

Давление света

11 класс

Урок - лекция

«Открытие давления Лебедевым составило эпоху в физике» А. Ф. Мофффе

- «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»

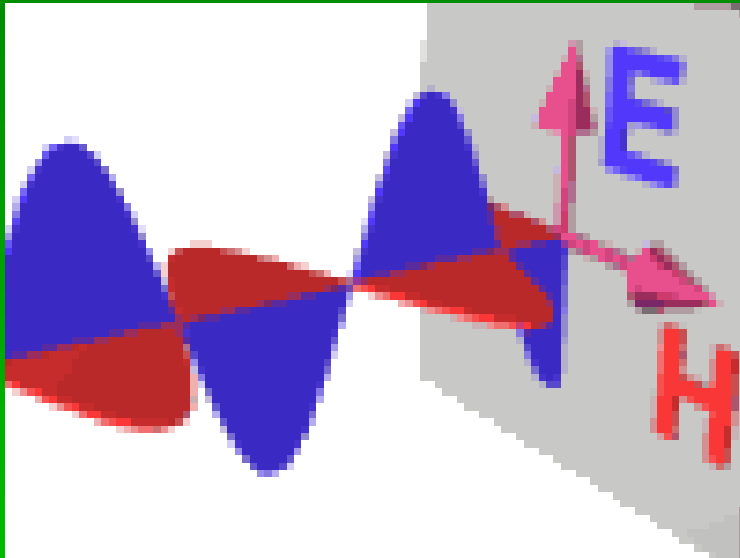
Немецкий учёный В. Вин

- «Я считаю Ваш результат одним из важнейших достижений физики за последние годы...»
Ф. Пашен

План лекции:

- 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?

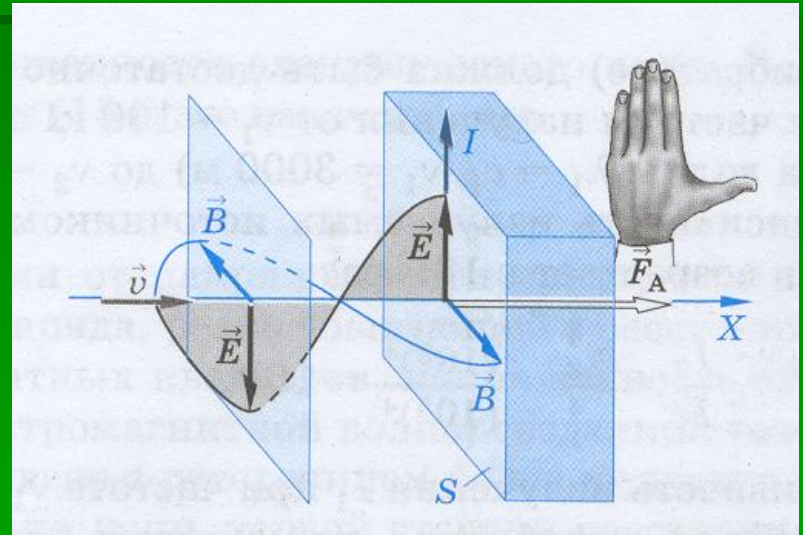


Поясните, что изображено на рисунке.

- «Мгновенный снимок» электромагнитной волны, представляющей совокупность взаимодействующих между собой электрического и магнитного полей, распространяющихся в вакууме со скоростью 300000 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.

