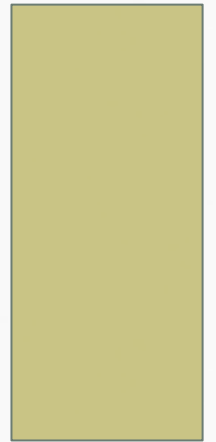


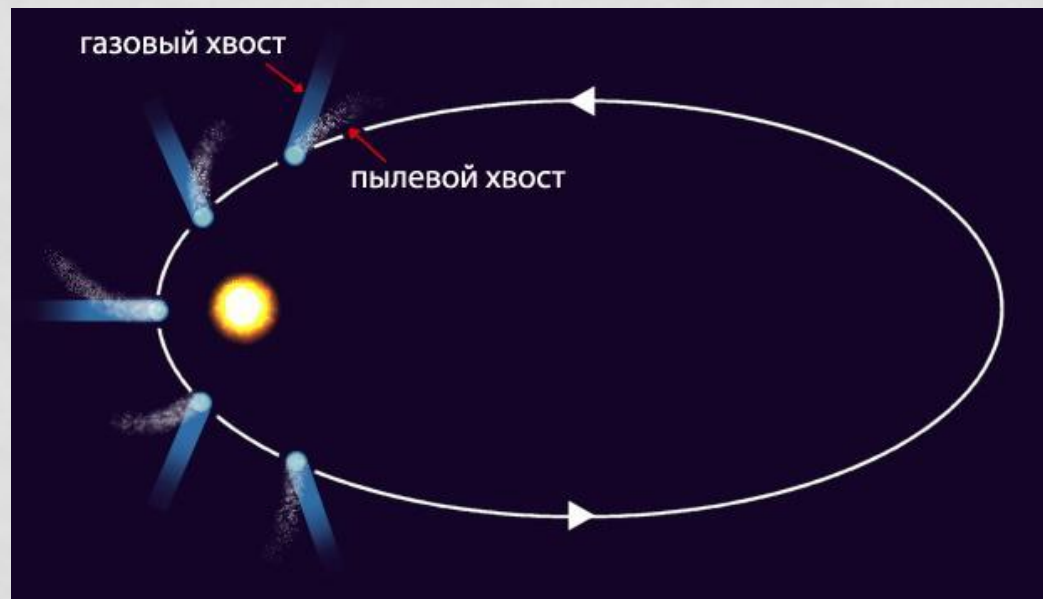
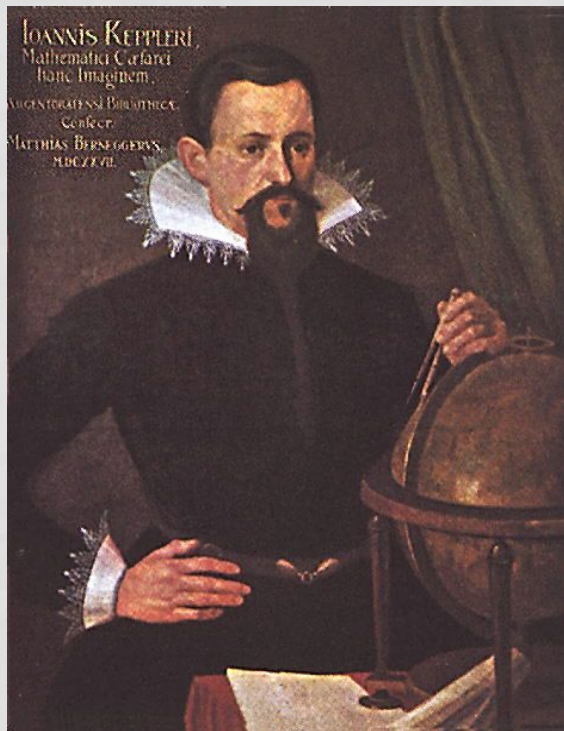
# ДАВЛЕНИЕ СВЕТА

