

Научно-исследовательская работа

Астрономия

СОЛНЕЧНЫЙ ПАРУС

Выполнили:

Важенина Алена, 7 лет

Важенин Никита, 10 лет

МАУДО «Дворец пионеров и школьников им. Н.К. Крупской г. Челябинска»,

Россия, г. Челябинск

Руководитель:

Папулова Наталика Владимировна,

педагог дополнительного образования,

МАУДО «Дворец пионеров и школьников им. Н.К. Крупской г. Челябинска»,

Россия, г. Челябинск

Содержание

Введение	1
1 Теоретическая часть	2
1.1 Солнечная энергия	2
1.2 История создания солнечного паруса	3
1.3 Принцип работы парусов	4
1.5 Текущие проекты солнечного паруса	7
1.6 Как выглядит и из чего состоит LightSail 2	8
1.7 Перспективы использования солнечного паруса	8
2 Создание макета солнечного паруса	9
Заключение	9
Список литературы	10
Приложения	12
Приложение А – Теоретическая часть	12
Приложение Б – Макет паруса	15

Введение

Однажды мы с братом посмотрели мультфильм «Солнечный бриз» [1], в котором рассказывалось про то, что космические корабли могут двигаться с помощью солнечного паруса. Очень удивились, что в космосе тоже используют паруса. Летом Никита ходит в парусную школу, и у нас дома много макетов парусных судов. Папа нам рассказывал, как работает парус на ветру, а нас заинтересовало, как же парус помогает движению в космосе. Мы начали спрашивать всех, смотреть передачи, картинки. Мама и папа читали нам статьи из интернета. Узнали много интересного, и об этом мы решили написать работу.

Итак, тема нашей работы: «Солнечный парус»

Цель: сравнить принцип действия солнечного и воздушного паруса.

Задачи исследования:

1. Узнать принцип действия и типы конструкций солнечного паруса;

2. Применить полученные знания для создания макета солнечного паруса.

Предмет исследования: солнечный парус.

Объект исследования: движение в космическом пространстве.

Гипотеза исследования: паруса можно использовать и в космосе; принцип действия один и тот же.

1 Теоретическая часть

1.1 Солнечная энергия

Солнце - одна из звёзд нашей Галактики Млечный Путь и единственная звезда Солнечной системы. Вокруг Солнца обращаются другие объекты этой системы: планеты и их спутники, карликовые планеты, астероиды, метеороиды, кометы и космическая пыль. И все это находится под воздействием солнечного излучения и солнечного ветра.[7] (Рисунок А.1)

Обычно под словом ветер мы подразумеваем воздушный поток, состоящий из определенного набора газов, находящихся в земной атмосфере. Солнце тоже выбрасывает в пространство заряженные частички, но помимо этого оно испускает частички света. Это поток фотонов, вытекающих из короны звезды в окружающий космос. Источниками потока являются все существующие звезды, поэтому можно употреблять название «звездный ветер», оно тоже правильное.[6] Вот что может давить на паруса в космосе!

Фотон – это частичка света. Фотоны могут передавать часть своего движения (импульс) другим телам. [6] Это означает, что при поглощении материалом — и тем более при отражении от него — этот импульс движения может передаваться космическому кораблю. Этот импульс очень мал, зато солнечный свет — единственный доступный в космосе источник импульса, который вы не обязаны приносить с собой с Земли.

Свет же в космосе придает ускорение всякому телу «бесплатно». При этом единственное, что требуется для полета — правильно собрать этот свет и направить. Ускорение от солнечного паруса аппарат может получать постоянно, а не в ходе коротких включений реактивных двигателей. [5] Это

особенно важно при путешествии на дальние расстояния, когда время, за которое можно набрать достаточную скорость, очень велико.

