Лекция №1
Оптика

План

1. **Предмет оптики**
2. **Краткий исторический обзор**
3. **Источники оптического излучения**
4. **Основные понятия фотометрии**

© Е.А.Слюсарева

Решение конкретной задачи



Предмет оптики

Оптикой называется раздел физики, занимающийся изучением природы света, закономерностей его испускания, распространения и взаимодействия с веществом.



видимое излучение -
λ = 400 – 700 нм,
УФ – λ = 10 – 400 нм,
ИК – λ = 700 нм – 2 мм.

Геометрической оптикой называется раздел оптики, в котором рассматриваются закономерности распространения света, проходящего через прозрачные тела с различной оптической плотностью, либо при отражении света от поверхностей различной кривизны. Геометрическая оптика рассматривает оптические явления, в которых длина волны излучения значительно меньше размеров приборов, с помощью которых эти явления изучают.

Волновая оптика рассматривает оптические явления, в которых проявляется волновая природа света, - интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия и др.

Квантовая оптика рассматривает явления, в которых проявляются квантовые свойства света, - тепловое излучение, фотоэффект, фотохимические процессы и др.

Краткий исторический обзор

Оптика – одна из самых древнейших наук, тесно связанная с потребностями практики. Она восходит к самым древним цивилизациям.

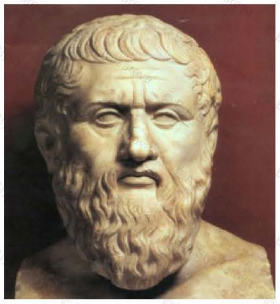
П*рямолинейное распространение света* было известно в Месопотамии (5 тыс. лет до н.э.) и использовалось еще в древнем Египте при строительных работах.

Пифагор (6 век до н.э.) высказал мысль, что тела видны благодаря испускаемым ими частицами.

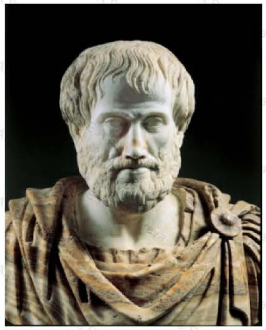
Аристотель (5 век до н.э) считал, что свет есть возбуждение среды, находящейся между объектом и глазом. Он также занимался атмосферной оптикой, а радугу объяснял отражением света каплями воды.

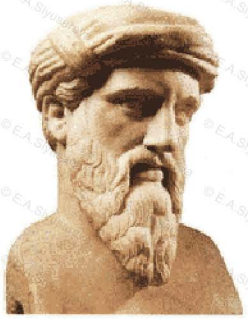
Школа *Платона* сформулировала два важнейших закона геометрической оптики – *прямолинейность лучей света* и *равенство углов падения и отражения.*

Евклид (3 век до н.э.) в своих трактатах рассматривал возникновение изображений при отражении от зеркал.

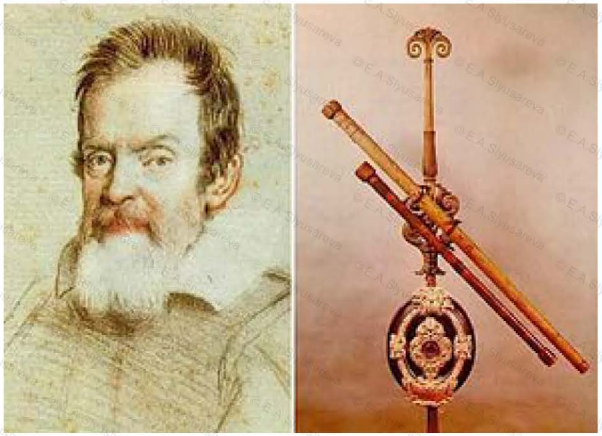








Следующий важный шаг – понимание законов преломления, был сделан много веков спустя.



