

ГОО Гимназия № 363  
Фрунзенского района

# Солнечный парус

Выполнила: ученица 11А класса  
Додонова Яна  
Руководитель: учитель физики  
Орлова Ольга Валерьевна

Санкт-Петербург  
2008 г.

[5klass.net](http://5klass.net)

## *Цель работы:*

- Исследовать актуальность, возможность и целесообразность использования светового давления для космических полетов

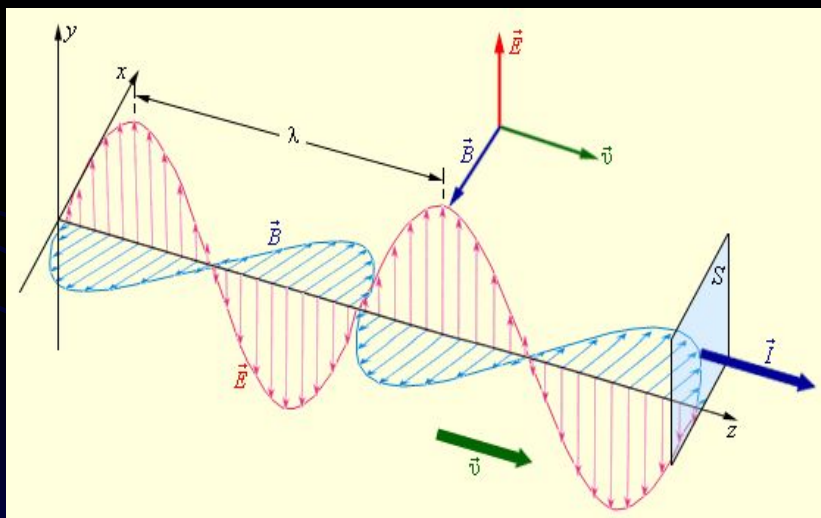
## *Задачи:*

1. Оценить величину светового давления, рассмотреть возможности использования светового давления в космической технике
2. Определить проблемы космоплавания и целесообразность использования солнечных парусников
3. Описать конструкции солнечных парусов и свойства материалов, из которых они изготавливаются
4. Разобрать физические основы управления солнечным парусом
5. Осветить перспективы использования солнечных парусников

