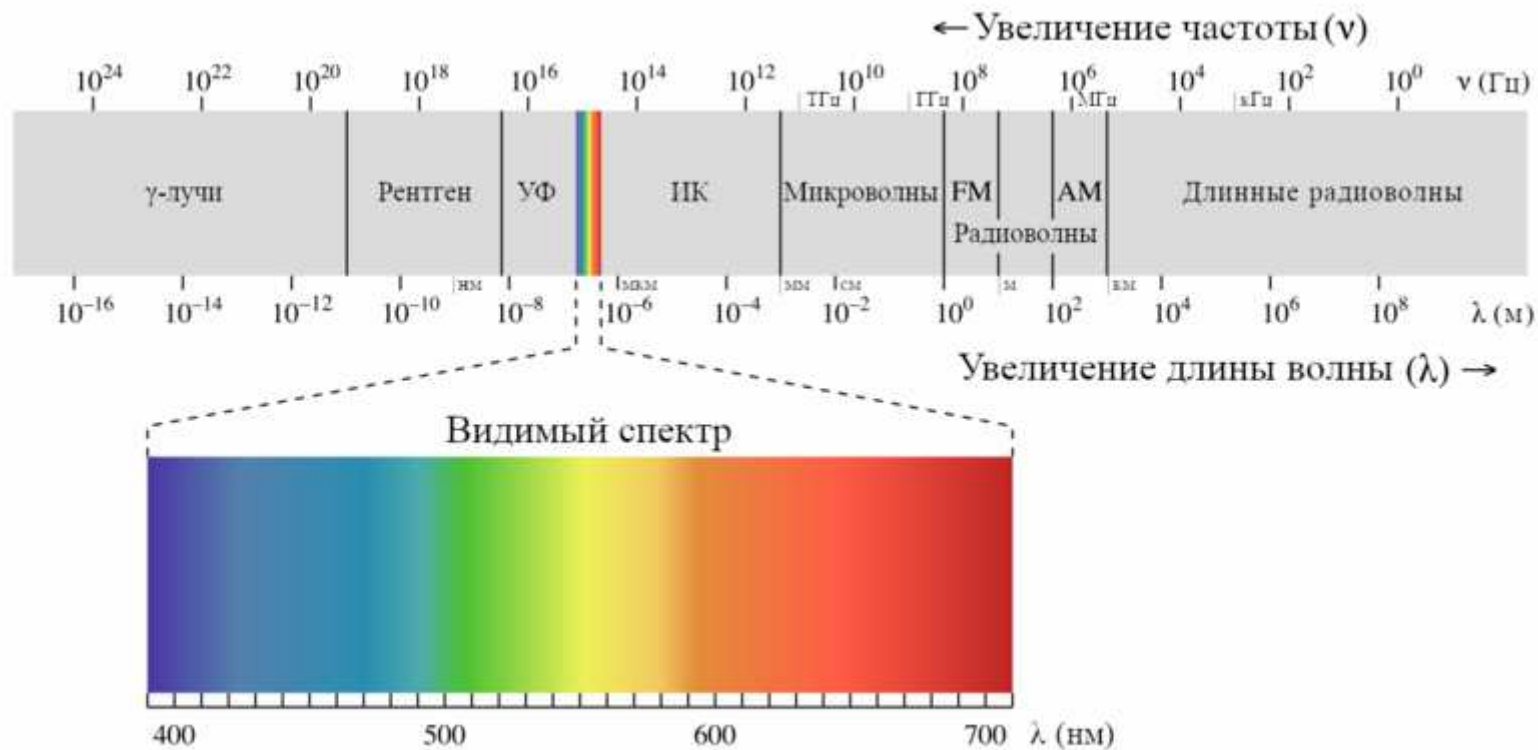


Освещенность (видимый свет)
Производственное освещение



Электрoнвoльт (электрон-вольт, редко электроновольт; русское обозначение: **эВ**, международное: **eV**) — внесистемная единица [энергии](#), используемая в атомной и [ядерной физике](#), в [физике элементарных частиц](#) и в близких и родственных областях науки ([биофизике](#), [физической химии](#), [астрофизике](#) и т. п.). В [Российской Федерации](#) электронвольт допущен к использованию в качестве внесистемной единицы без ограничения срока с областью применения «[физика](#)»

Один электронвольт равен [энергии](#), необходимой для переноса [элементарного заряда](#) в [электростатическом поле](#) между точками с разницей [потенциалов](#) в 1 [В](#). Так как работа при переносе заряда q равна qU (где U — разность потенциалов), а [элементарный заряд](#) составляет $1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$ [Кл](#) (точно), то:

$$1 \text{ эВ} = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-12} \text{ эрг}$$

$$E(\text{eV}) = 1239.85 / \lambda(\text{nm})$$

В 1676 году [Исаак Ньютон](#) провёл эксперимент по расщеплению светового луча призмой. В полученном непрерывном спектре чётко различались 7 цветов. Возможно, Ньютон находился под действием европейской [нумерологии](#) и основывался на аналогии с семью [нотами](#) в [октаве](#)

В древних верованиях число 7 пользовалось особенно важным значением, которое играло большую роль в [астральной системе вавилонян](#).