1.2 История создания солнечного паруса

На протяжении нескольких столетий ученые искали способы полететь в космос, который манил своими неизведанными тайнами. Люди давно освоили методы движения по воде, земле и даже по воздуху. Когда атмосфера заканчивается и воздуха не остается, крыльям не от чего отталкиваться. И они перестают держать летуна. Людям необходимо было научиться двигаться там, где нет того, от чего можно оттолкнуться – в безвоздушном пространстве. Такое действие было найдено. Кое-что подсказала природа - например, осьминог. Еще пример реактивного движения, это движения лодки вперед, когда мы прыгаем с ее кормы назад. Реактивное движение вполне подходит для передвижения в космосе. (Рисунок А.2) Например, советский корабль «Восток-1» [3] (Рисунок А.3)

Каждый из нас, наверное, мечтал полететь в космос на космическом корабле.

Реактивное движение имеет неоспоримые достоинства: большая скорость и сильная тяга позволяет преодолеть силу притяжения Земли при запуске ракет, оно способно обеспечить необходимую скорость полета. Но у реактивного двигателя есть и минусы. Кораблю, чтобы улететь далеко, необходимо брать с собой большое количество топлива. Сгораемое топливо загрязняет атмосферу. В процессе запуска ракет от нее отделяются ступени, которые становятся мусором.[7]

Ученые задавались вопросом, какую еще энергию можно использовать для движения космических аппаратов. Один из вариантов такой энергии – световая или солнечная. Свет способен оказывать на предметы очень маленькое давление, но в условиях невесомости достаточно даже этого. Иоганн Кеплер наблюдал кометы и обратил внимание, что их хвосты всегда направлены в сторону, противоположную от Солнца (Рисунок А.4). [4] Первые опыты с

солнечным светом были проведены Петром Николаевичем Лебедевым в 1900 году.

По замыслу советского инженера Фридриха Цандера в (1924 год) солнечный парус должен иметь площадь в 1 квадратный километр при толщине экрана 0,01 миллиметра и массу 300 килограммов.

1.3 Принцип работы парусов

Сначала рассмотрим, что называется парусом.

Парус — ткань или пластина, прикрепляемая к средству передвижения и преобразующая энергию ветра в энергию поступательного движения.

Очень давно человечество использует парус и на суше и, конечно же, на море.

История развития парусов насчитывает больше 5000 лет. Основное распространение паруса получили в морском деле, где они стали основным двигателем на много сотен лет. На море различают два основных вида парусов и несколько десятков подвидов. Основные два - это прямые и косые паруса. Прямой парус расположен поперек корпуса судна, в то время как косые паруса вдоль корпуса. Для прямых парусов основная рабочая сила - это давление воздуха на поверхность паруса, а для косых парусов движущей силой является образовавшаяся разница давления на сторонах паруса из-за набегающего потока воздуха. Это как у крыла самолета, только направлена сила вдоль поверхности Земли. Главное отличие косоугольного паруса от прямого - это возможность более остро идти навстречу ветру. Ведь паруса позволяют двигаться и против ветра, на море такое движение называется галсом. За счет своей конструкции косые паруса позволяют идти под большим углом к встречному ветру. А силу ветра, которая действует на корпус судна, компенсирует киль или шверт. Единственное, чтобы сохранить курс, судно вынуждено постоянно лавировать, т.е. идти то правым, то левым бортом к ветру. Такой способ на море называется лавировкой. Правильный угол атаки судна на ветер, угол расположения паруса относительно судна, а так же длину и частоту галсов определяет шкипер судна. (Рисунок А5.) Когда яхта, идущая под

парусами, меняет свой курс так, что угол между ветром и направлением движения уменьшается, то говорят, что судно **приводится**. [7] Другими словами, привестися значит пойти под более острым углом к ветру. Если происходит обратный процесс, т. е. яхта меняет курс в сторону увеличения угла между ним и ветром, судно **уваливается**. Уточним, что термины («приводиться» и «уваливаться») используются тогда, когда лодка меняет курс относительно ветра в пределах одного и того же галса. Если же судно меняет галс, то тогда (и только тогда!) такой маневр в яхтинге называется поворотом.

