

ОБЩАЯ ФИЗИКА. ОПТИКА

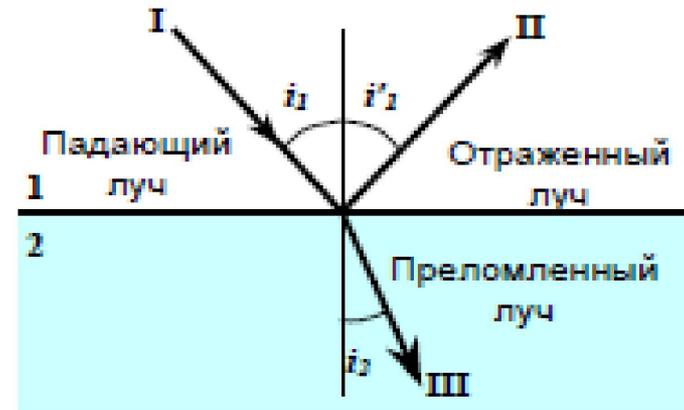
Худайбергенов Гамзат
Жапарович,
кафедра экспериментальной
физики и радиофизики, 1 корпус
ОмГУ, ауд. 234а, т. 64-44-92

ВВЕДЕНИЕ

- ◎ **Оптика** — раздел физики, который изучает природу света, световые явления и взаимодействие света с веществом.
- ◎ Оптическое излучение представляет собой электромагнитные волны, и поэтому оптика является *частью общего учения об электромагнитном поле*.
- ◎ В зависимости от круга рассматриваемых явлений оптику делят на
 - ▣ **геометрическую** (лучевую),
 - ▣ **волновую** (физическую),
 - ▣ **квантовую** (корпускулярную).

1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ.

- ◎ **Закон прямолинейного распространения света** — свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно.
 - **Световой луч** — линия, вдоль которой переносится световая энергия. В однородной среде лучи света представляют собой прямые линии. Закон независимости световых пучков — эффект, производимый отдельным пучком, не зависит от того, действуют ли одновременно остальные пучки или они устранены.
- ◎ **Закон отражения** — отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, проведенным к границе раздела двух сред в точке падения; угол отражения i_1' , равен углу падения i_1

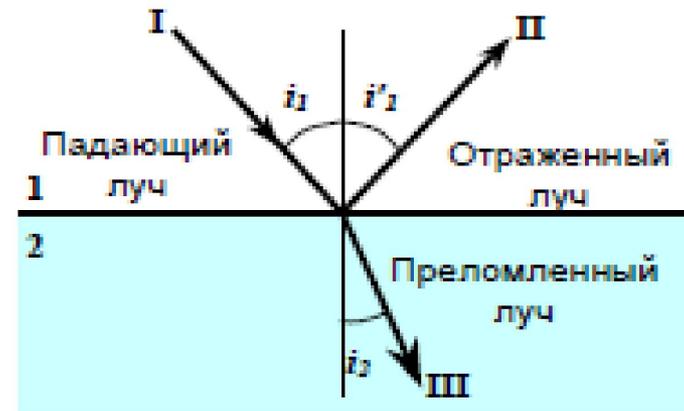


1.2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ.

- **Закон преломления** — луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела двух сред в точке падения, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред, где n_{21} — **относительный показатель преломления** второй среды относительно первой, который равен отношению абсолютных показателей преломления двух сред. Следовательно, закон преломления будет иметь вид:
- **Абсолютным показателем преломления** среды называется величина n , равная отношению скорости электромагнитных волн в вакууме c к их фазовой скорости v в среде. Поскольку

$$v = c / \sqrt{\epsilon\mu}, \text{ то } n = \sqrt{\epsilon\mu}, \text{ где } \epsilon \text{ и } \mu$$

соответственно электрическая и магнитная проницаемость среды.



$$n = \frac{c}{v}$$

2. ПОЛНОЕ ОТРАЖЕНИЕ.