Цвет	Диапазон длин волн , нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов , эВ
Красный	625—740	405—480	1,68—1,98
Оранжевый	590—625	480—510	1,98—2,10
Жёлтый	565—590	510—530	2,10—2,19
Зелёный	500—565	530—600	2,19—2,48
Голубой	485—500	600—620	2,48—2,56
Синий	440—485	620—680	2,56—2,82
Фиолетовый	380—440	680—790	2,82—3,26

- Вся информация подается через зрительный анализатор. Вредное воздействие на глаза человека оказывают следующие опасные и вредны производственные факторы:
- Недостаточное освещение раб. зоны;
- Отсутствие/недостаток естественного света;
- Повышенная яркость;
- Перенапряжение анализаторов (в т.ч. зрительных)
- По данным ВОЗ на зрение влияет
- УФИ;
- яркий видимый свет;
- мерцание;
- блики и отраженный свет

Физиологические характеристики зрения

- **острота зрения;**
- **устойчивость ясного видения (различие предметов в течение длительного времени);**
- **контрастная чувствительность (разные по яркости);**
- **скорость зрительного восприятия (временной фактор);**
- **адаптация зрения;**
- **аккомодация (различие предметов при изменении расстояния)**
- **Световая чувствительность человеческого глаза**
- **Поле зрения**
- **Бинокулярное и стереоскопическое зрение**

- **Световая чувствительность человеческого глаза**
- Способность глаза воспринимать свет и распознавать различные степени его яркости называется светоощущением, а способность приспосабливаться к разной яркости освещения — адаптацией глаза; световая чувствительность оценивается величиной порога светового раздражителя.
- **Поле зрения**
- Периферическое зрение (поле зрения); определяют границы поля зрения при проекции их на сферическую поверхность (при помощи периметра). Поле зрения — пространство, воспринимаемое глазом при неподвижном взгляде. Зрительное поле является функцией периферических отделов сетчатки; его состоянием в значительной мере определяется возможность человека свободно ориентироваться в пространстве.
- Изменения поля зрения обуславливаются органическими и/или функциональными заболеваниями зрительного анализатора: сетчатки, зрительного нерва, зрительного пути, [ЦНС](#). Нарушения поля зрения проявляются либо сужением его границ (выражают в градусах или линейных величинах), либо выпадением отдельных его участков ([Гемианопсия](#)), появлением скотомы.

Острота зрения

- Способность различных людей видеть большие или меньшие детали предмета с одного и того же расстояния при одинаковой форме глазного яблока и одинаковой преломляющей силе диоптрической глазной системы обуславливается различием в расстоянии между чувствительными элементами сетчатки и называется **остротой зрения**.
- **Острота зрения** — способность глаза воспринимать *раздельно* две точки, расположенные друг от друга на некотором расстоянии (*детализация, мелкозернистость, разрешётка*). Мерилом остроты зрения является угол зрения, то есть угол, образованный лучами, исходящими от краёв рассматриваемого предмета (или от двух точек *A* и *B*) к узловой точке (*K*) глаза. **Острота зрения** обратно-пропорциональна углу зрения, то есть, чем он меньше, тем острота зрения выше. В норме глаз человека способен *раздельно* воспринимать объекты, угловое расстояние между которыми не меньше $1'$ (**1 минута**).
- Острота зрения — одна из важнейших функций зрения. Острота зрения человека ограничена его строением. Глаз человека в отличие от глаз головоногих, например, это обращённый орган, то есть, светочувствительные клетки находятся под слоем нервов и кровеносных сосудов.
- Острота зрения зависит от размеров колбочек, находящихся в области жёлтого пятна, сетчатки, а также от ряда факторов: рефракции глаза, ширины зрачка, прозрачности роговицы, хрусталика (и его эластичности), стекловидного тела (кои составляют **светопреломляющий аппарат**), состояния сетчатой оболочки и зрительного нерва, возраста.
- Обратно пропорциональную величину остроте зрения и/или световой чувствительности называют **разрешающей способностью** простого (невооружённого) глаза (*resolving power*).