Одна из основных задач для яхтсмена при работе с парусами заключается в том, чтобы ориентировать парус под оптимальным углом относительно ветра, чтобы наилучшим образом продвигаться вперед. Для этого нужно понимать, как парус взаимодействует с ветром.

Космический парус ближе к прямому паруса судна; это приспособление, которое использует давление солнечного света на зеркальную поверхность для приведения в движение космического аппарата. При этом ученые серьезно рассматривают возможность хождения на космическом парусе к Солнцу, а не только от него. (Рисунок А.6)

Применение данной технологии позволит совершать даже самые длительные космические полеты, ведь для движения в межзвездном пространстве кораблю не нужно будет иметь на борту огромный запас физического топлива – источник движения будет находиться повсюду. Скорость движения и интенсивность ускорения напрямую зависит от размеров паруса и аппарата. Звездный ветер характеризуется непостоянством. Из-за бурных процессов, происходящих в звездных недрах, он меняет скорость и мощность. Так же у солнечного ветра есть еще одна особенность: ослабление с расстоянием, то есть, чем больше будет расстояние космического корабля с солнечным парусом от источника света, тем меньшим будет давление света. Но ведь огромные пространства Вселенной представляют собой вакуум, следовательно, не будет силы, замедляющей движение космолета. Зато даже

самый слабый свет от далеких звезд будет постепенно увеличивать скорость полета.

1.4 Попытки создания

Еще в 1974 году инженерам удалось впервые «обуздать» солнечный ветер. Произошло это в рамках запуска американской автоматической межпланетной станции Маринер-10. (Рисунок А.7) В качестве солнечного паруса выступили ее панели солнечных батарей. Их развернули под нужным углом к Солнцу, что позволило корректировать расположение корабля в пространстве.[5]

Следующей конструкцией, похожей на солнечный парус, стал отражатель Знамя-2 (рисунок А.8), установленный в 1993 году на орбитальной станции Мир. Но он использовался не в качестве ускорителя, а как дополнительный источник света для Земли. Эта конструкция создала на поверхности нашей планеты огромный «солнечный зайчик» диаметром 8 километров.

В дальнейшем процесс создания и развертывания солнечных парусов столкнулся с настоящим злым роком. Так, в 2005 году упала во время старта российская ракета «Волна», несущая на орбиту спутник Космос-1 с солнечным парусом диаметром 30 метров.[3]

Неудачами закончились попытки запустить солнечные паруса в 2001 и 2005 году. Ракета Falcon 1 от американской компании SpaceX, стартовавшая в августе 2008, также должна была отправить на орбиту солнечный парус, NanoSail-D. Но она упала на третьей минуте полета.

Первый по-настоящему удачный запуск солнечного паруса состоялся в 2010 году в рамках японского проекта IKAROS (Рисунок А.9).[7] Японские инженеры отправили на орбиту и смогли там полностью развернуть полиамидную пленку толщиной 7,5 мкм и площадью 196 квадратных метров.

Планетарным обществом в мае 2015 года был запущен LightSail 1. Аппарат удалось успешно вывести на орбиту и испытать механизм раскрытия паруса. Однако параметры орбиты не позволяли протестировать саму идею светоплавания — на высоте, где находился спутник, плотность атмосферы была

слишком высокой, чтобы сравниться с небольшим ускорением от солнечного света. В результате спутник пробыл на орбите около 30 дней и сгорел в атмосфере.

До проекта LightSail Планетарное общество пыталось испытать идею светоплавания с помощью аппарата «Космос-1», спроектированного совместно с российскими разработчиками из НПО имени Лавочкина. Размеры его паруса были 600 квадратных метров. Однако его так и не удалось запустить на орбиту: в 2001 и 2005 годах были сделаны две попытки, обе из которых завершились тем, что аппарату не удалось отделиться от ракеты-носителя «Волна». Стартовой площадкой в обоих случаях выступала АПЛ «Борисоглебск» (Рисунок А10).