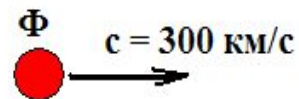


# Природа света

Свет —  
электромагнитная  
волна



Свет — поток частиц -  
фотонов



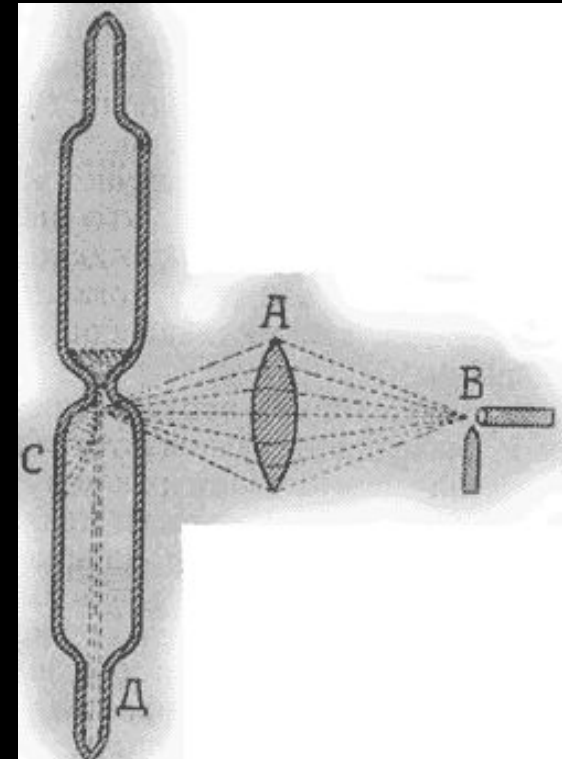
Энергия фотона  $E = h\nu$

Импульс фотона  $p = h/\lambda$

Масса фотона  $m = h\nu/c^2$

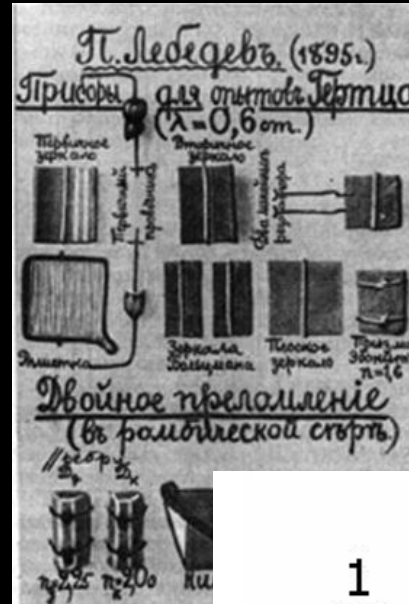
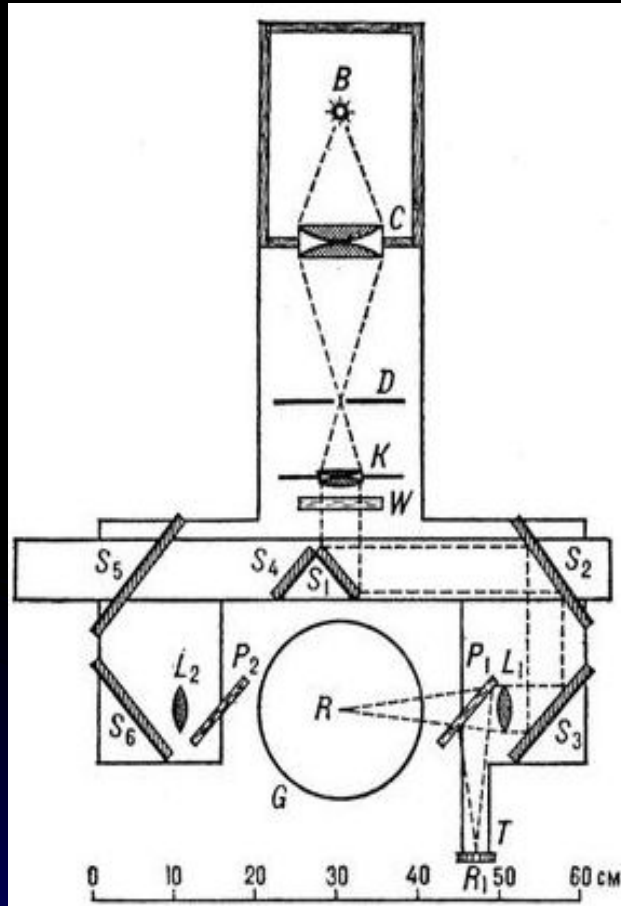
# Опыты по доказательству и измерению давления света

- 1619г. Идея о том, что свет может оказывать давление, приписывают Иогану Кеплеру.
- 1873г. Дж.Максвелл , исходя из представлений об электромагнитной природе света, пришел к выводу: свет должен оказывать давление на препятствие.
- 1893г. Американские ученые Никольс и Гул представили экспериментальное доказательство светового давления.
- 1900г. П.Н.Лебедев измерил световое давление и подтвердил предсказание Максвелла.

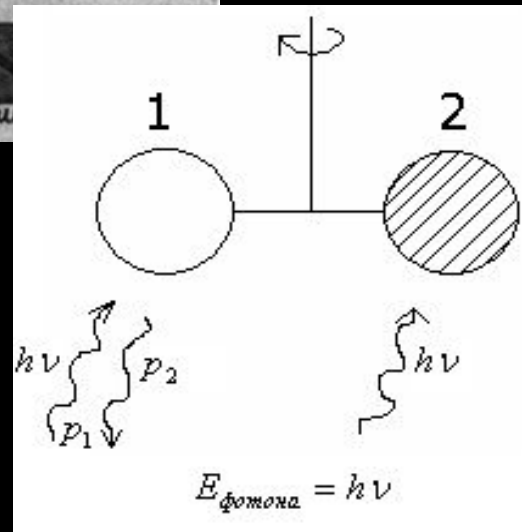


Опыт Никольса и Гула

# Опыт Лебедева



П.Н.Лебедев



Опыт Лебедева (1900г.)

