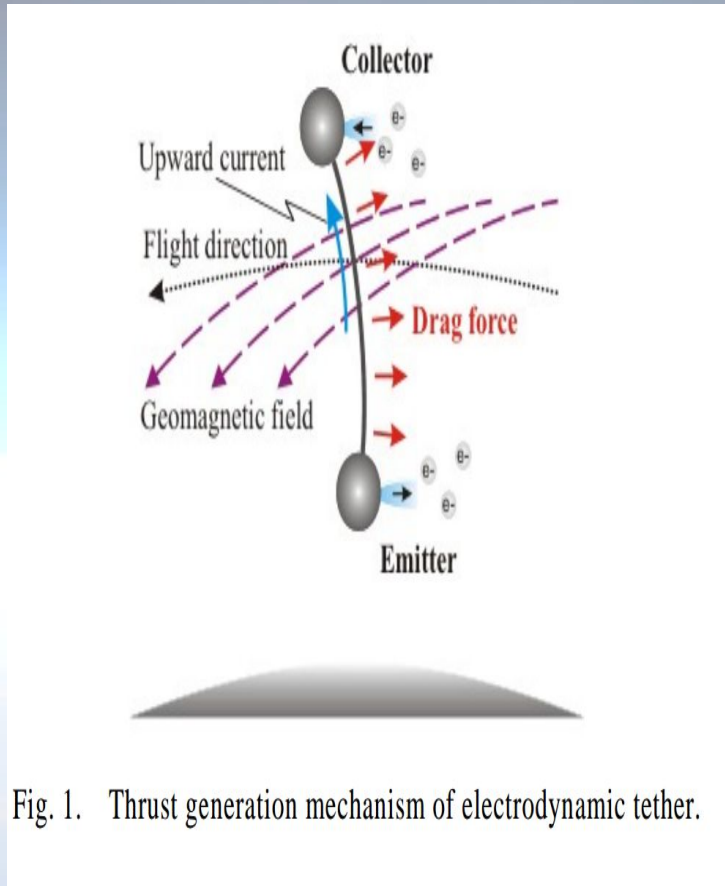
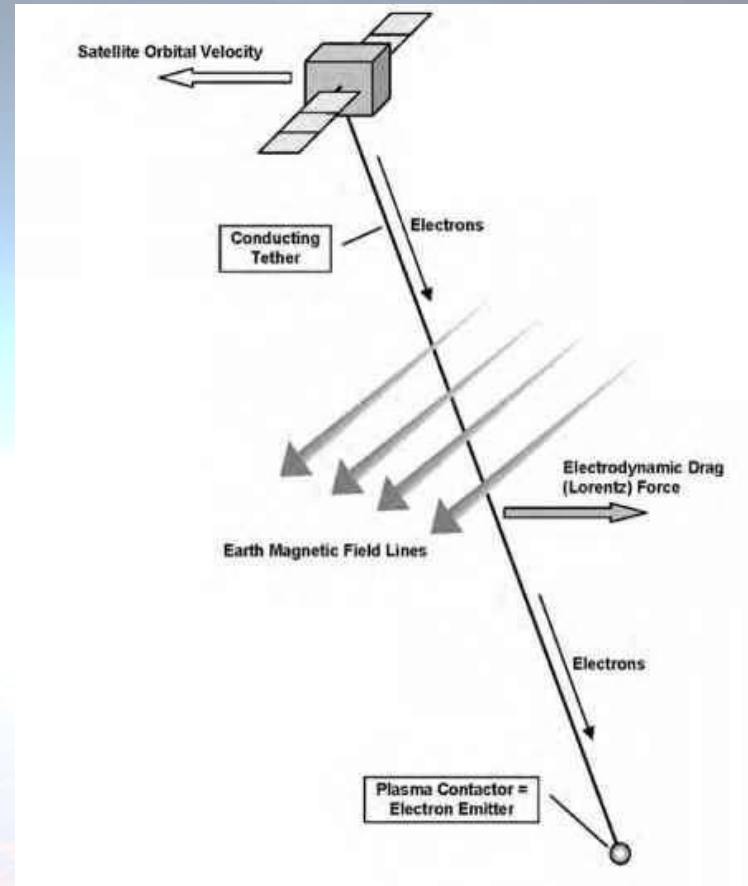


Fig. 1. Thrust generation mechanism of electrodynamic tether.