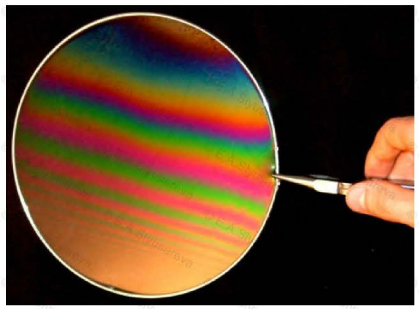
- В XIII веке были изобретены очки.
- Около 1590 г. – двухлинзовый микроскоп (З. Янсен).
- В 1609 г. Галилей построил первый телескоп, с помощью которого сделал ряд астрономических открытий.
- Точные законы преломления света были экспериментально установлены около 1620 г. (В. Снелль, Р. Декарт). Декарт в 1637 г. опубликовал свою знаменитую "Диоптрику".
- Около 1660 г. Был сформулирован П. Ферма принцип Ферма

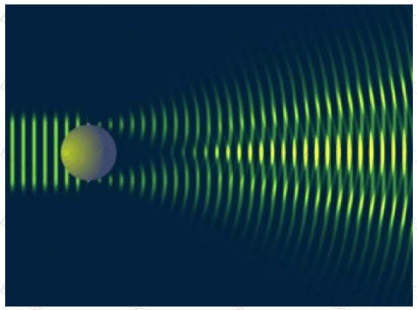
Дальнейшее развитие оптики связано с открытием явлений

- дифракции (1665 г., Ф. Гримальди),
- интерференции света,
- двойного лучепреломления (1669 г., Э. Бартоллини),

а также с работами

- И. Ньютона, Р. Гука и Х. Гюйгенса





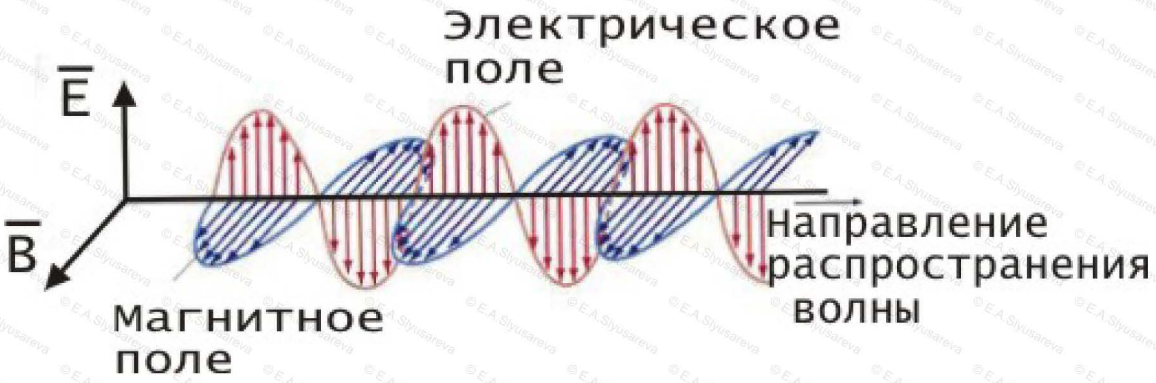
Победа волновой оптики связана с работами Т. Юнга и О. Френеля.

- Юнг ввел принцип интерференции (1801) и на этой основе объяснил цвета тонких пленок.
- Френель, используя принцип Гюйгенса, дал удовлетворительное волновое объяснение прямолинейности распространения света и многочисленным дифракционным явлениям.
- В опытах Френеля и Д. Араго было установлено, что волны, поляризованные перпендикулярно друг другу, не интерферируют. Это позволило Юнгу и независимо от него Френелю высказать важную идею о поперечности световых колебаний

Основываясь на открытиях М. Фарадея, Дж. Максвелл пришел к выводу, что свет есть электромагнитное поле, а не упругая волна эфира.

- Явление вращения плоскости поляризации света в магнитном поле (1848, Фарадей).
- Отношение электромагнитной и электростатической единиц силы тока по абсолютной величине и размерности совпадают со скоростью света с (В. Вебер, Ф. Кольрауш, 1856).
- Максвелл теоретически показал (1865), а Г. Герц подтвердил экспериментально, что электромагнитное поле распространяется в вакууме с этой скоростью. В прозрачной среде скорость света $v = c/n = c/\sqrt{\varepsilon\mu}$.
- Ф. Леру (1862) обнаружил явление аномальной дисперсии, т.е. рост показателя преломления с увеличением длины волны света. А. Кундт показал, что это явление связано с поглощением и присуще многим веществам.