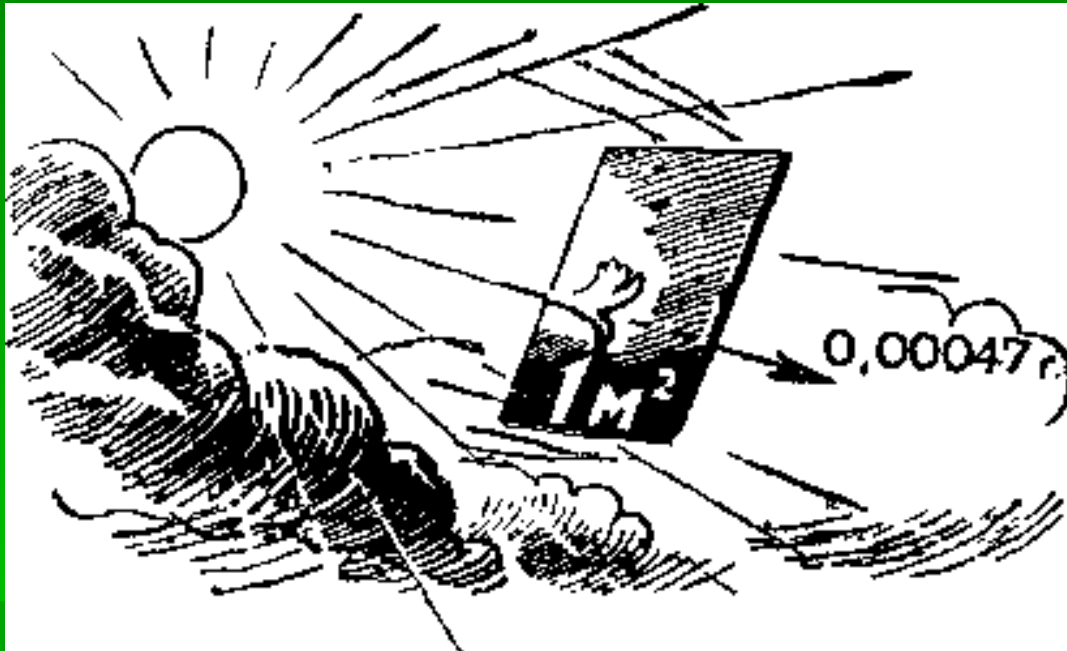


Сила Ампера направлена в сторону распространения волны (это и есть сила светового давления)

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

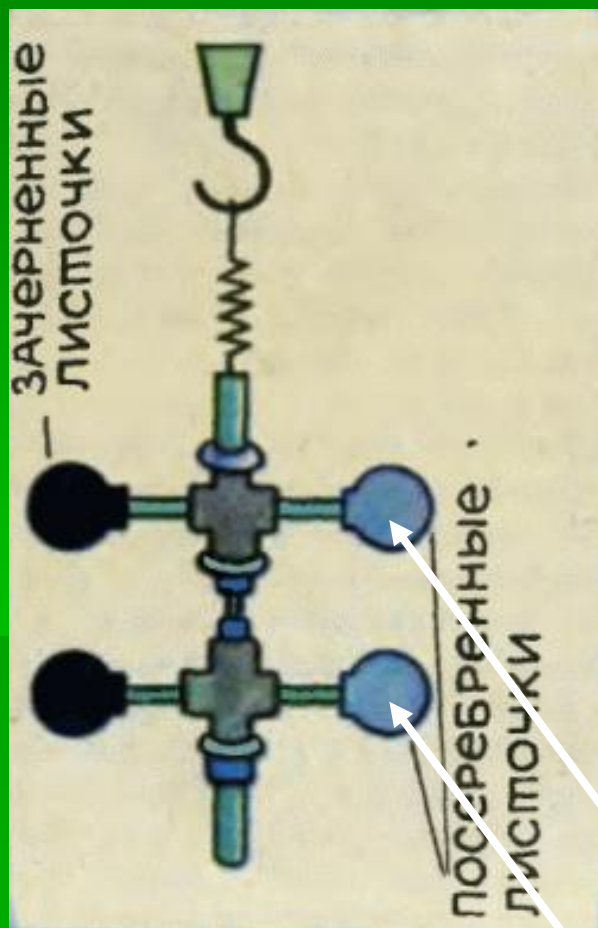


В яркий день свет Солнца, падающий на зеркальную поверхность действует на неё с силой $4,1 \cdot 10^{-6}$ Н

