

# Давление света

11 класс

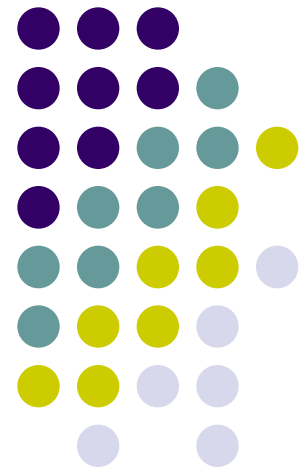
Урок лекция

Учитель физики

Гриневич Людмила Александровна

МОУ СОШ № 1

г. Богданович





# «Открытие давления Лебедевым составило эпоху в физике»

А. Ф. Иоффе

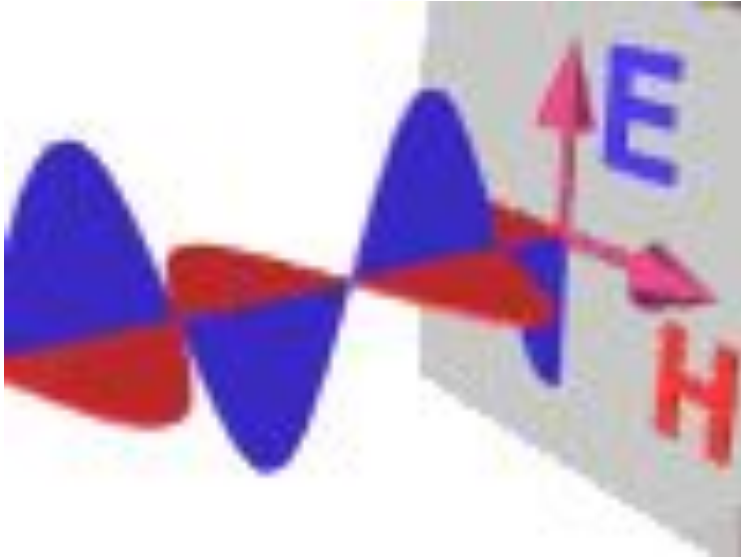
- «Вы может быть знаете, что я всю жизнь воевал с Максвеллом, и вот ваш Лебедев заставил меня сдаться перед его опытом»  
Признание лорда Кельвина Тимирязеву
- «Лебедев владел искусством экспериментирования в такой мере, в какой едва ли кто другой владеет в наше время»  
Немецкий учёный В. Вин
- «Я считаю Ваш результат одним из важнейших достижений физики за последние годы...»  
Ф. Пашен

# План лекции:



- 1. Объяснение светового давления с точки зрения волновой и квантовой теорий.
- Расчёт светового давления в теории Максвелла.
- Идея опытов П.Н. Лебедева по измерению светового давления.
- Трудности, возникшие на пути к осуществлению идеи и способы их устранения.
- Значение опытов Лебедева.
- Пётр Николаевич Лебедев – уникальный физик-экспериментатор.

# Что собой представляет свет с точки зрения волновой теории?



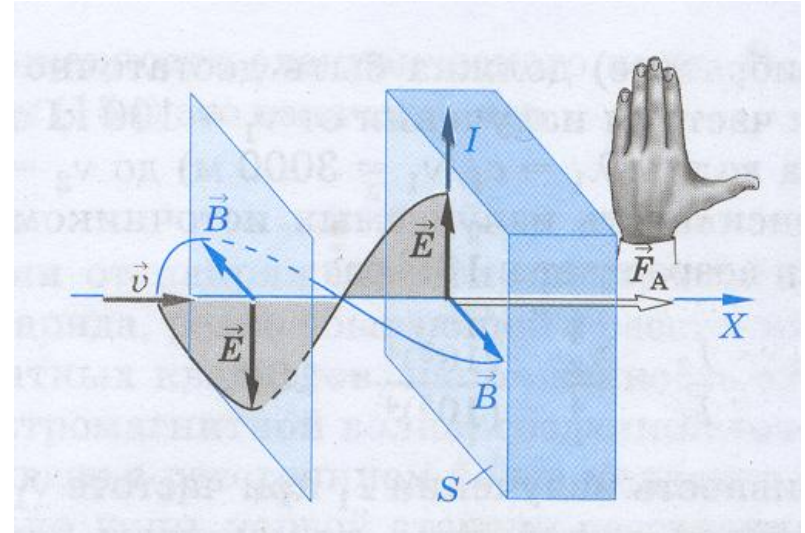
Поясните, что изображено на рисунке.