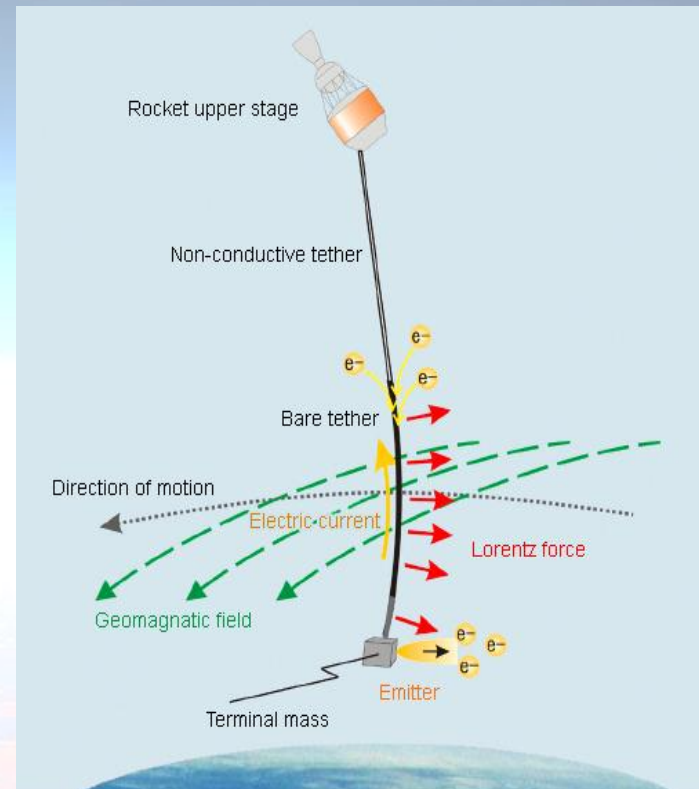
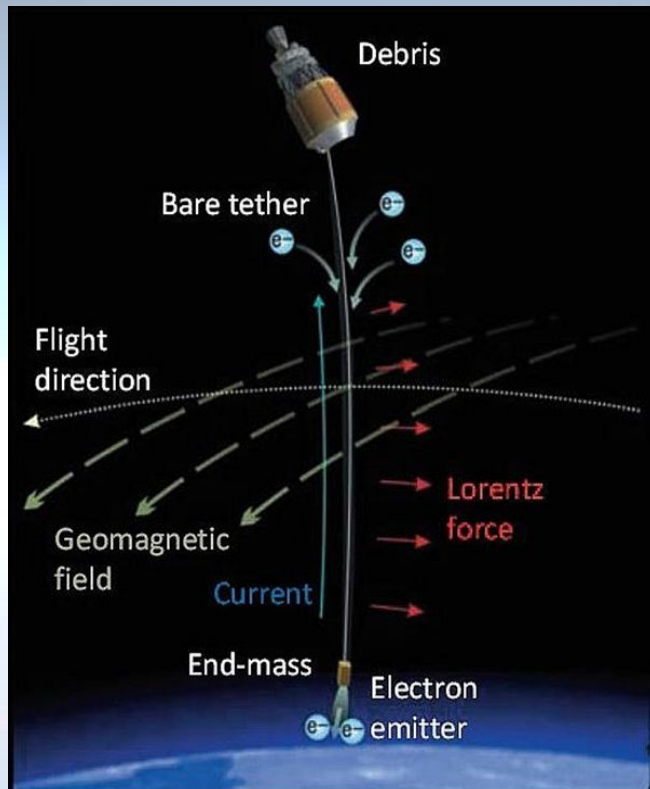


Направления использования комических тросовых систем

1. Энергетика (электростанции космического базирования);
2. Искусственная гравитация (поддержание на КА необходимой величины ускорения свободного падения);
3. Спуск грузов с орбиты;
4. Генерация тока и изменение орбиты;
5. Увод с орбиты (торможение отработавших КА);
6. Транспортные системы;
7. Связь (трос в качестве передающей антенны, излучающей радиоволны);
8. Распределенные измерения (радиоисследования Солнца и планет, в частности на тех длинах волн, которые не пропускает земная ионосфера).

Small Expendable Deployer System (SEDS-1 и SEDS-2)

Годы выполнения миссий 1993-1994. Миссии заключались в возможности развертывание троса и в уводе с LEO 2-ой ступени ракеты-носителя Delta II. В миссии SEDS-1 трос из-за колебаний порвался после одного витка вокруг Земли. В миссии SEDS-2 трос порвался через 4 дня из-за налетевшего на него космического мусора. Длина троса в обеих миссиях составляла 20 км.