Если свет распространяется из среды с **бóльшим** показателем преломления n_1 (оптически более плотной) в среду с **мéньшим** показателем преломления n_2 (оптически менее плотную) ($n_1 > n_2$) (например, из стекла в воздух или из воды в воздух), то

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{n_1}{n_2} > 1$$

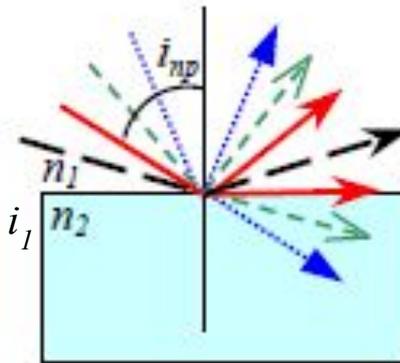
Следовательно, угол преломления i_2 *больше* угла падения i_1 . Увеличивая угол падения, при некотором **предельном угле** $i_{пр}$ **угол преломления окажется** равным $\pi/2$. При углах падения $i_1 > i_{пр}$ **весь падающий свет полностью отражается.**

При углах падения $i_1 > \pi/2$ луч **не преломляется, а полностью** отражается в первую среду.

Это явление называется **полным внутренним отражением света.**

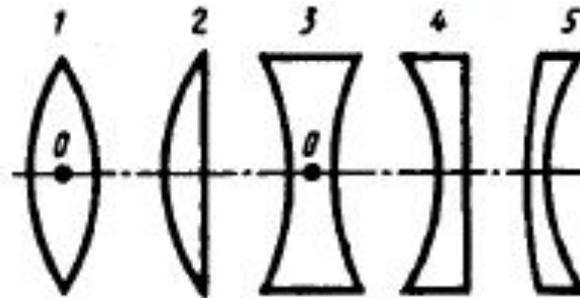
Предельный угол определяется соотношением:

$$\sin i_{пр} = \frac{n_2}{n_1} \sin \frac{\pi}{2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$



3.1. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

- **Линзой** называется прозрачное тело, ограниченное с двух сторон криволинейной поверхностью. (В частном случае одна из поверхностей может быть плоской).
- По внешней форме линзы делятся на
 - 1) двояковыпуклые;
 - 2) плосковыпуклые;
 - 3) двояковогнутые;
 - 4) плосковогнутые;
 - 5) выпукло-вогнутые.



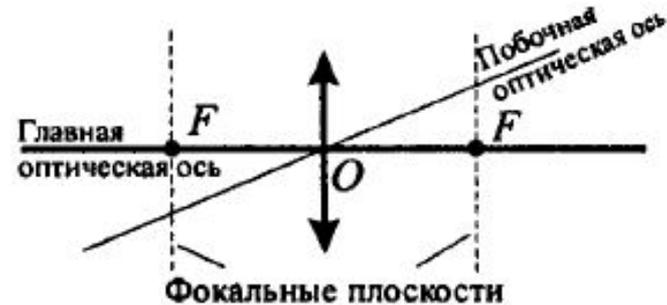
3.2. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

- Линза называется *тонкой*, если ее толщина значительно меньше, чем радиусы кривизны R_1 и R_2 обеих поверхностей. На оптических схемах линзы обычно обозначают двунаправленной стрелкой.
- Радиус кривизны $R > 0$ для *выпуклой поверхности*; $R < 0$ для *вогнутой*.
- Прямая проходящая через центры кривизны поверхностей линзы называется *главной оптической осью*.