- «Мгновенный снимок» электромагнитной волны, представляющей совокупность взаимодействующих между собой электрического и магнитного полей, распространяющихся в вакууме со скоростью  $300000\text{ км/с}$



# Что происходит, если электромагнитная волна падает на металлическую пластину?

При падении плоской электромагнитной волны на поверхность вещества площадью  $S$  напряжённость  $E$  электрического поля волны вызывает в веществе направленное движение свободных зарядов, то есть в веществе возникает электрический ток, на который магнитное поле с индукцией  $B$  действует с силой Ампера. Её направление определяют с помощью правила левой руки.



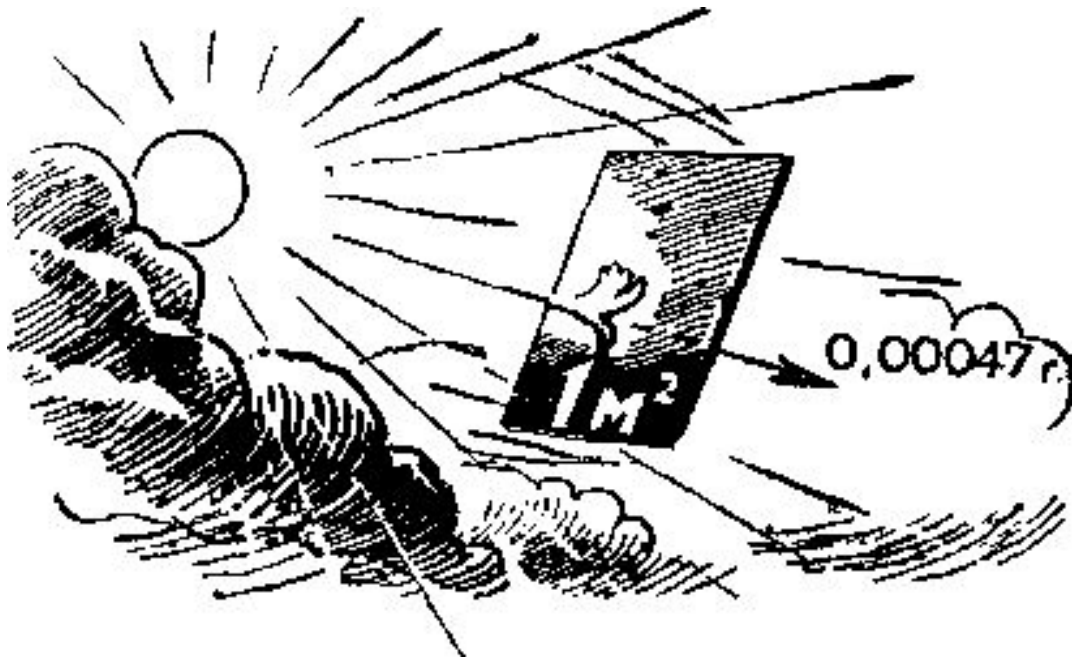
**Сила Ампера направлена в сторону распространения волны (это и есть сила светового давления)**

# Объяснение светового давления с точки зрения волновой теории



- **Электрическое поле волны действует на свободные заряды в пластине с переменной силой, под действием которой заряды начинают совершать колебания. На такие заряды магнитное поле действует с силой Лоренца, направление которой находят по правилу левой руки. Эта сила направлена в сторону распространения волны. Таким образом, свет оказывает давление на тела.**