1.5 Текущие проекты солнечного паруса

LightSail 2 — это небольшой космический зонд, который был задуман и спроектирован Планетарным обществом, — организацией, объединяющей энтузиастов освоения космоса. Однако, в отличие от обычных парусов, которые толкает ветер, движение солнечного парусника происходит из-за того, что парус отражает излучение. Его «мощность» мала, но разгон происходит постоянно и постепенно «накапливается».

Аппарат был запущен на орбиту 25 июня 2019 года на ракете Falcon Heavy компании SpaceX. (Рисунок А.11). [5] Он попал на орбиту не непосредственно с ракеты-носителя, а в составе миниатюрного блока Prox-1, оснащенного самостоятельной системой управления, камерой и солнечными батареями. Около месяца он провел на орбите, пока на Земле шла подготовка к операции по раскрытию паруса.

Убедиться в работоспособности удалось 2 июля, когда аппарат успешно передал на Землю свое первое сообщение из символов азбуки Морзе. Убедившись в работоспособности спутника, ученые начали проверять его способность придерживаться заданного маршрута, чтобы аппарат всегда подвергался солнечному воздействию. Исследователям удалось найти несколько ошибок в программном обеспечении аппарата и быстро их исправить

при помощи обновления. Пока все это происходило, аппарат сделал фотографию, на которой можно разглядеть очертания Земли, блики от Солнца и различные элементы самого спутника.

23 июля его удалось успешно развернуть. Раскрытие происходило в два этапа: сначала из корпуса аппарата вытянулись опоры, а затем по ним растянулись четыре блестящих полотна.

1.6 Как выглядит и из чего состоит LightSail 2

LightSail 2 относится к классу микроспутников формата CubeSat. Его размеры — всего 11×11×34 сантиметра. (Рисунок А.12) В этот объем упакованы камера, четыре лепестка солнечных батарей, литиевые аккумуляторы, системы авионики, антенна и даже мини-DVD с именами и фото членов Планетарного общества. Но, конечно, главная нагрузка аппарата — это светоотражающий парус из тончайшего материала и система его крепления. Последняя представляет собой четыре плоские стрелы из кобальтового сплава, которые выдвигаются из корпуса подобно металлической линейке в строительной рулетке. Между этими стрелами крепятся четыре треугольных лепестка квадратного паруса. [8] Их общая площадь составляет 32 квадратных метра, а сторона — чуть больше пяти метров. Сам парус изготовлен из металлизированного майлара (он же лавсан, он же полиэтилентерефталат) толщиной в 4,5 микрона. Этот материал представляет собой полиэстерную пленку, способную одновременно отражать большую часть излучения ближнего ИК-спектра для движения и испускать излучение в среднем ИК-диапазоне для эффективного охлаждения. Это означает, что 200 слоев такого материала будут иметь толщину менее 1 миллиметра. Из подобного материала делают блестящие спасательные покрывала, которые можно часто увидеть в кино.

1.7 Перспективы использования солнечного паруса

В ближайших планах ученых — оснащение солнечными парусами аппаратов, наблюдающих за активностью нашей звезды. Они смогут вовремя предупреждать землян о возникающих вспышках и катаклизмах на Солнце.

Существуют также идеи, предполагающие замену основного источника движения такого паруса с солнечного света на лазерный луч. Изначально предполагалось устанавливать источник этого луча на Земле, но сейчас появились куда более смелые предложения по созданию таких конструкций где-нибудь на отделенных планетах Солнечной Системы или даже на космических станциях в межзвездном пространстве. Идеальным вариантом будет развертывание целой системы лазерных установок по дороге к другим звездам. Но это – дело далекого будущего.

2 Создание макета солнечного паруса

Мы не отказались от идеи создать свой макет солнечного паруса.

Попробовали сделать макет прямоугольного паруса (Рисунок Б.1).

Для этого нам понадобилась: проволока, отражающая бумага для оформления цветов, Лего и клеевой пистолет.

