



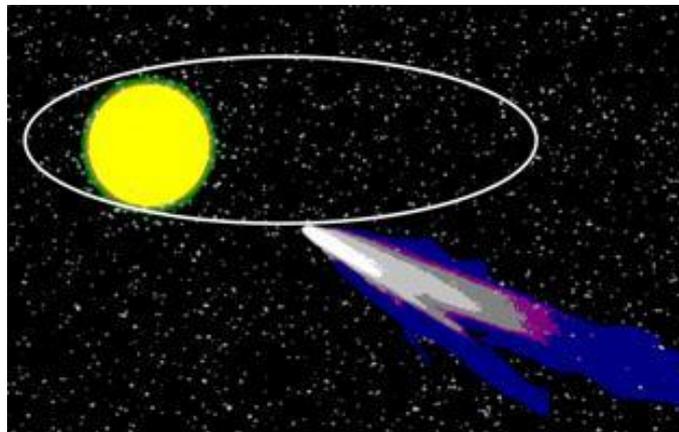
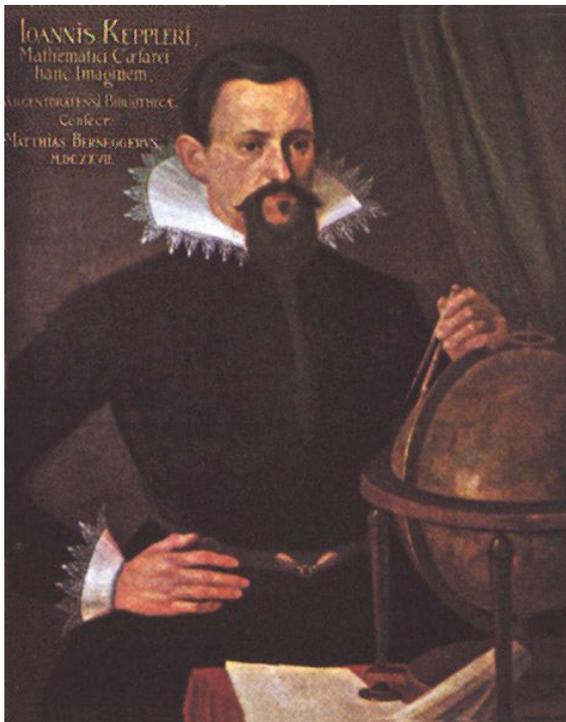
П.Н. Лебедев

Давление света



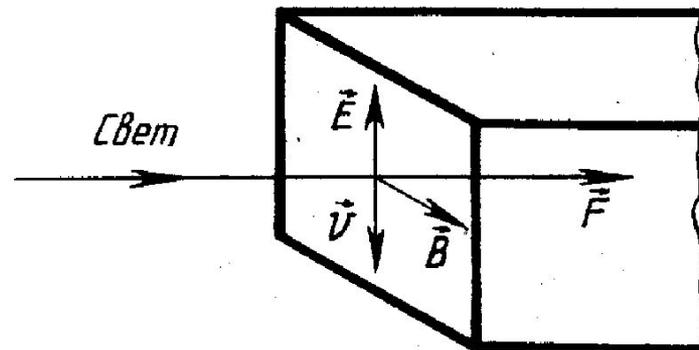
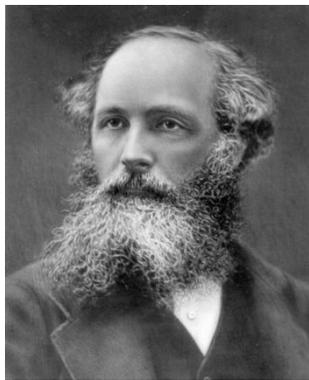
Учитель физики Гончарова Л.Н.
Гимназия № 524
Санкт - Петербург