устойчивость ясного видения

- ***устойчивость ясного видения*** (различие предметов в течение длительного времени); Устойчивость ясного различения (устойчивость ясного видения) характеризует способность отчетливо различать фиксируемые детали в течение определенного времени.
- Способность глаза длительно сохранять в поле зрения фиксированные глазом детали называется устойчивостью ясного видения. При длительном сосредоточенном рассматривании какого-либо мелкого предмета происходит утомление зрения. Оно характеризуется тем, что предмет виден отчетливо лишь временами, сменяющимися периодами, при которых он становится расплывчатым и неясным. Это объясняется утомлением глазных мышц, стремящихся при рассматривании предмета удержать глаз в положении, при котором изображение оставалось бы на одном и том же месте сетчатки.

скорость зрительного восприятия

- *скорость зрительного восприятия (временной фактор)*; Скорость зрительного восприятия изменяется в зависимости от величины и сложности объектов, уровня освещенности, утомления и т.д., а это уже в равной мере относится как к зрячим, так и к слабовидящим.
- Но у последних скорость зрительного восприятия подвержена более резким колебаниям. Способность различать форму предмета или его детали в течение минимального времени наблюдения называется скоростью различения. Скорость различения имеет чрезвычайно большое значение для успешности многих видов деятельности.
- Скорость различения в большой степени зависит от яркости фона и контраста яркости объекта различения с фоном. Как показали опыты, с увеличением освещенности (или соответственно яркости), при постоянстве остальных факторов, скорость различения резко возрастает, однако непропорционально увеличению яркости.
-

Контрастная чувствительность

- Контрастная чувствительность — способность человека видеть объекты, слабо отличающиеся по яркости от фона. Оценка контрастной чувствительности производится по синусоидальным решёткам. Повышение порога контрастной чувствительности может быть признаком ряда глазных заболеваний, в связи с чем его исследование может применяться в диагностике.
- *контрастная чувствительность (разные по яркости)*; Для того чтобы нормально видеть, т. е. различать многообразие окружающих предметов, глаз должен иметь высокую контрастную чувствительность — способность замечать (реагировать) малые различия в интенсивности освещения или окраске предметов. Контрастная чувствительность характеризует различительную функцию глаза. Условием, позволяющим увидеть объект, является наличие яркостного контраста между ним и фоном. Способность глаза различать едва заметные разности яркостей обозначается термином *разностная чувстви-т е л ь н о с т ь*. Она характеризуется тем минимальным различием в уровнях яркости детали и фона, при котором глаз в состоянии воспринимать объект данного размера при заданной яркости фона.