3.2. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

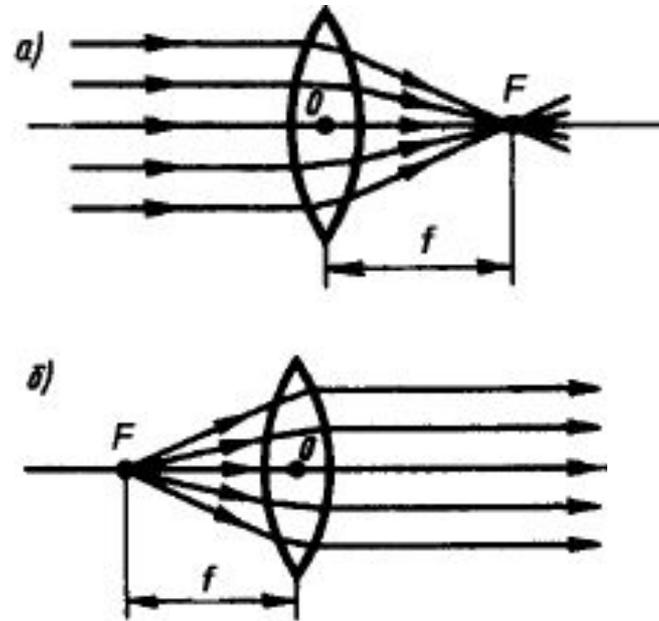
- **Оптическим центром линзы** (обычно обозначается O) называется точка, лежащая на главной оптической оси и обладающая тем свойством, что лучи проходят сквозь нее не преломляясь.
- **Побочными оптическими осями** называются прямые, проходящие через оптический центр линзы и не совпадающие с главной оптической осью.
- **Фокусом линзы F** называется точка, лежащая на главной оптической оси, в которой пересекаются лучи *параксиального (приосевого) светового пучка*, распространяющиеся параллельно главной оптической оси.
- **Фокальной плоскостью** называется плоскость, проходящая через *фокус* линзы перпендикулярно ее главной оптической оси.



3.3. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

- Фокусным расстоянием f называется расстояние между оптическим центром линзы O и ее фокусом F :

$$f = \frac{1}{(n_{21} - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}$$



3.4. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

- Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

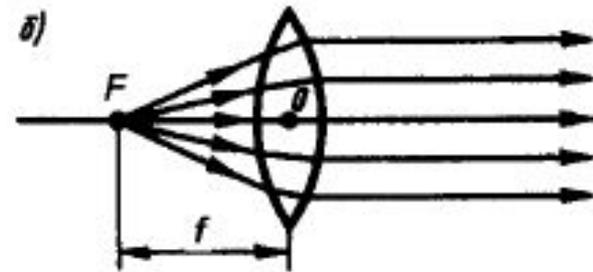
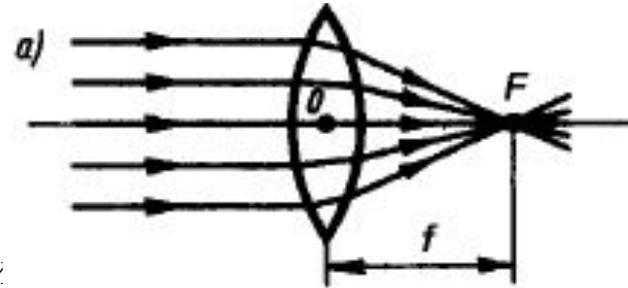
где a и b — расстояния от линзы до предмета и его изображения.

Если $a = \infty$, т.е. лучи падают на линзу параллельным пучком (a), то $b = f$.

Если $b = \infty$, т.е. изображение находится в бесконечности (b), и, следовательно, лучи выходят из линзы параллельным пучком, то $a = f$.

Фокусные расстояния линзы, окруженной с обеих сторон одинаковой средой, равны.