# Величина светового давления и его оценка

Квантовая и электромагнитная теории света позволили вычислить величину давления света

Эта величина очень мала, но телу малой массы она может сообщить огромную скорость

$$F \cdot \Delta t = N \cdot mc$$

$$F = N \cdot mc / \Delta t = n S \Delta t mc / \Delta t$$

$$P = F / S = n \cdot mc$$

$$P = nh\nu / c = nE / c = k / c$$

$K$  - Солнечная постоянная

$$K = 0,14 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2$$

$$P \approx 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$$

# Световое давление в астрономии

- Световое давление обеспечивает стабильность звезд, противодействуя силам гравитационного сжатия



- Действием давления света объясняются некоторые формы кометных хвостов



- Давление солнечного света на мельчайшие частицы уносит их на огромные расстояния



# Солнечный парус

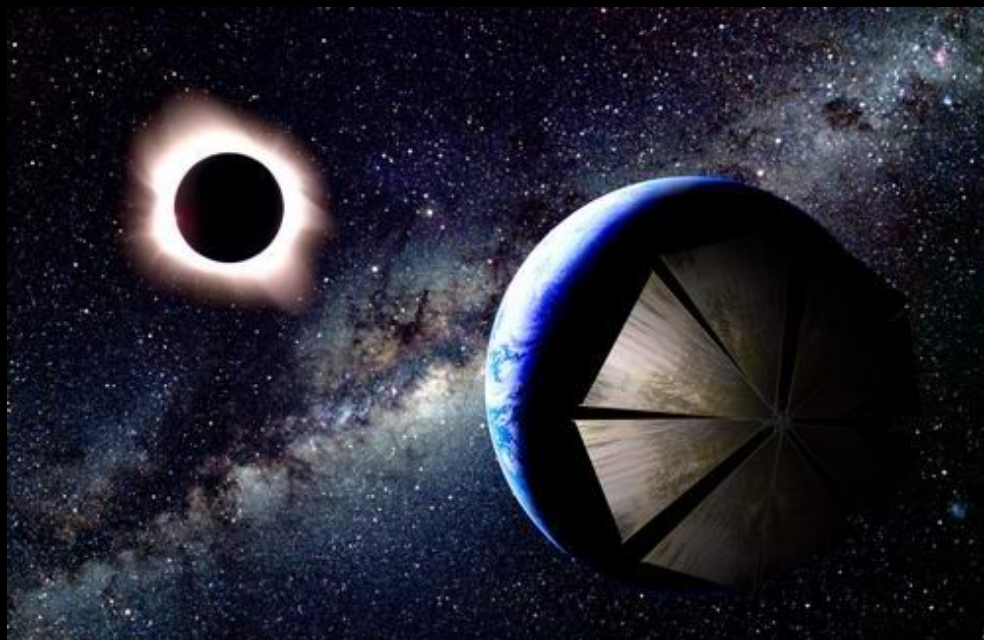


Фридрих Цандер  
1887 - 1933

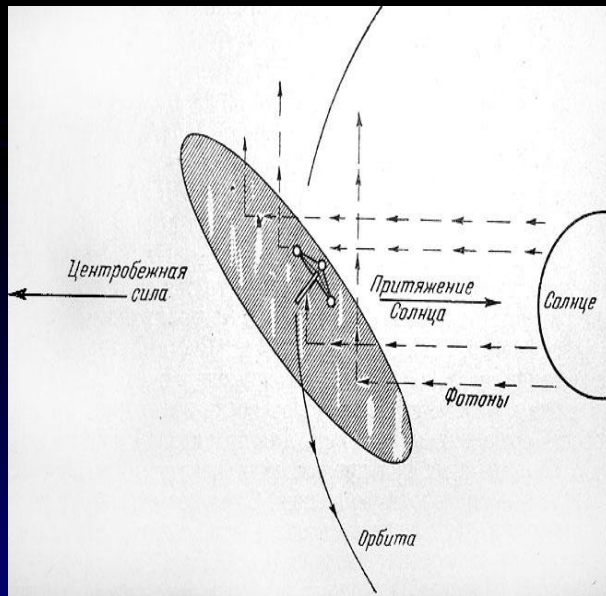