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

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

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

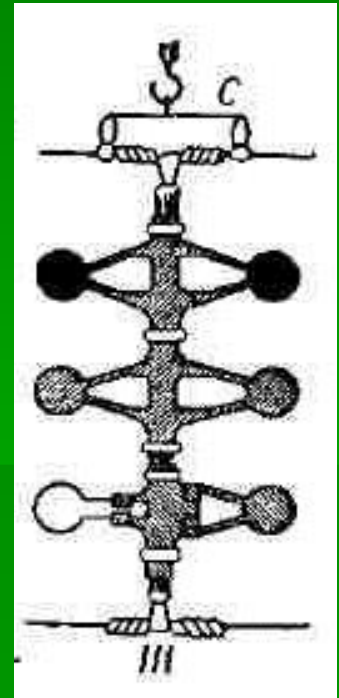
Ширина – 2 см

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

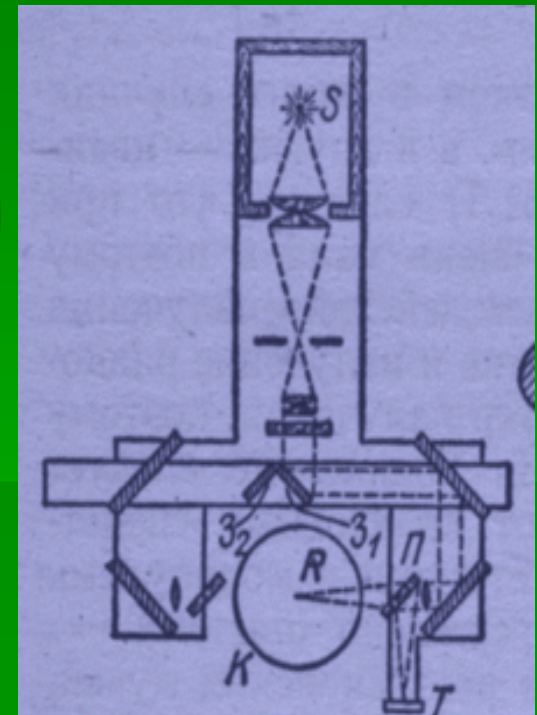
4. Возникновение конвекционных токов

Сущность проблемы:

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

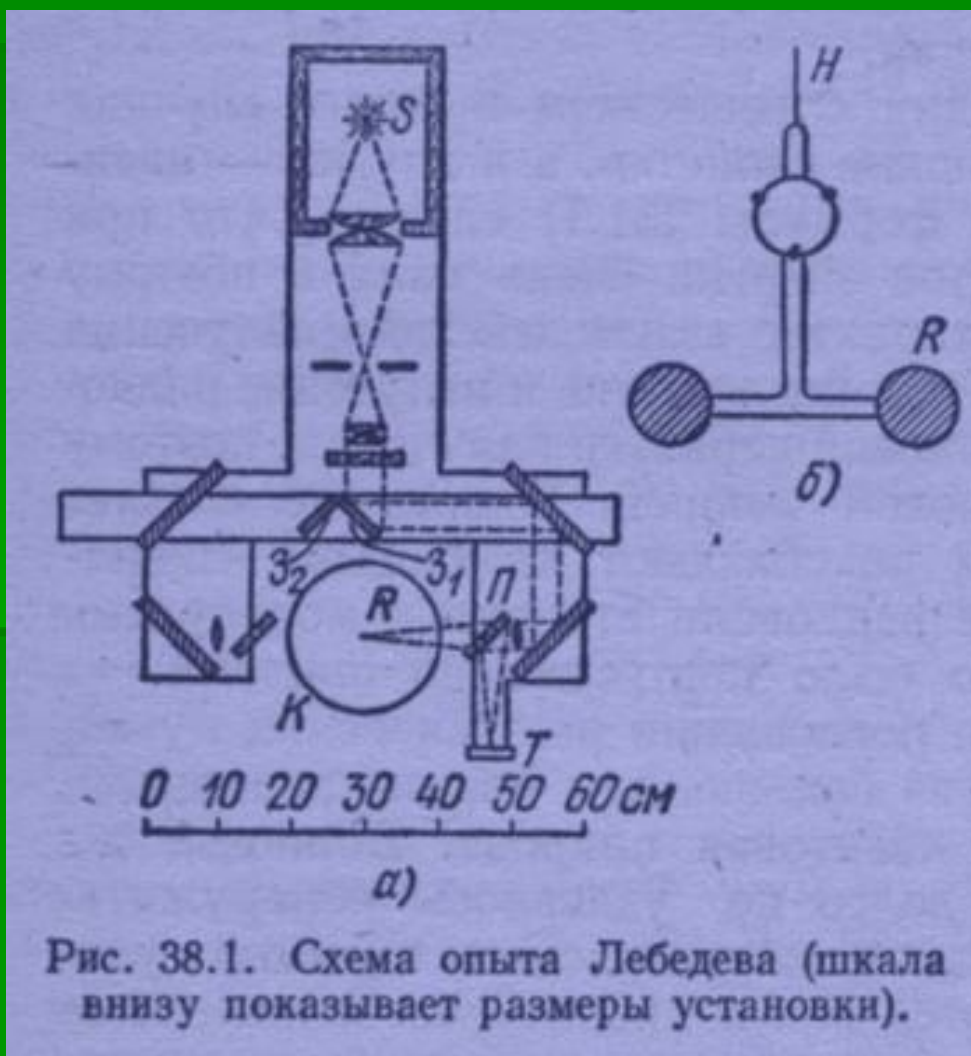
Значение опытов П.Н. Лебедева

- 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.