- Величина $\Phi = 1/f$ называется **оптической силой линзы**. Ее единица — **диоптрия (дптр)** — **оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 1 м.**

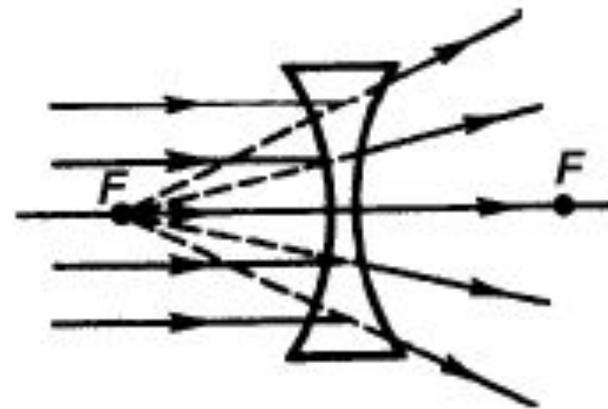


3.5. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

- ◎ Линзы с *положительной оптической силой* являются *собирающими*, с *отрицательной* – *рассеивающими*.

В отличие от собирающей линзы, рассеивающая линза имеет мнимые фокусы.

В мнимом фокусе сходятся (после преломления) воображаемые продолжения лучей, падающих на рассеивающую линзу параллельно главной оптической оси.



3.6.1. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

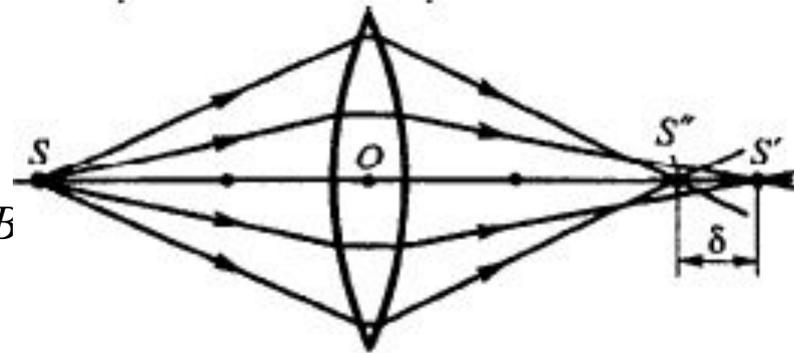
◎ **Аберрации оптических систем.**

В реальных оптических системах используются пучки отличающиеся от параксиальных, показатель преломления линз зависит от длины волны падающего света, а сам свет немонохроматичен. Искажения оптического изображения которые возникают при этом называются *абберациями*.

3.6.2. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

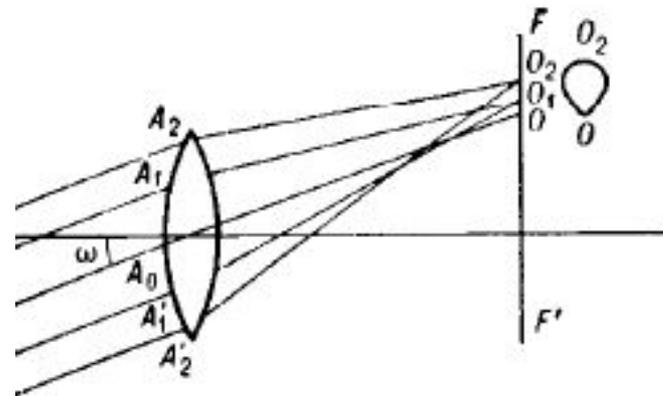
- **Сферическая aberrация.**

Фокус S'' для лучей, более удаленных от оптической оси чем параксиальные, находится ближе, чем фокус S' параксиальных лучей. В результате изображение светящейся точки имеет вид расплывчатого пятна. Сферическая aberrация является частным случаем астигматизма.



- **Кома.** Если через оптическую систему проходит широкий пучок от точечного источника света, расположенного не на оптической оси, то получаемое изображение этой точки будет в виде освещенного пятна неправильной формы.

- **Точечным источником света** называется источник, размерами которого можно пренебречь.