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



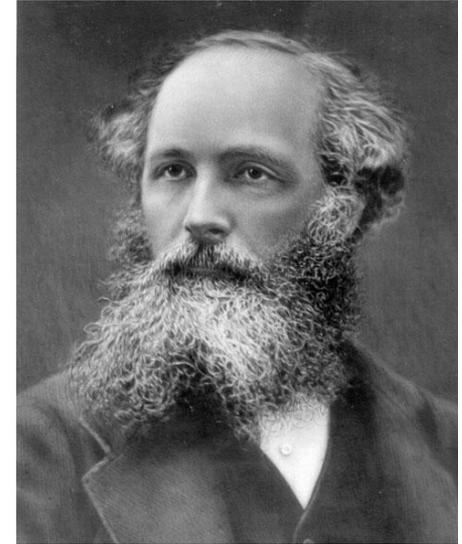
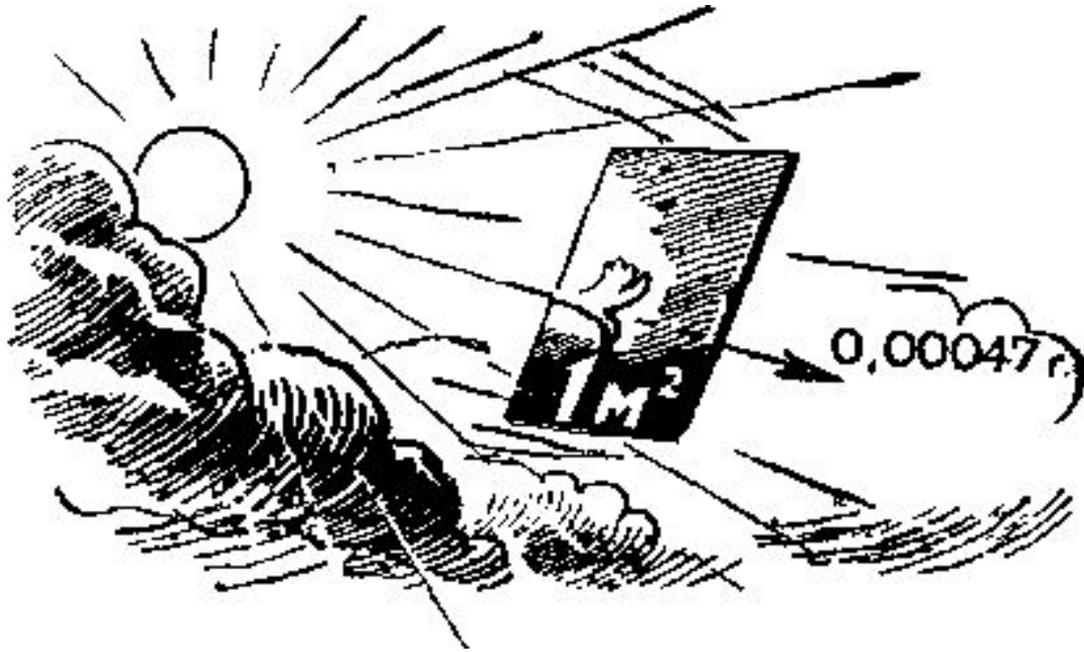
- В 1873 г. Дж. Максвелл, исходя из представлений об электромагнитной природе света, пришел к выводу:

свет должен оказывать давление на препятствия

(благодаря действию силы Лоренца).

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

Расчёт светового давления в теории Д. К. Максвелла



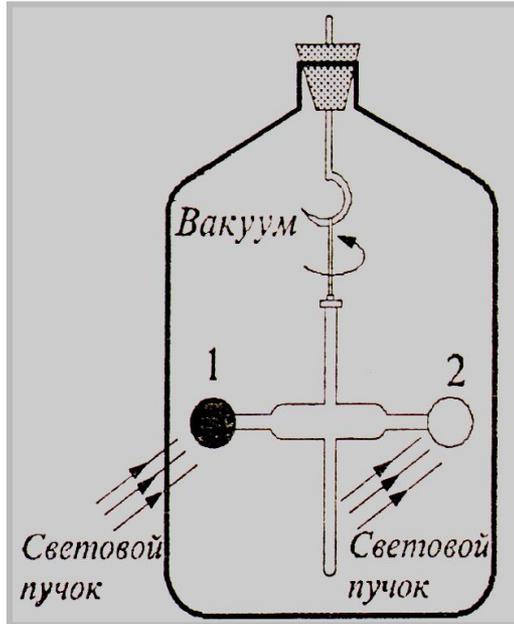
В яркий день свет Солнца, падающий на зеркальную поверхность площадью 1 м^2 действует на неё с силой $4,1 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$.