Для изготовления паруса нужен тонкий светоотражающий материал. Сначала мы пробовали сделать парус из фольги, но она оказалась некрепким материалом и легко подвергалась надрывам. Методом проб, мы нашли оберточную бумагу для цветов, которая отлично подошла для нашего паруса. Каждое крыло паруса мы делали на каркасе из проволоки. Никита сгибал треугольник, а Алена оборачивала оберточной пленкой этот каркас. Закрепляли все клеевым пистолетом. (Рисунок Б.3) Из лего собрали аппарат и даже поместили туда условно живой объект для транспортировки. (Рисунок Б.2) После этого проволокой собрали 4 крыла в единый объект (Рисунок Б.4). В таких парусах нагрузку располагают в точке пересечения перекладин. Именно там мы и расположили свой «корабль» основательно закрепив его проволокой.

Заключение

Наша гипотеза подтвердилась: паруса можно использовать и в космосе; принцип действия один и тот же.

Солнечные паруса - одно из самых перспективных средств для передвижения в космосе, что обязательно сыграет ключевую роль в полетах на

дальние расстояния. Но как далеко эти солнечные паруса смогут доставить нас и как быстро пока точно не известно.

Как мы выяснили, солнечные паруса изначально не будут зависеть от силы, которая используется для запуска космической ракеты. В этой гонке ракетно-космический корабль быстро стартует, стремительно продвигаясь к месту назначения. С другой стороны, космический корабль, оснащенный солнечным парусом, начнет свое путешествие в медленном, но устойчивом темпе, постепенно увеличивая скорость, так как Солнце продолжает оказывать на него действие. Рано или поздно, независимо от того, как быстро это произойдет, реактивный корабль не будет работать, топливо закончится. Напротив, у солнечного парусного корабля бесконечный запас энергии от Солнца. Кроме того, солнечный парус потенциально может вернуться на Землю, в то время как на реактивном двигателе не будет никакого топлива, чтобы вернуть его обратно.

По мере того как парусник по-прежнему будет подталкиваться солнечным светом, он будет наращивать скорость, которой машины с реактивным двигателем никогда не смогут достичь, даже используя гравитационные маневры. Такое транспортное средство в конечном итоге будет двигаться со скоростью около 90 км/с, что составит 324 000 км/ч. Эта скорость примерно в 10 раз превышает скорость орбитального космического корабля 8 км/с. Казалось бы, нет ничего проще – развернул в космосе парус, выбрал направление и – полетели. Но пока технология проходит обкатку – экспериментируют с материалами и площадью парусов.

Солнечный парус – еще одна альтернатива стандартному и привычному реактивному движению, которая может в будущем открыть нам путь к далеким звездным системам.

Список литературы

1. Пин-код. Солнечный бриз Мультфильм
[https://www.youtube.com/watch?v=EvNaoERV9WE.;](https://www.youtube.com/watch?v=EvNaoERV9WE;)

2. «Вселенная», Научно-популярный сериал, 1 сезон – телекомпания «History Channel»;
3. Дженкинс М. Открываем космос от телескопа до марсохода. / Дженкинс М. – М: ООО «Манн, Иванов и Фербер» 2017. – 64 с.
4. ;Качур. Е. Увлекательная астрономия./ Качур. Е.– М.: ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2016. – 80 с.;
5. Левитан Е.П., Сказочная вселенная./ Левитан Е.П. – М.: Издательский Дом Мещерякова, Эксмо, 2011. – ил;
6. Свободная энциклопедия Википедия –<http://ru.wikipedia.org/wiki>;
7. М. Аксенова, А. Голсовская, Энциклопедия для детей. Астрономия [Текст] – М.: Мир энциклопедий Аванта+ Астрель, 2011. – 528с.
8. Дмитрий Мамонтов. На зеркальных парусах // Популярная механика. — 2006. — № 2. — С. 26—32.