Small Expendable Deployer System (SEDS-1 и SEDS-2)

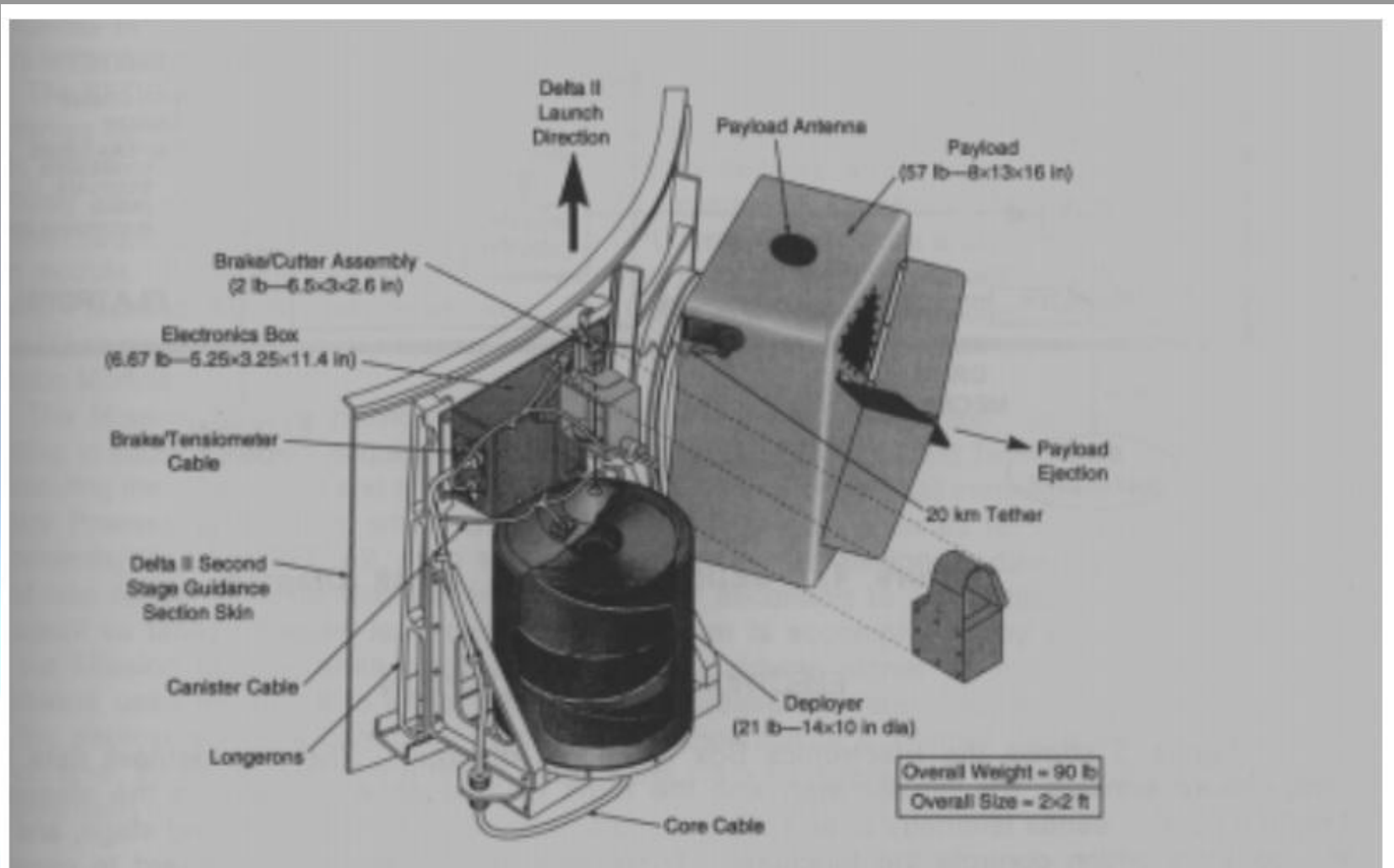


Figure 1.9 SEDS and Endmass on the Delta Second Stage

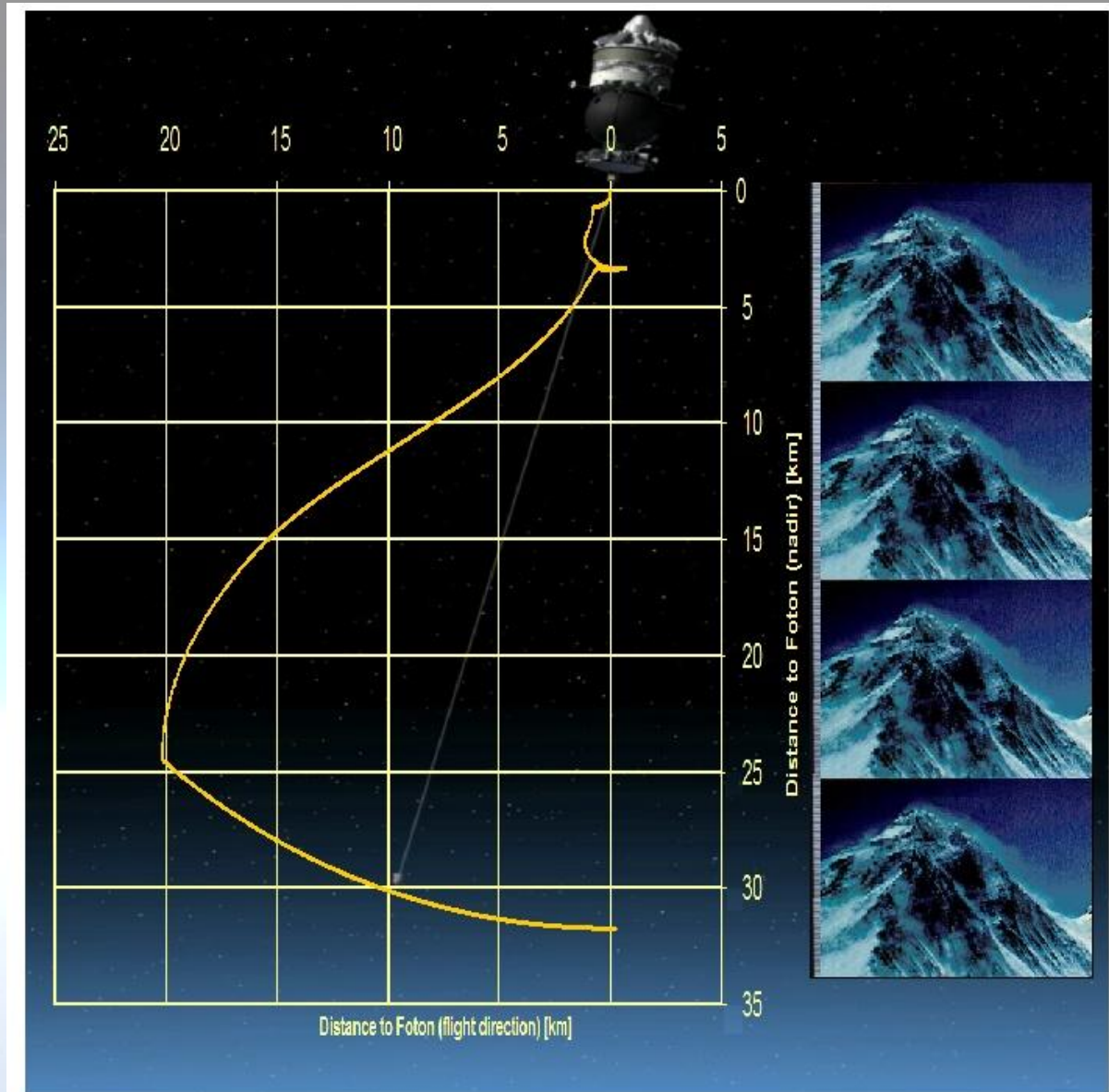
Young Engineers' Satellite 2 (YES2)

Цель эксперимента состояла в развёртывании троса длиной 30 км с закреплённой на конце возвращаемой капсулой Фотино. Предполагалось продемонстрировать возможность возвращения с орбиты грузов без применения ракетных двигателей. Эксперимент YES2 закончился частичным успехом. Трос был размотан на полную длину, спускаемая капсула вошла в атмосферу, но в заданном районе не приземлилась.



Young Engineers' Satellite 2 (YES2)

Масса спускаемого аппарата «Fotino» 6 кг. Его диаметр 0,4 м.



Миссия TSS-1 и TSS-1R

В 1992 году во время миссии TSS-1 трос был развернут на 265 м, затем трос зажало в лебедке, и трос со спутником втянут обратно на борт челнока. В 1996 году во время миссии TSS-1R трос был размотан почти на всю длину, однако «пережегся» из-за короткого замыкания.