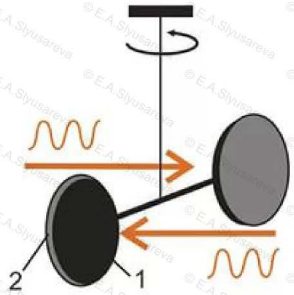
Эти и последующие открытия привели к представлению о веществе как совокупности осцилляторов



В 90-х годах XIX века П. Друде, Г. Гельмгольц и, в особенности, Х. Лоренц (1896) объединили идею об осцилляторах и электромагнитную теорию света:

- Рэлей (1890) создал основы статистической оптики (излучение ансамбля осцилляторов, рассеяние света).
- Д. С. Рождественский (1912) выполнил наиболее точные работы по аномальной дисперсии света, хорошо согласующиеся с электронной теорией.
- П. Зееман (1986) наблюдал, а Лоренц (1897) объяснил действие магнитного поля на частоты излучения и поглощения атомов.
- В полном согласии с теорией Максвелла оказалась и величина светового давления (впервые высказал Кеплер), измеренная П.Н. Лебедевым (1899).





Электромагнитная теория света стала отправным пунктом при создании *теории относительности*.

Плодотворность классической электродинамической теории света Максвелла - Лоренца неоднократно подтверждалась в дальнейшем, например:

- в истолковании И. Таммом и И. Франком (1937) природы излучения Вавилова-Черенкова (1934),
- в выдвижении Д. Габором (1947) идеи голографии (полная запись волнового поля в одной плоскости) и разработке метода голографии в трехмерной среде, начало которому положили работы Ю. Денисюка.
- Не менее интересной и поучительной, но быть может более драматичной, представляется история развития квантовых представлений о природе света и вещества.

Совершенно новый этап в развитии оптики начался с изобретением лазеров….





Продолжение следует…..



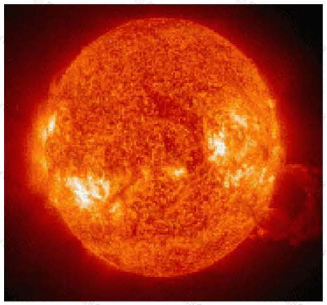
Источники оптического излучения

- ***Искусственные-природные***
- ***Сплошные-линейчатые***
- ***Когерентные-некогерентные***
- ***Диапазон (ИК, видимый,УФ)***
- ***Способ преобразования энергии***



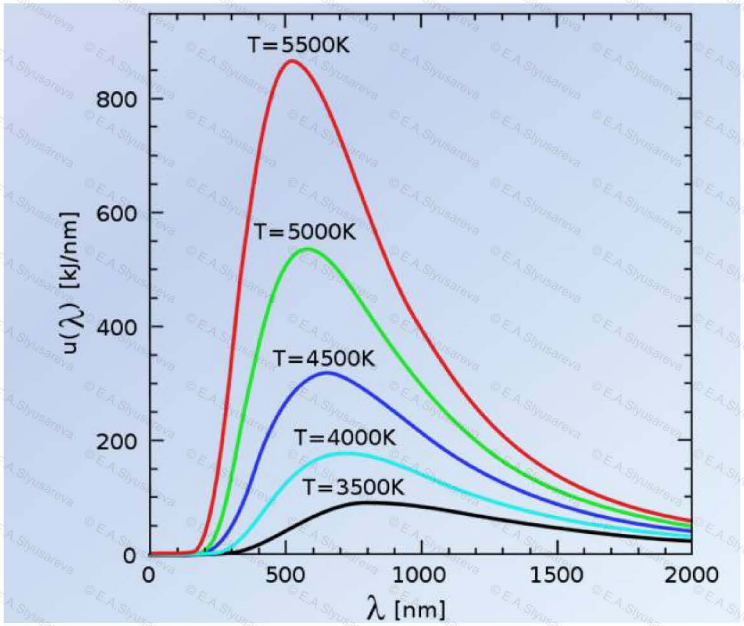
Тепловые источники

Имеют сплошной спектр и энергетические характеристики, описываемые законами теплового излучения, в которых основными параметрами являются температура *T* и коэффициент излучения светящегося тела ε (*T*).