- 1924г. Фридрих Артурович Цандер

Изобрел Солнечный парус.

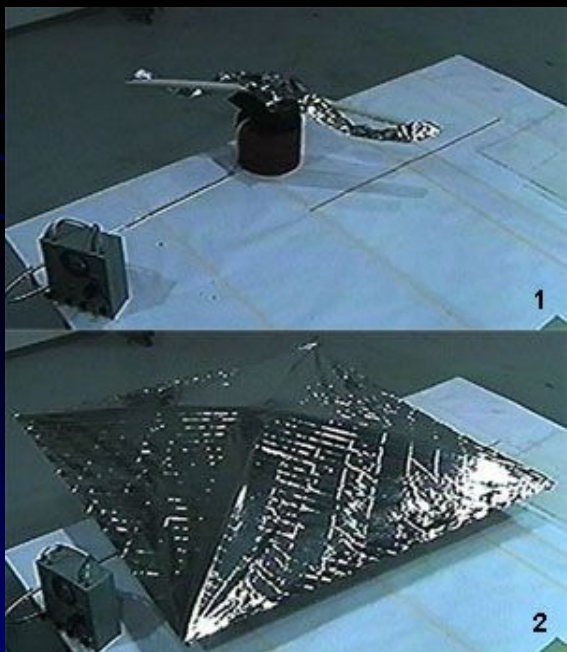
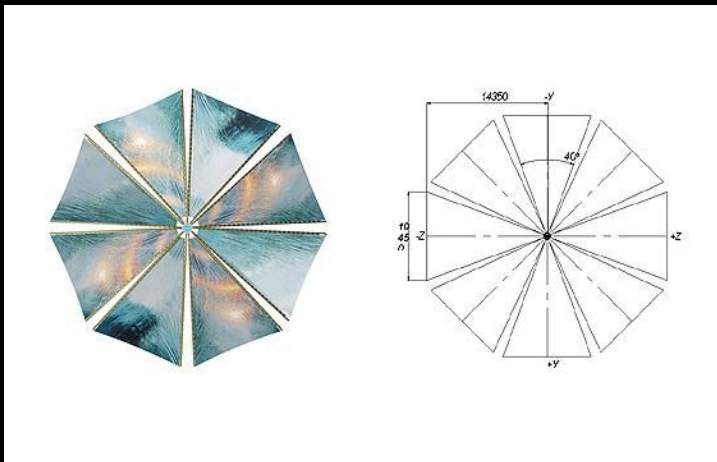
Впервые рассмотрел конструкции Солнечных парусов. Попытался разобрать основы теории движения космического аппарата под солнечным парусом.



# Управление солнечным парусом



# Размеры и материалы



**Космический аппарат массой 500 кг требует парус площадью 5 гектаров (квадрат со стороной 225 м)**

**Солнечный парус – полиэфирная пленка толщиной 5мкм с субмикронным слоем алюминия (коэффициент отражения – 0,85)**

# Размеры и материалы



**Материал должен быть максимально легким, прочным, тонким и хорошо отражающим свет.**



## •Каптон

Обладает высокой термостойкостью, высокими физико-механическими и электрическими показателями, мало изменяющимися в широком интервале температур. Срок службы пленки на воздухе при 250 градусах Цельсия – 12 лет, а при 400 градусах Цельсия – 10 лет.