# Расчёт светового давления в теории Д. К. Максвелла

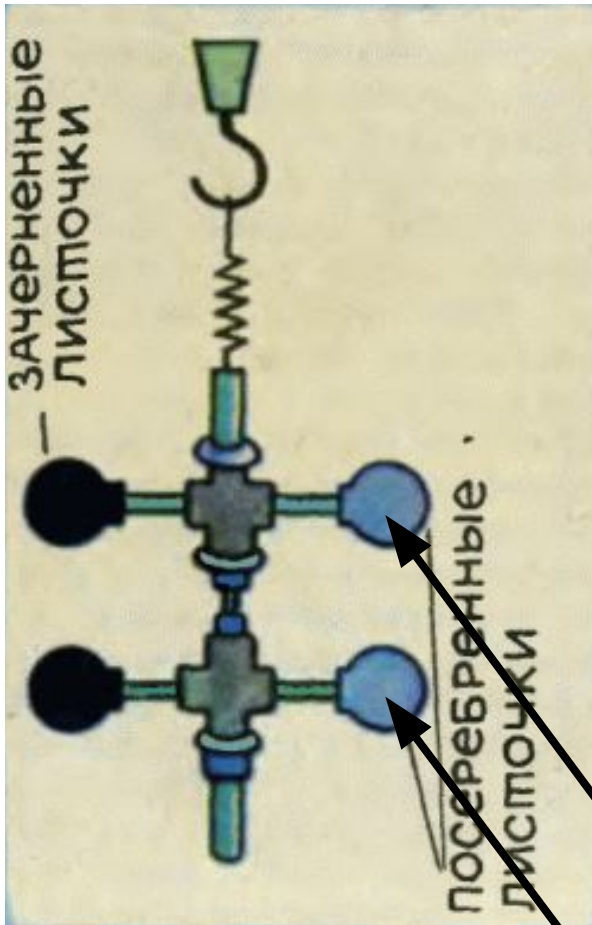


$$P = \frac{W}{c}$$

**W** – энергия, поглощаемая площадкой в 1 кв. метр за 1 с (мощность волны), **c** – скорость света, **P** – световое давление

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

# Идея опытов по измерению светового давления



- Свет от мощного источника (дуговой лампы) надо сфокусировать на легкоподвижной крыльчатке, подвешенной на нити в баллоне, из которого выкачан воздух. Силу светового давления измерить по углу закручивания нити.

Свет



# Трудности, возникшие на пути к осуществлению идеи



- **Проблема:**

1. **Измеряемая величина очень мала. Как измерить ничтожно малое давление света?**

- **Решение проблемы:**

Размеры крыльчатки:

Высота – 4 см

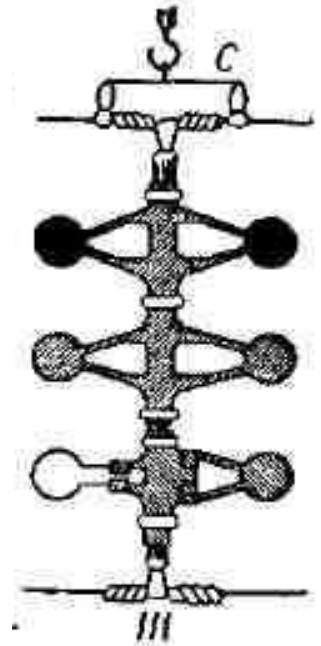
Ширина – 2 см

Диаметр

крылышек – 0,5 см

Толщина

крылышек: 0,1 – 0,01 мм



# Трудности, возникшие на пути к осуществлению идеи



**2. Преодоление радиометрического эффекта.**

**Сущность проблемы:**

Нагретая светом поверхность крыльчатки испытывает со стороны отскакивающих от неё молекул газа действие большей силы, причём радиометрические силы в тысячи раз больше сил светового давления.

- **Решение проблемы:**  
**Уменьшение толщины крылышек до предела (0,1 – 0,01 мм)**

# Трудности, возникшие на пути к осуществлению идеи



## 3. Нагревание баллона под действием света

### Сущность проблемы:

От освещённой части баллона молекулы отскакивают с большими скоростями и с большей силой действуют на крылышко.

### ● Решение проблемы:

1. Использование светофильтров, задерживающих тепловые лучи;
2. Баллон имеет большие размеры, чтобы молекулы потеряли за счёт столкновений свою скорость.