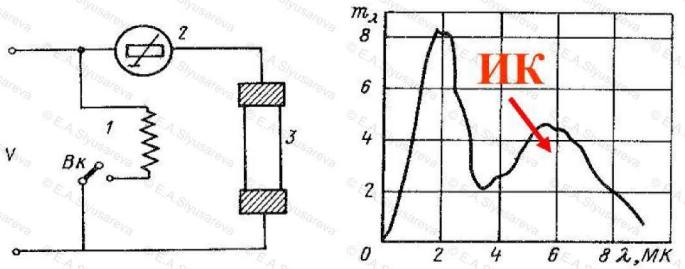








В качестве источника ИК-излучения используют керамические и металлические тела разных форм (плиты, трубы, сетки) Эталонные излучатели для ИК-спектрофотометрии - штифт Нернста (из спец. оксидно-керамич. массы) , глобар - проводящий силитовый (SiC) стержень - имеют хорошо воспроизводимую зависимость ε(T)=*0,8*-0,95 в ИК-области.



ШТИФТ НЕРНСТА. 3 - цилиндр из окислов циркония и иттрия
Рабочие температуры - до 2000 К.

MyShared

Электрические вольфрамовые лампы накаливания – самые распространённые тепловые источники, применяемые для общего и спец. освещения, сигнализации, в кинопроекц. аппаратуре, прожекторах, в качестве эталонов в пирометрии и фотометрии.

Номенклатура серийных ламп составляет ок. 600 типоразмеров - от сверхминиатюрных (P=0,01 Вт, 0,2 см) до мощных прожекторных (P=10 кВт, 30 см).

Тело накала изготовляется из W в виде нити, спирали или ленты и помещается в вакуумируемую или наполняемую инертным газом стеклянную колбу, обычно каплеобразной формы. Световые характеристики и срок службы ламп ограничивается потемнением колбы из-за распыления W нити и её перегоранием. T=2400-3300 К



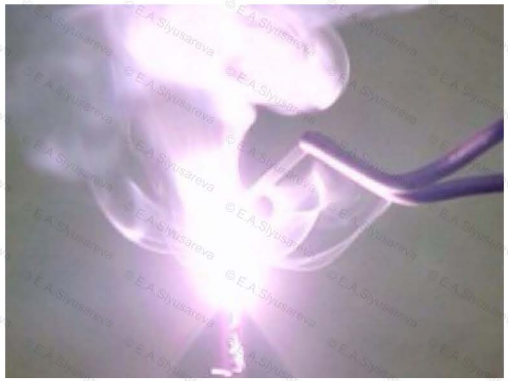


Галогенные лампы наполняются Xe с добавками I_2 или летучих хим. соединений Br, обеспечивающими обратный перенос испарившегося W со стенки колбы на нить в замкнутом хим. цикле. Благодаря этому они служат до 2000 ч при T_c=3200 К

Пламена

возникают при горении газовых, жидких или твёрдых горючих веществ, имеют сплошной спектр излучения с Т до 3000 К, образованный раскалёнными твёрдыми микрочастицами. Используются в пиротехнических осветительных и сигнальных средствах. Применяются спрессованные пламенные составы, содержащие горючее вещество (порошок Mg или Al, их смеси и сплавы или органические вещества) и окислитель (богатые кислородом соли Na, K или Ba).



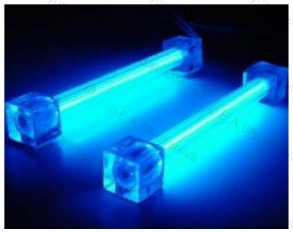


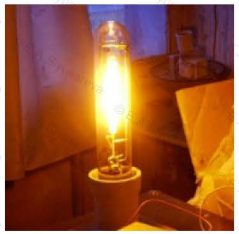


Газоразрядные источники

изготовляются в виде герметичных ламп трубчатой, шаровой и др. формы с впаянными в них электродами, наполняемых газами при давлениях от Па до МПа.