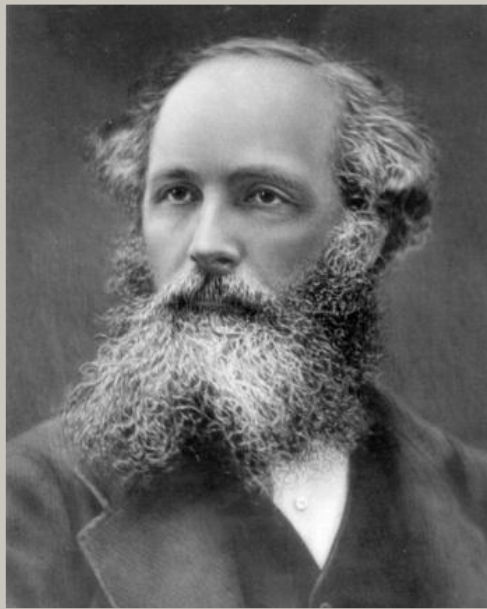
ОПЫТ ЛЕБЕДЕВА



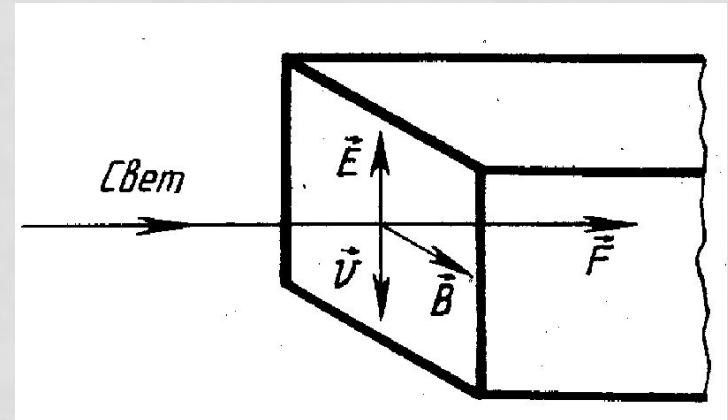
# ГИПОТЕЗА О СВЕТОВОМ ДАВЛЕНИИ

Впервые гипотеза о световом давлении была высказана в 1619 г. немецким ученым И. Кеплером (1571-1630) для объяснения отклонения хвостов комет, пролетающих вблизи Солнца





# ДАВЛЕНИЕ СВЕТА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ



- В 1873 г. Дж. Максвелл, исходя из представлений об электромагнитной природе света, пришел к выводу:

***свет должен оказывать  
давление на препятствия***

(благодаря действию силы Лоренца).

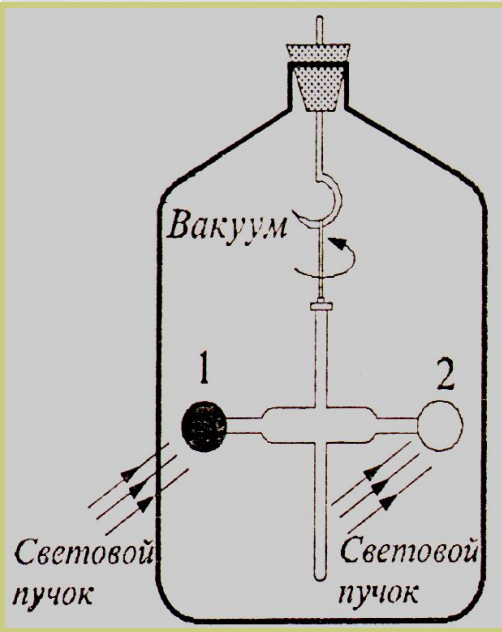
- на рисунке  $v$  - направление скорости электронов под действием электрической составляющей электромагнитной волны).

# ОПЫТЫ П.Н.ЛЕБЕДЕВА



- Световое давление на твердые тела было измерено П. Н. Лебедевым, который в 1900 г., используя чувствительные крутильные весы. Теория и эксперимент совпали.
- опыты П. Н. Лебедева — экспериментальное доказательство факта: *фотоны обладают импульсом*

# ОПЫТЫ П.Н. ЛЕБЕДЕВА



## Трудности:

- А) давление света мало
- Б) радиометрический эффект (мешал)
- В) конвекционные потоки воздуха (мешали)