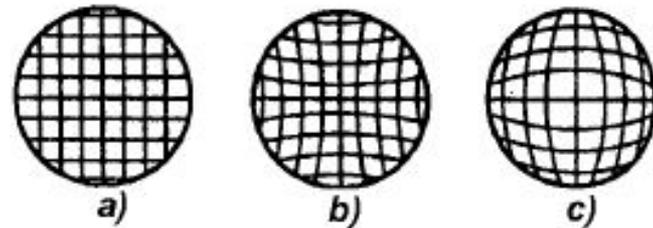


3.6.3. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

⊙ **Астигматизм.** Погрешность, обусловленная неодинаковостью кривизны оптической поверхности в разных плоскостях сечения падающего на нее светового пучка.

⊙ **Дисторсия.**

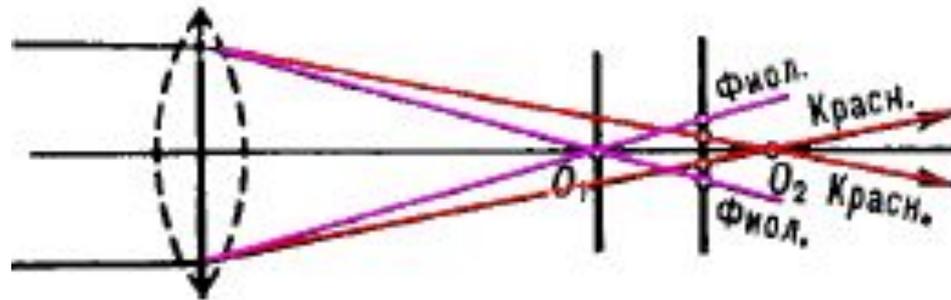
Погрешность, при которой при больших углах падения лучей на линзу линейное увеличение для точек предмета, которые находятся на разных расстояниях от главной оптической оси, несколько различается. В результате нарушается геометрическое подобие между предметом.



- a) - прямоугольная сетка
b) - подушкообразная дисторсия,
c) - бочкообразная дисторсия.

3.6.4. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ. ЛИНЗЫ.

- ⊙ **Хроматическая aberrация.** При падении на оптическую систему белого света отдельные составляющие его монохроматические лучи фокусируются в разных точках (наибольшее фокусное расстояние имеют красные лучи, наименьшее — фиолетовые), поэтому изображение размыто и по краям окрашено.



4.1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ В ФОТОМЕТРИИ.

- ◎ **Фотометрия** – раздел оптики, в котором рассматриваются энергетические характеристики оптического излучения в процессах его испускания, распространения и взаимодействия с веществом. При этом значительное внимание уделяется вопросам измерения интенсивности света и его источников.
- ◎ **Энергетические величины в фотометрии** – характеризуют энергетические параметры оптического излучения без учета особенностей его воздействия на тот или иной приемник излучения.

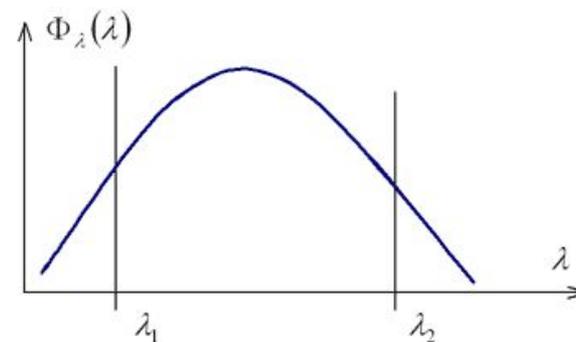
4.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ В ФОТОМЕТРИИ.