В них могут вводиться металлы или их хим. соединения, испаряемые при разряде в буферном инертном газе (Ar, смесь Ne- Ar, *p* сотни - тысячи Па)







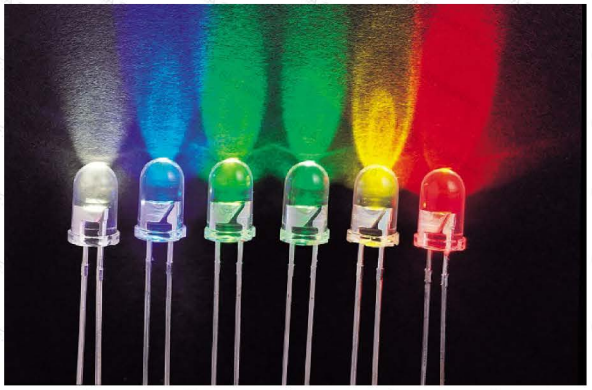
- Ртутные и ксеноновые лампы высокого (до 2 МПа) и сверхвысокого (до 20 МПа) давления имеют колбы из кварцевого стекла, сохраняющего прочность при рабочих температурах 700-1200 К
- Газоразрядные лампы низкого давления (20 кПа) работают в режиме тлеющего или дугового разряда. В индикаторных лампах и панелях, обычно наполняемых смесью Ne с He и Ar, используется тлеющее свечение, локализованное вблизи катода.
- Натриевые лампы имеют самый высокий КПД, но из-за плохой цветопередачи применяются только для наружного освещения и сигнализации.



линейчатый спектр ртутной лампы

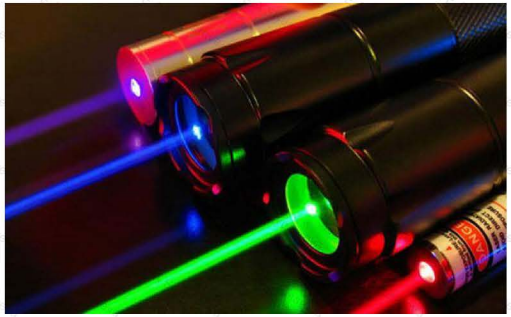
Светоизлучающие диоды

На основе инжекционной электролюминесценции в полупроводниковых кристаллах работают светоизлучающие диоды, изготовляемые в виде дискретных интегральных устройств, служащих основным элементом оптоэлектроники, применяемых также для индикации и сигнализации и в качестве калибровочных источников.



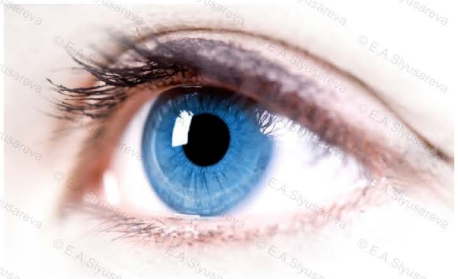
Лазеры

Лазер или *оптический квантовый генератор* — это устройство, преобразующее энергию накачки (световую, электрическую, тепловую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока излучения.

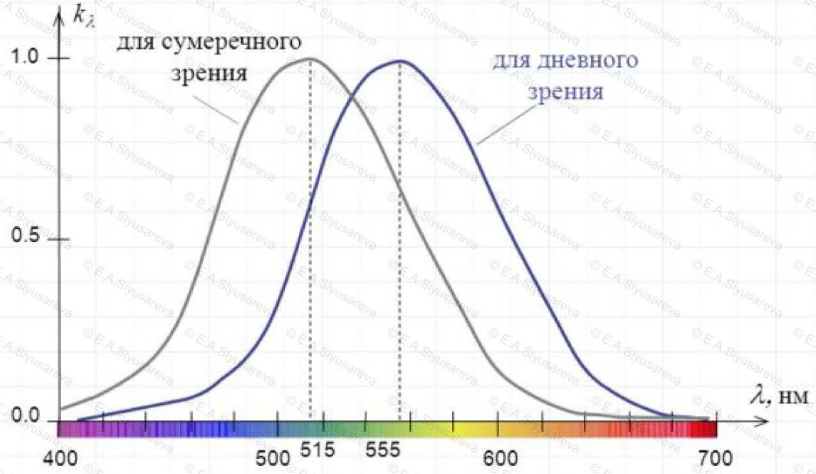


Основные понятия фотометрии

	Энергетические величины	**Световые величины**
Световой поток	Мощность, Вт	Ф, люмен, лм, lm
Сила	Сила излучения, Вт/ср	Сила света, $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$, cd, кн
Освещенность	Интенсивность, Вт/м^2	$E = \frac{d\Phi}{dS}$, лк, люкс
Светимость	Вт/м^2	$M = \frac{d\Phi_{исп}}{dS}$, лм/м^2