**Устранение:** тонкие крылышки, вакуум, большой сосуд, светофильтры ИК.

## Размеры крыльчатки:

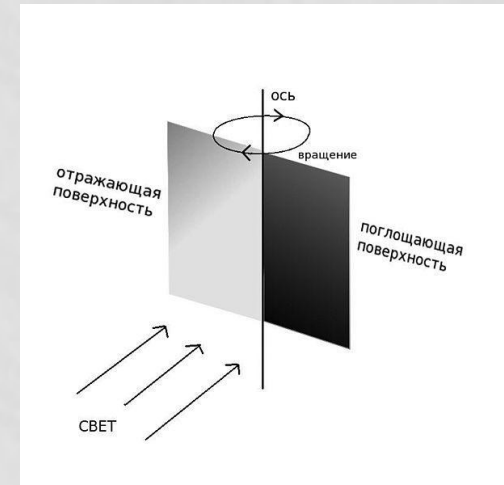
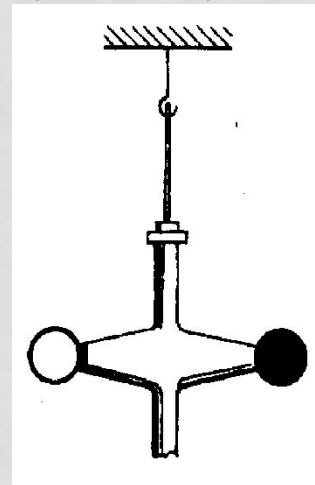
Высота – 4 см

Ширина – 2 см

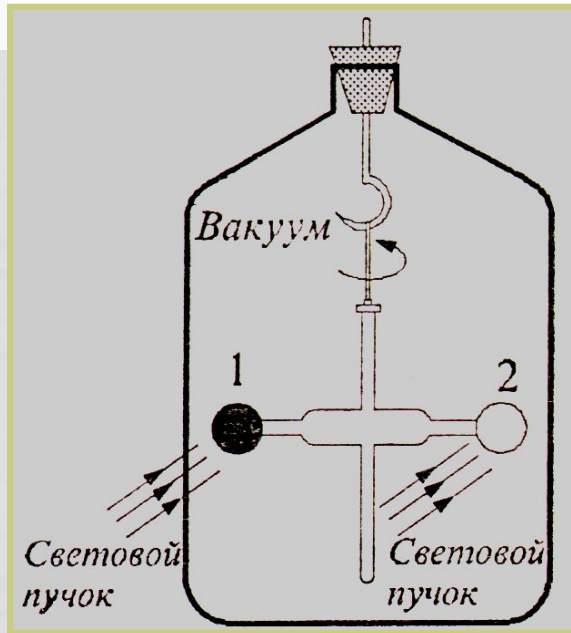
Диаметр  
крылышек – 0,5 см

Толщина

крылышек: 0,1 – 0,01 мм



# Схема опыта П.Н. Лебедева



**Давление света зависит от коэффициента отражения поверхности:**

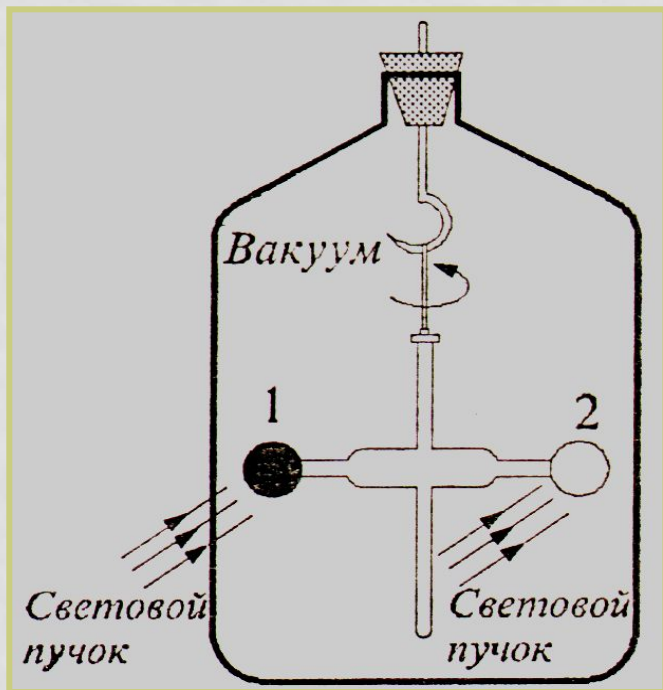
**А) при отражении от зеркальной поверхности крылышко (2) получает импульс  $p_2 \approx 2p$ .**

**Б) поверхность чёрного крылышка (1) поглощает свет и  $p_1 \approx p$ .**

**Экспериментальное измерение давления света ( $\approx 10^{-6} \text{ Н/м}^2$ ) с точностью до 2% совпало с теоретическими расчётами Максвелла.**



# ОБЪЯСНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ СВЕТА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ



Световые частицы – фотоны, попадая на вещество, передают ему свой импульс и тем самым, действуют на него с силой, которую и называют силой светового давления.