Приложения

Приложение А – Теоретическая часть



Рисунок А.1 – Морской и космический парусники



Рисунок А.2 – Реактивное движение



Рисунок А.3 – Восток-1



Рисунок А.4 – Хвост кометы

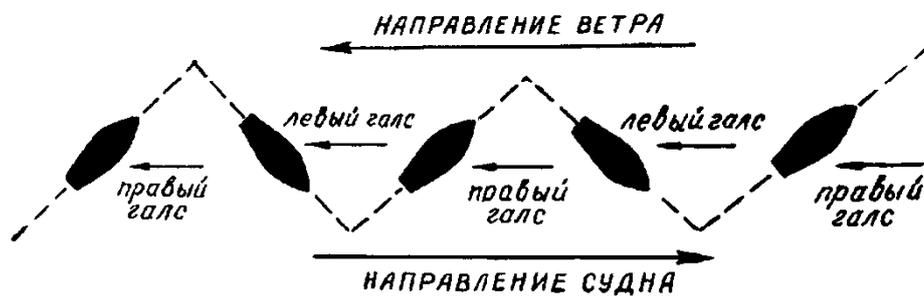


Рисунок А.5 – Схемы расположения парусов корабля относительно направления ветра

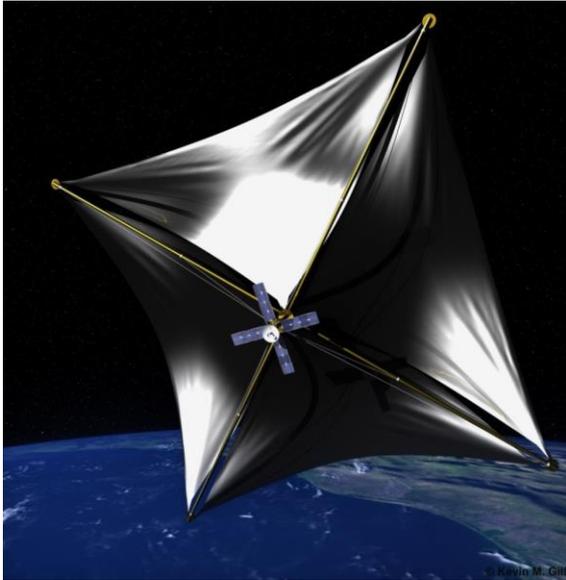


Рисунок А.6 – Солнечный парус

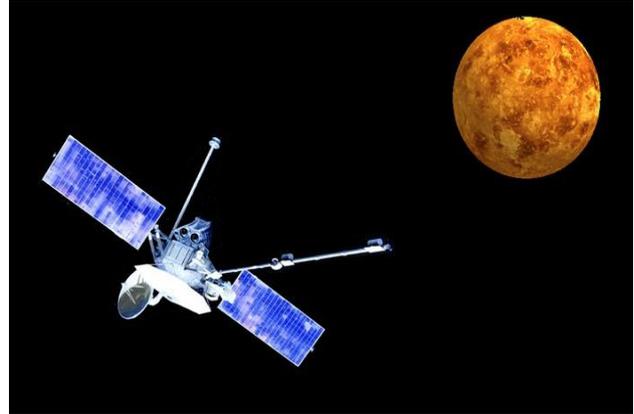


Рисунок А.7 – Маринер-10

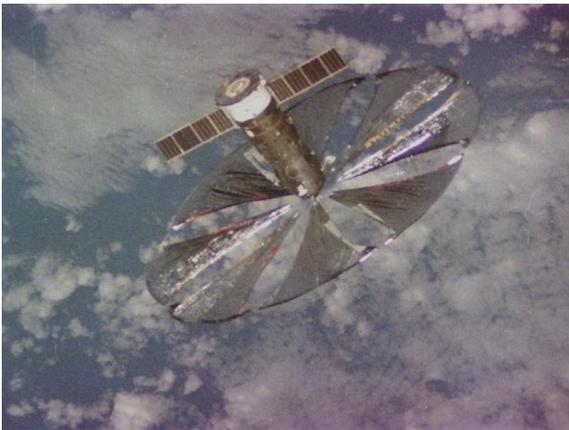


Рисунок А.8 – Первый в истории человечества опыт создания солнечного паруса.