# Трудности, возникшие на пути к осуществлению идеи



## 4. Возникновение конвекционных токов

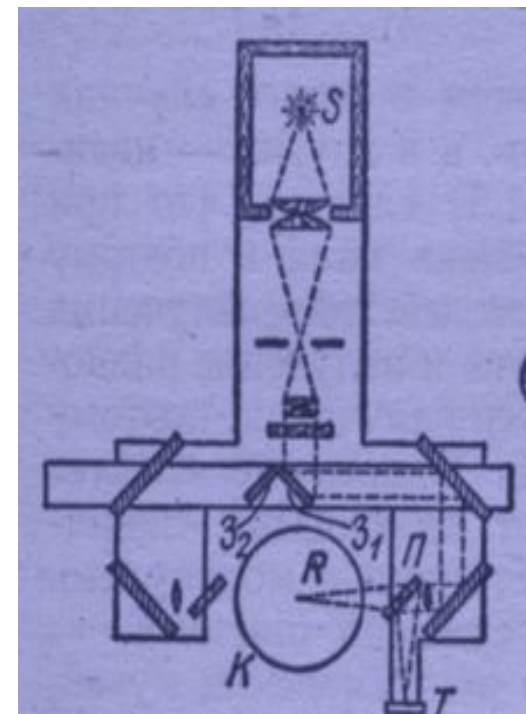
Сущность проблемы:

Нагретый газ у освещённой стороны крылышка поднимается вверх, на его место приходит более холодный газ с теневой стороны.

## • Решение проблемы:

Свет

попеременно направляется то на одну, то на другую поверхность крылышка



# Трудности, возникшие на пути к осуществлению идеи



## 5. Создание глубокого вакуума

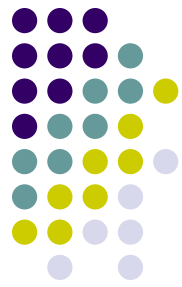
### Сущность проблемы:

И конвекционный, и радиометрический эффекты тем слабее, чем выше вакуум.

- **Решение проблемы:**  
Помещение в баллон капли ртути, пары которой вытесняют воздух, откачиваемый насосом, после чего баллон охлаждают. Пары ртути конденсируются, повышая вакуум.

# Значение опытов Н. Лебедева

П.



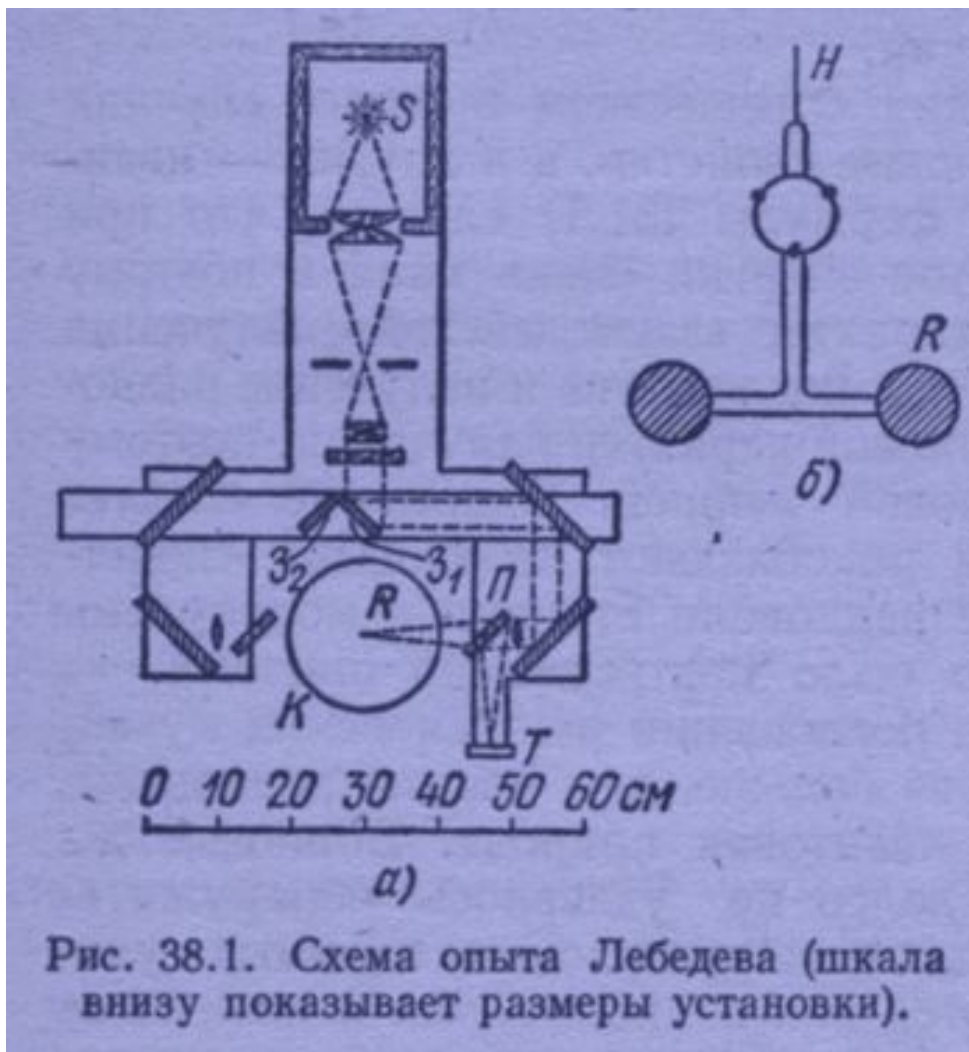
- 1. Доказали справедливость теории электромагнитного поля Д. К. Максвелла;
- 2. Явились одним из краеугольных камней квантовой теории света и теории относительности;
- 3. Доказали наличие у света импульса, а значит, и массы, то есть существование фотонов (световых частиц);
- Доказали, что свет - один из видов материи, а не механические волны в эфире.