# ДАВЛЕНИЕ СВЕТА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

Пусть на поверхность абсолютно **черного тела** площадью  $S$  перпендикулярно к ней падает  $N$  фотонов за время  $\Delta t$

Каждый фотон обладает импульсом:

$$p = \frac{h\nu}{c}$$

Сила давления:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{h\nu N}{c\Delta t}$$

Световое давление:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{h\nu \cdot N}{cS\Delta t} = \frac{I}{c}$$

на черную  
поверхность

$$p = \frac{2I}{c}$$

на белую (и зеркальную) поверхность

**Интенсивность света  $I$**  энергетическая характеристика:

$$I = \frac{E_1 N}{S\Delta t} = \frac{W}{S\Delta t}$$

$$[I] = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$



# Давление

## Света

$$p = \frac{1}{c}(1 + \rho)$$

$\rho$  – коэффициент отражения,  
для зерк. поверхности  $\rho = 1$

$$\rho = \frac{2I}{c}$$

если полное поглощение, *то*  $\rho = 0$

$$p = \frac{I}{c}$$

**Свет падает перпендикулярно поверхности**

№1715 Ст. На поверхность тела площадью  $1 \text{ м}^2$  падает за  $1 \text{ с}$   $10^5$  фотонов с длиной волны  $500 \text{ нм}$ . Определите световое давление, если все фотоны отражаются телом.

*Дано :*

$$S = 1 \text{ м}^2$$

$$p = \frac{2I}{c}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$N = 10^5$$

$$I = \frac{W}{t \cdot \Delta S} \text{ — интенсивность излучения,}$$

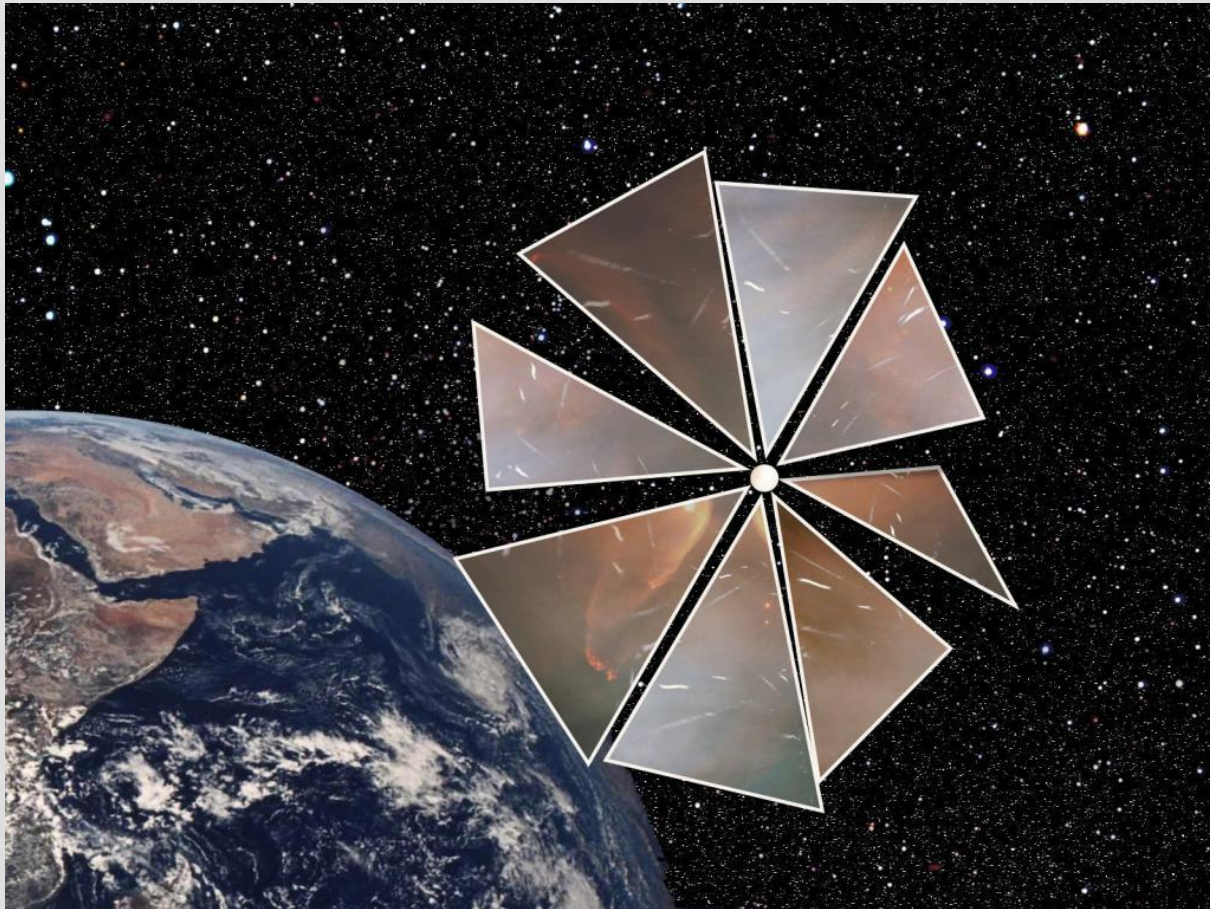
$$\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