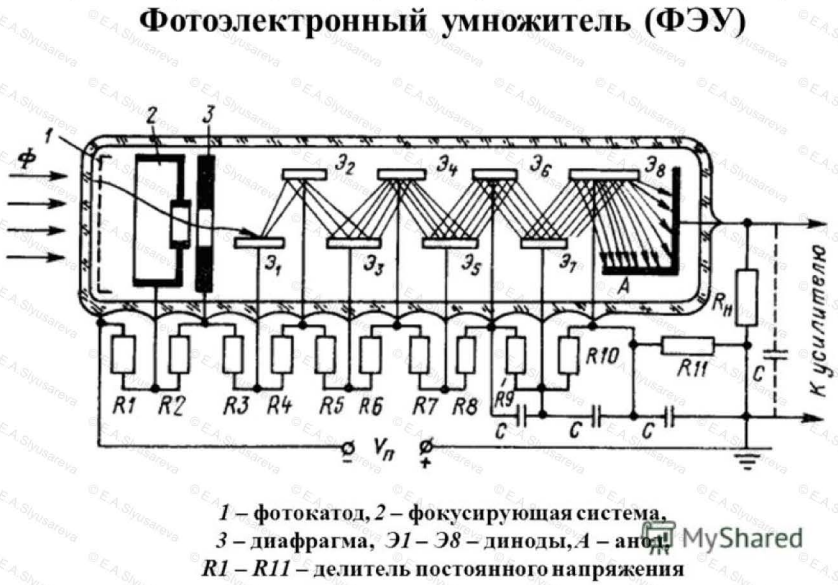


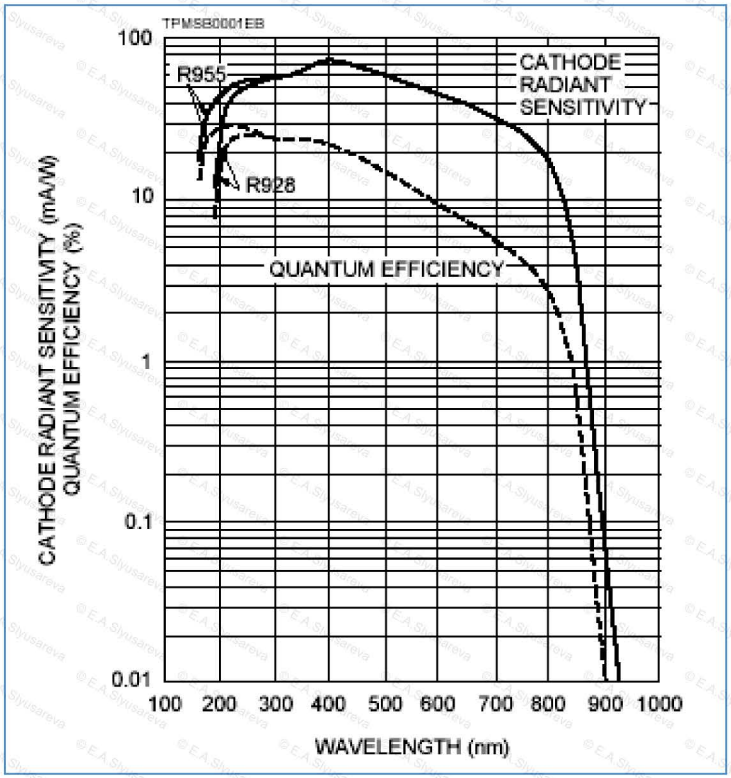
Кривая спектральной чувствительности глаза



Все ***световые величины*** являются ***редуцированными фотометрическими единицами***. Это означает, что они образуются из соответствующей энергетической единицы при помощи функции, представляющей собой зависимость спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения от длины волны.