# Объяснение давления света с точки зрения квантовой теории



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

# Схема установки Лебедева по измерению светового давления на твёрдые тела





# Пётр Николаевич Лебедев – выдающийся физик – экспериментатор (1866 – 1912)



- **«Пётр Николаевич Лебедев наряду с М.В. Ломоносовым одна из замечательных фигур истории русской физики»**

Академик С. И. Вавилов

Родился в 1866 году в семье состоятельного коммерсанта. В 1887 г. уезжает в Германию, где начинает заниматься проблемой взаимодействия электромагнитных волн и молекул вещества.



П. Н. Лебедев

В 1891 г. Разрабатывает гипотезу о реальном существовании светового давления.

С 1891 г. после возвращения на родину работает в Московском университете. Выполняет ряд тонких экспериментальных исследований по изучению свойств

электромагнитных волн и их действия на резонаторы. В этом же году приступает к опытам по измерению светового давления на твёрдые тела.

В 1889 г. делает первое сообщение о результатах опытов, которые согласуются с теорией Максвелла.





В этом же году приступает к опытам по измерению светового давления на газы. Через 8 лет упорного труда в 1909 году сообщает о том, что задача измерения давления света на газ им решена.

В 1911 г. в знак протеста против удушения свободы царским правительством в числе 124 лучших преподавателей уходит из университета, лишаясь



средств к существованию и научной лаборатории. Вместе с ним ушли и его ученики. Был приглашён для работы в Стокгольм. Патриот России Лебедев отвергает лестное предложение. На пожертвования передовых людей создаёт новую лабораторию. Но его силы подорваны. 14 марта 1912 г. в возрасте 46 лет он умирает.

# Интернет - ресурсы



- <http://atomi.ru/item/156509/>
- <http://www.philipp-bittner.com/Bse/GOGO-KONG/0725.htm>
- [http://go2starss.narod.ru/pub/E006\\_KDZ.html](http://go2starss.narod.ru/pub/E006_KDZ.html)
- [www.diary.ru/~otlichnica/p32808063.htm](http://www.diary.ru/~otlichnica/p32808063.htm)
- [www.hrono.info/biograf/bio\\_l/lebedev\\_pn.html](http://www.hrono.info/biograf/bio_l/lebedev_pn.html)
- [www.internet-school.ru/Enc.ashx?item=11844](http://www.internet-school.ru/Enc.ashx?item=11844)
- [www.connect.ru](http://www.connect.ru)