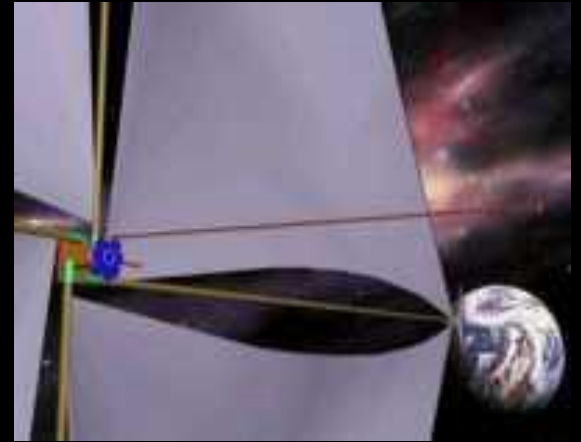
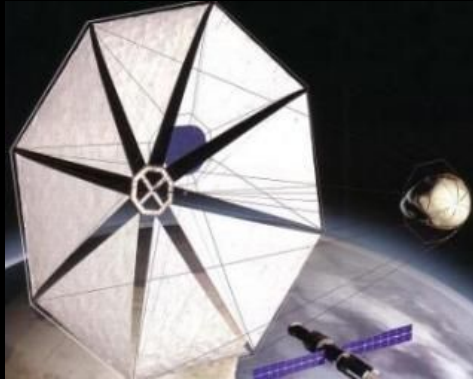


## •Милар

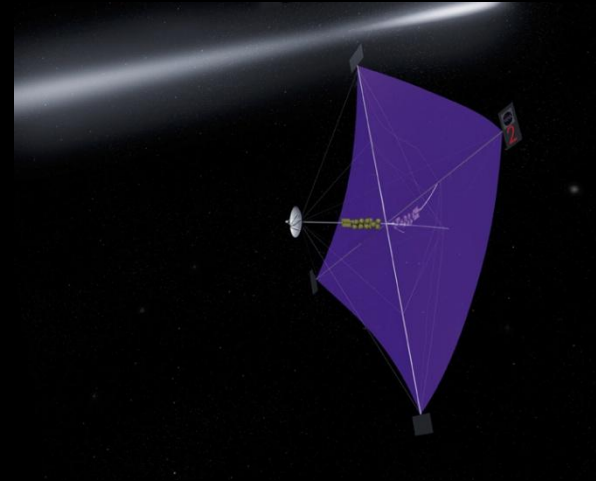
Термопластик. Твердое бесцветное вещество. Прочен, износостоек, хороший диэлектрик, термостоек, не растворим в воде и др. органических растворителях.

# Возможные конструкции

## Каркасная конструкция



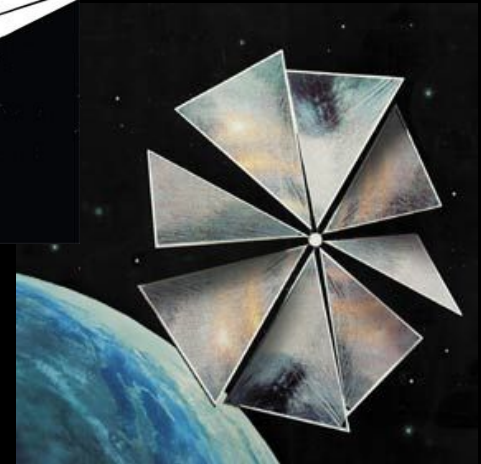
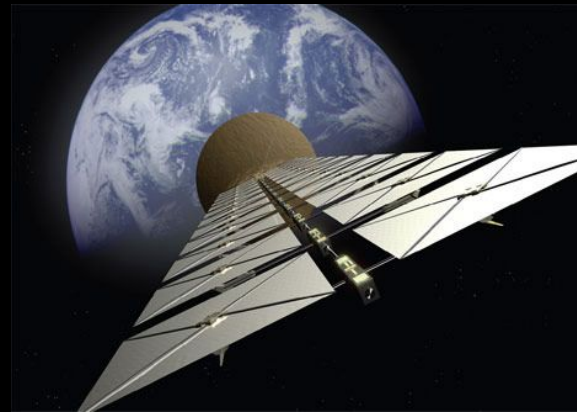
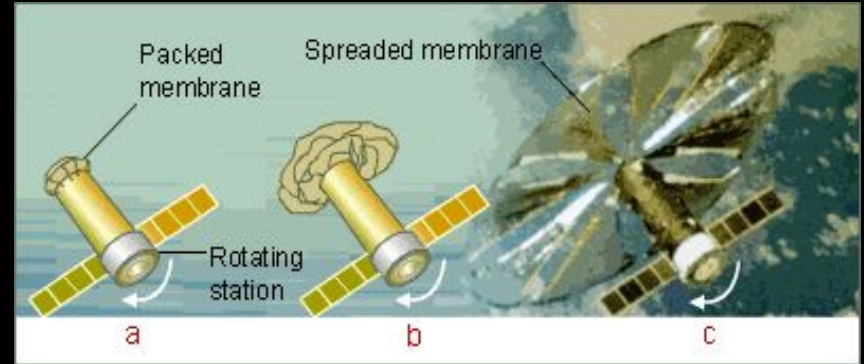
## Бескаркасная - «Вращающаяся» конструкция