- ⊙ **Поток излучения Φ_e** — величина, равная отношению энергии W излучения ко времени t , за которое излучение произошло (мощность излучения). Единица потока излучения — ватт (Вт).

$$\Phi_e = \frac{W}{t}.$$

- ⊙ **Спектральная плотность потока излучения** - это функция, показывающая распределение энергии по спектру излучения:

$$\Phi_\lambda(\lambda) = \frac{\partial \Phi_e}{\partial \lambda}$$

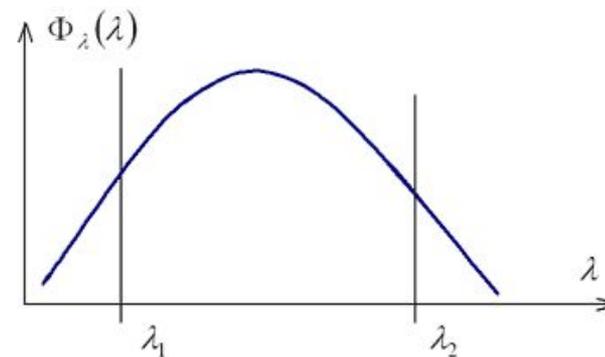


Спектральная плотность потока излучения.

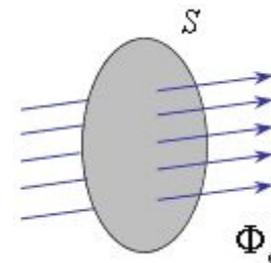
4.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ В ФОТОМЕТРИИ.

- Суммарный поток для всех длин волн в диапазоне от λ_1 до λ_2 будет вычисляться как интеграл.

$$\Phi_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_\lambda(\lambda) d\lambda$$



- Энергетическая светимость R_e** — величина, равная отношению потока излучения Φ_e , спускаемого поверхностью, к площади S сечения, сквозь которое этот поток проходит (поверхностная плотность потока излучения). Единица энергетической светимости — ватт на метр в квадрате ($\text{Вт}/\text{м}^2$).



$$R_e = \frac{\Phi_e}{S}.$$

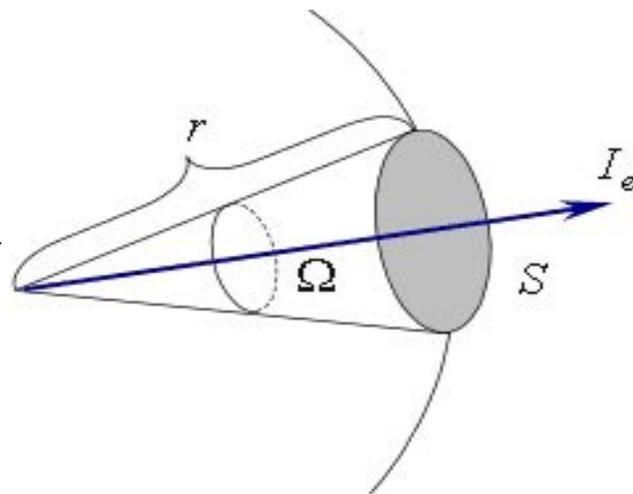
4.4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ В ФОТОМЕТРИИ.

- **Сила излучения (энергетическая сила света)** – это поток излучения, приходящийся на единицу телесного угла, в пределах которого он распространяется.

Единица энергетической силы света — *ватт на стерадиан (Вт/ср)*.

Телесный угол данного конуса равен отношению площади поверхности, вырезанной на сфере конусом, к квадрату радиуса сферы.

$$I_e = \frac{\Phi_e}{\Omega}$$



$$\Omega = \frac{S}{r^2}$$

4.5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ В ФОТОМЕТРИИ.

- Энергетическая яркость— это величина потока, излучаемого единицей площади в единицу телесного угла в данном направлении.

Единица энергетической яркости —
ватт на стерадиан-метр в квадрате
(Вт/(ср·м²)).

$$L_e = \frac{\partial^2 \Phi_e}{\partial \Omega \partial S \cos \theta}$$

где θ — угол между направлением излучения и нормалью к площадке

Спектральная плотность энергетической яркости показывает распределение энергетической яркости по спектру

$$L_{e\lambda}(\lambda) = \frac{\partial L_e}{\partial \lambda}$$