Спектральная чувствительность ФЭУ





Световой поток

- Световой поток является редуцированной фотометрической величиной, образованной из энергетической фотометрической величины при помощи относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения

- Световой поток монохроматического излучения с длиной волны λ, выражаемый в люменах, определяется по формуле

$$\Phi_v = 683 \times \Phi_e \times V(\lambda),$$

где Φ_e — поток излучения, выраженный в ваттах, а V(λ) — значение относительной спект-ральной световой эффективности для дневного зрения, соответствующее той же длине волны λ.

- Один люмен равен световому потоку, испускаемому точечным изотропным источником, с силой света, равной одной канделе, в телесный угол величиной в один стерадиан:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

1 лм = 1 кд × ср

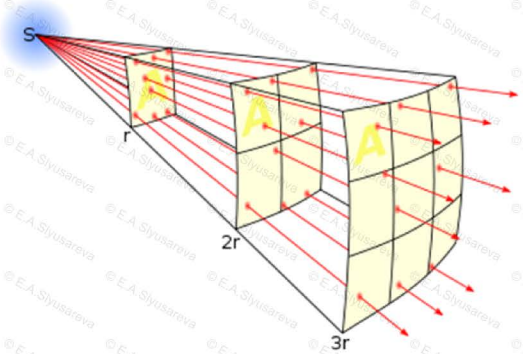
Сила света

В 2011 г. XXIV ГКМВ (Генеральная конференция по мерам и весам) приняла резолюцию, в которой предложено в будущей ревизии Международной системы единиц принять новое определение канделы:

«***Кандела***, *обозначение кд, является единицей силы света в данном направлении; её величина определена путём установления численного значения световой эффективности монохроматического излучения с частотой* $540 \cdot 10^{12}$ *Гц в точности равным 683, если она выражена единицей СИ* $м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot с^{3} \cdot кд \cdot ср$, *или* $кд \cdot ср \cdot Вт^{-1}$, *которая равна* $лм \cdot Вт^{-1}$».

Освещенность

- Единицей измерения освещённости служит люкс **(1 люкс = 1 люмену на квадратный метр)**
- **E=Ф/S**
- **Освещенность 1 лк** получается на поверхности сферы **радиуса 1 м**, если в центре сферы помещен точечный источник, **сила света которого равна 1 кд**.



Освещённость прямо пропорциональна силе света источника света. При удалении его от освещаемой поверхности её освещённость уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния. Другими словами, если мы возьмём обычную лампу накаливания, подвесим её в центре комнаты и померим освещённость люксметром на расстоянии от неё 1 м, люксметр покажет, к примеру, 100 Лк а на расстоянии 2 м от лампочки люксметр покажет 25 Лк. Когда же лучи света падают наклонно к освещаемой поверхности, освещённость уменьшается пропорционально косинусу угла падения лучей.

$$E=(I/r^2)\cos(a)$$

Светимость

- это плотность светового потока, испускаемого светящейся поверхностью. Единицей светимости служит люмен на квадратный метр светящейся поверхности, что отвечает поверхности площадью 1 м^2, которая равномерно излучает световой поток 1 лм.

$$M = \frac{d\Phi_{исп}}{dS}$$

- Единица энергетической светимости - Вт/м^2.

Пример энергетической светимости:

- Поверхность солнца - M_e=6·10^7 Вт/м^2;
- Нить лампы накаливания - M_e=2·10^5 Вт/м^2;
- Поверхность солнца в зените - M=3,1·10^9 лм/м^2;
- Колба люминесцентной лампы - M=22·10^3 лм/м^2.

Типичная освещённость:

- Прямые солнечные лучи в полдень 100 000 Лк
- В светлой комнате 150 Лк
- На рабочем столе для тонких работ 300 Лк
- От полной луны 0,2 Лк

Характеристики ламп:

Типы ламп	Электрическая энергия, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача лм/вт
Лампа накаливания	100 Вт	1360 лм	13,6 лм/Вт
Люминесцентная лампа	58 Вт	5400 лм	93 лм/Вт
Натриевая лампа высокого давления	100 Вт	10000 лм	100 лм/Вт
Натриевая лампа низкого давления	180 Вт	33000 лм	183 лм/Вт
Ртутная лампа высокого давления	1000 Вт	58000 лм	58 лм/Вт
Металлогалогенная лампа	2000 Вт	190000 лм	95 лм/Вт

Продолжение следует.....