# Проблемы космоплавания

## *Основные проблемы:*

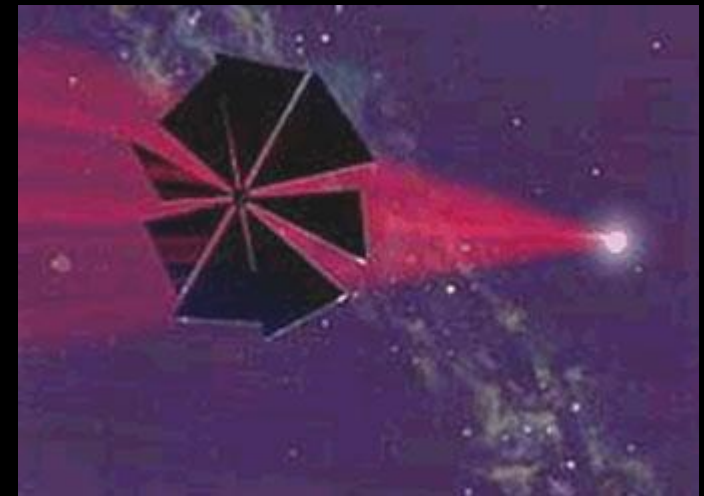
1. **Развертывание паруса площадью несколько гектаров в рабочее положение**
2. **Жесточайший лимит на полную массу корабля**
3. **Обеспечение требуемой ориентации паруса по отношению к солнечным лучам**



# Перспективы космоплавания

## *Разумно управляя солнечным парусом:*

- Его можно разогнать около Земли, выйти в межпланетное пространство и отправиться в космическое путешествие
- С его помощью можно изучать Солнце с малого расстояния
- Его можно использовать в роли сборщика космического мусора с околоземных спутниковых орбит
- Его можно использовать не только в роли космического двигателя, а в качестве космического осветителя Земли



# Космоплавание сегодня



- 2000г. – НПО им. Лавочкина и Институт космических исследований РАН начали работу по программе КАСП.



- 2004г. NASA – эксперимент по раскрытию 4-сегментного паруса.



- 2004г. ISAS –Япония В ходе суборбитального полета успешно проведено открытие паруса типа «Клевер».

# Будущее космоплавания



- В 2008г. Россия готовит к испытанию Солнечный парус, который сможет за 5 дней долететь до Марса.
- Постоянное давление солнечного света будет все время ускорять корабль, который сможет разогнаться до скорости в 5 раз превышающей скорость обычной ракеты. И это без всяких затрат топлива.

- Ученые NASA предложили заменить алюминиевый или углеродный парус магнитосферой – «сплетенным» вокруг космического аппарата коконом магнитных полей. Магнитное поле диаметром 15-20 км. Будет прогибаться под действием Солнечного ветра, подобно магнитному полю Земли.