плотность потока илучения

$$P_{\text{дав}} = ?$$

$$W = E_1 \cdot N = h \nu N = \frac{hcN}{\lambda}$$

Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус – скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет.



Рассчитайте массу космического аппарата, снабженного парусом в форме квадрата размером 100м x100 м, которому давление солнечных лучей сообщает ускорение  $10^{-4} g$ . **Мощность солнечного излучения, падающего на  $1 \text{ м}^2$  поверхности,** перпендикулярно солнечным лучам, составляет  $I = 1370 \text{ Вт/м}^2$ .

*Дано :*

$$S = 10^4 \text{ м}^2$$

$$a = 10^{-4} g$$

$$I = 1370 \text{ Вт/м}^2$$

$$m = ?$$

$$p = \frac{F}{S} \qquad p = \frac{2I}{c}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{pS}{m} = \frac{2IS}{cm} \qquad m = \frac{2IS}{ac}$$

$$I = \frac{W}{t \cdot \Delta S} \text{ — интенсивность излучения,}$$

плотность потока иллучения



**Давление света можно практически использовать, давление света оказывает огромное влияние на процессы, происходящие с космическими телами, от него зависит судьба Земли.**

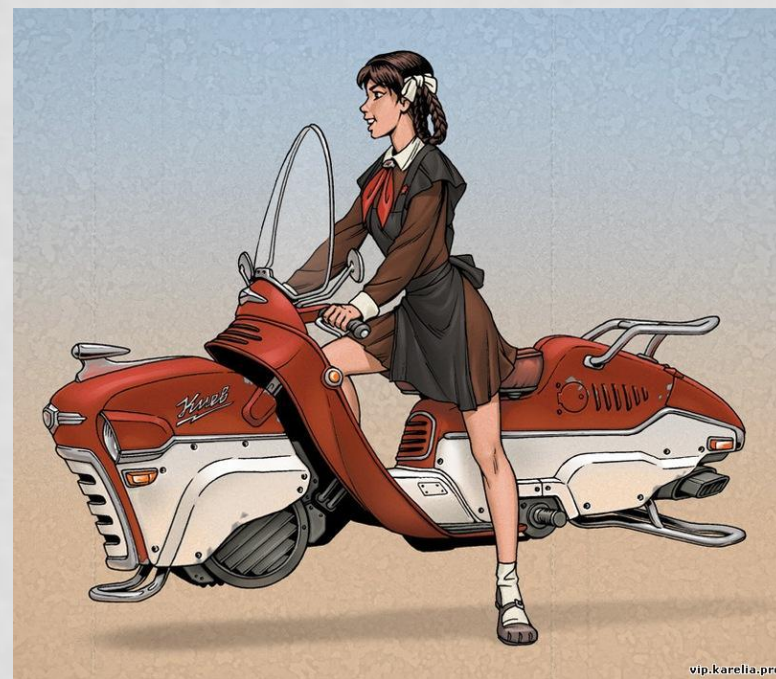
**Создают давление:**

солнечный свет –  $10^{-8}$  Па

лазерный луч –  $10^{11}$  Па

это давление можно использовать в технике:

- разделение жидкостей, изотопов;
- нелинейная оптика, самофокусирующиеся линзы;
- фотонные двигатели (предложите свой проект);
- фотонный парус для транспортировки астероидов и изменения их орбиты. движения космических кораблей;
- создание условий для термоядерных реакций, ЛТС



# Роль светового давления в природе.

Давление света оказывает влияние на:

- ❑ кометы образование кометных хвостов (1902 г. - Лебедев выступил на съезде немецкого астрономического общества, подтвердив гипотезу Кеплера об образовании кометных хвостов);
- ❑ искривление радиационных поясов (пояснить по таблице)
- ❑ применяется для объяснения процессов в звездах:
  - действуют две силы:
  - ✓ гравитационного сжатия - сжимает оболочку звезды
  - ✓ световое давление - расширяет вещество звезды