Эксперимент «Знамя-2»,
1993 г.

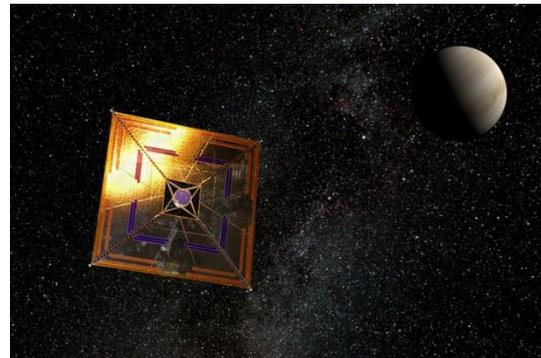


Рисунок А.9 - Японский солнечный парус IKAROSP

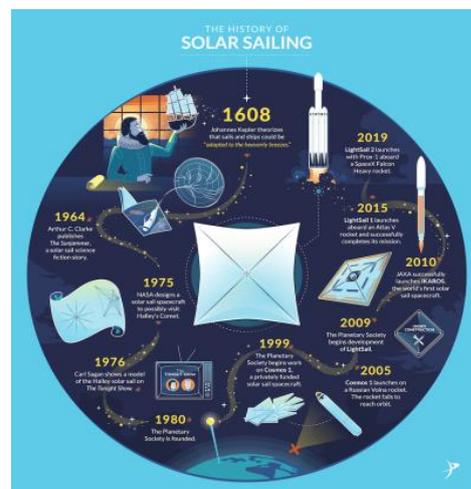


Рисунок А.10 – Дорога к солнечному парусу.

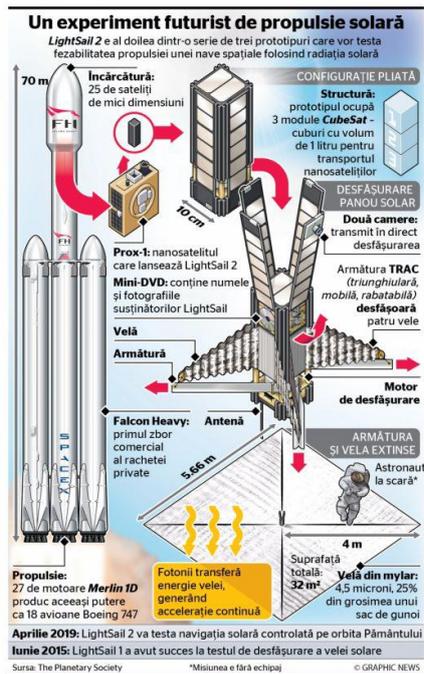


Рисунок А.11 – Схема раскрытия LightSail 2

LIGHTSAIL 2

ANTENNA DEPLOYED

SIZE
11.3 x 11.3 x 48.7 cm
(4.5 x 4.5 x 19.2 in)

WEIGHT
5 kg
(11 lbs)

SIZE REFERENCE
Loaf of Bread



SOLAR PANELS DEPLOYED

SIZE
34.8 x 34.8 x 78.3 cm
(13.7 x 13.7 x 30.8 in)

IMAGING

Dual 2 megapixel cameras with full size lenses for color and imaging

POWER

4 solar arrays, 8 rechargeable 2000mAh batteries for active operation

MINI DVD

Includes a list of Planetary Society members, Kickstarter backers, and "Sailers to Space"



Рисунок А.12 – LightSail 2

Приложение Б – Макет паруса



Рисунок Б.1 – Макет солнечного паруса



Рисунок Б.2 – Корпус аппарата



Рисунок Б.3 – Крыло солнечного паруса



Рисунок Б.4 – 4 крыла, собранные в солнечный парус.