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

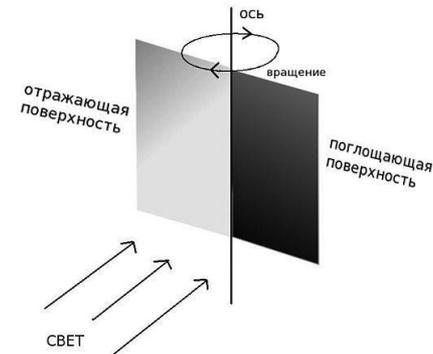
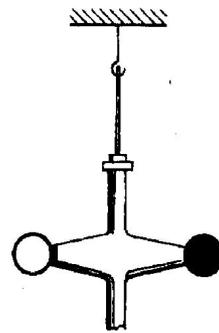
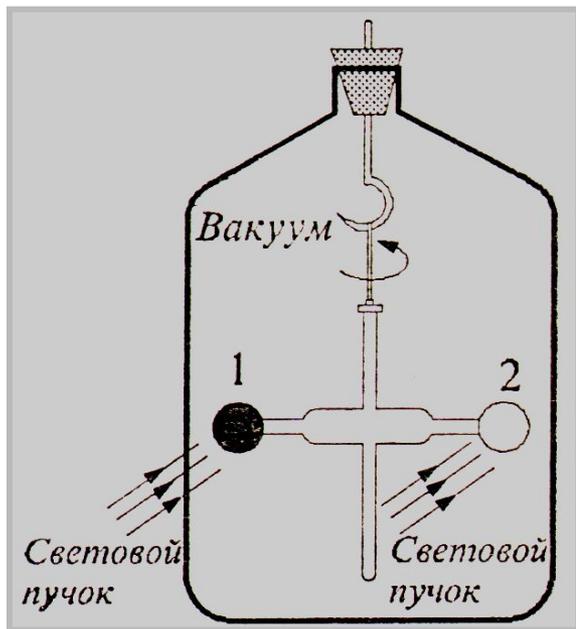


Схема опыта П.Н. Лебедева



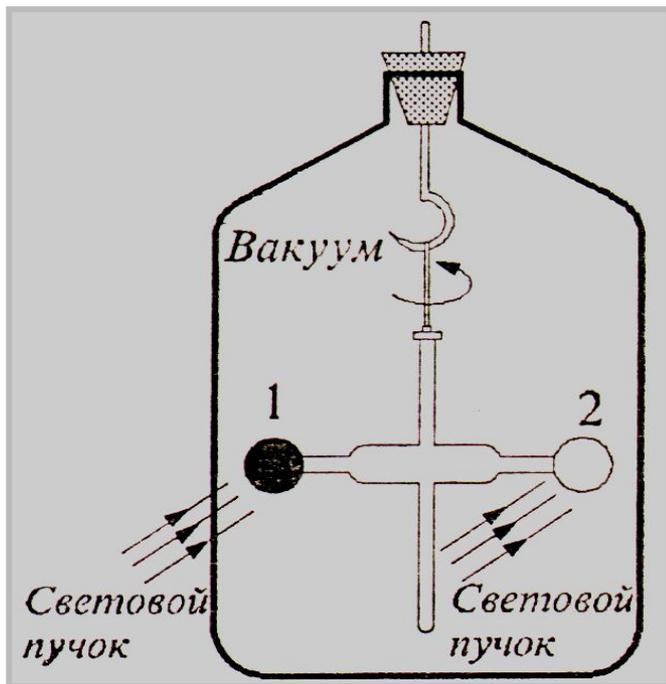
Давление света зависит от коэффициента отражения поверхности:

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 Δt

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:

$$I = \frac{E_1 N}{S\Delta t} = \frac{W}{S\Delta t} \quad [I] = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Давление света

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

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

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

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

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

Свет падает перпендикулярно поверхности

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

Дано :

$$S = 1 \text{ м}^2$$

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

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

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

$$N = 10^5$$

плотность потока иллучения

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

$$P_{\text{дав}} = ?$$

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

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 м² поверхности**, перпендикулярно солнечным лучам, составляет $I = 1370$ Вт/м².

Дано :

$$S = 10^4 \text{ м}^2$$

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

$$I = 1370 \text{ Вт/м}^2$$

$$m = ?$$

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

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

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

плотность потока иллучения