Бинокулярное и стереоскопическое зрение

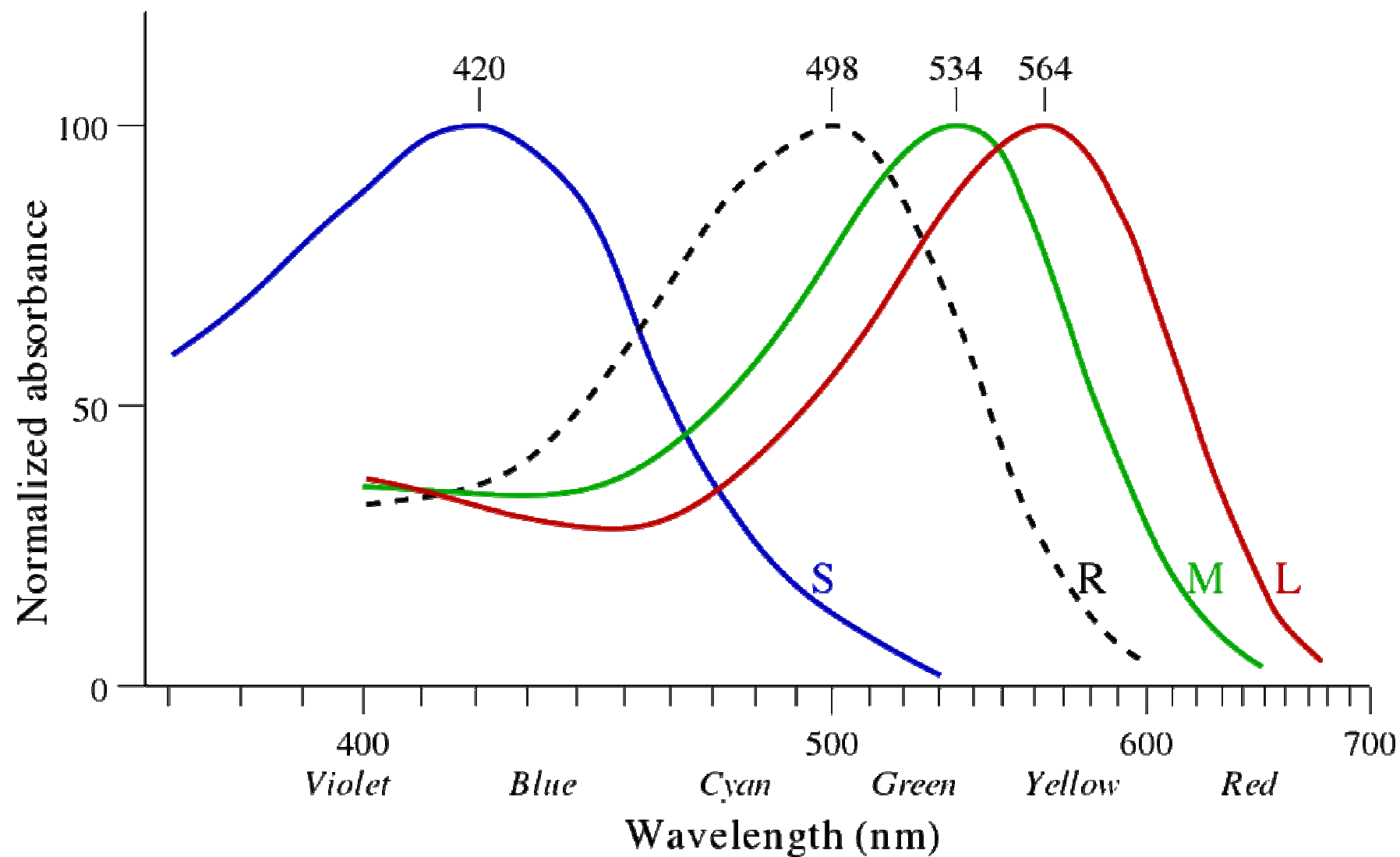
- Рассматривая предмет обоими глазами, мы видим его только тогда одиночным, когда оси зрения [глаз](#) образуют такой угол сходимости (конвергенцию), при котором симметричные отчётливые изображения на [сетчатках](#) получаются в определённых соответственных местах чувствительного жёлтого пятна (*fovea centralis*).
- **Благодаря такому бинокулярному зрению, мы не только судим об относительном положении и расстоянии предметов, но и воспринимаем рельеф и объём.**
- Основными характеристиками бинокулярного зрения являются наличие элементарного бинокулярного, глубинного и стереоскопического зрения, острота стереозрения и фузионные резервы.
- Наличие элементарного бинокулярного зрения проверяется посредством разбиения некоторого изображения на фрагменты, часть которых предъявляется левому, а часть — правому [глазу](#). Наблюдатель обладает элементарным бинокулярным зрением, если он способен составить из фрагментов единое исходное изображение.
- [Зрительный анализатор](#) человека в [нормальных условиях](#) обеспечивает бинокулярное зрение, то есть зрение двумя глазами с единым зрительным восприятием. Основным рефлекторным механизмом бинокулярного зрения является рефлекс слияния изображения — фузионный рефлекс (фузия), возникающий при одновременном раздражении функционально неодинаковых [нервных элементов](#) сетчатки обоих глаз. Вследствие этого возникает физиологическое двоение предметов, находящихся ближе или дальше фиксируемой точки (бинокулярная фокусировка). Физиологичное двоение ([фокус](#)) помогает оценивать удалённость [предмета](#) от глаз и создаёт ощущение рельефности, или стереоскопичности, зрения.

Адаптация зрения

- Приведённые выше свойства зрения тесно связаны со способностью глаза к адаптации. Адаптация глаза — приспособление зрения к различным условиям освещения. Адаптация происходит к изменениям освещённости (различают адаптацию к свету и темноте), цветовой характеристики освещения (способность воспринимать белые предметы белыми даже при значительном изменении спектра падающего света).
- Адаптация к свету наступает быстро и заканчивается в течение 5 мин., адаптация глаза к темноте — процесс более медленный. Минимальная яркость, вызывающая ощущение света, определяет световую чувствительность глаза. Последняя быстро нарастает в первые 30 мин. пребывания в темноте, её повышение практически заканчивается через 50—60 мин. Адаптацию глаза к темноте исследуют при помощи специальных приборов — адаптометров.
- Понижение адаптации глаза к темноте наблюдают при некоторых глазных (пигментная дистрофия сетчатки, глаукома) и общих (А-авитаминоз) заболеваниях.
- Адаптация проявляется также в способности зрения частично компенсировать дефекты самого зрительного аппарата (оптические дефекты хрусталика, дефекты сетчатки, скотомы и пр.)

- **адаптация зрения;** одна из разновидностей сенсорной адаптации, заключающаяся в приспособлении глаза к различным условиям освещения.
- Различают А. з. к свету и к темноте.
- А. з. к свету в норме происходит в течение 50 — 60 с. При нормальном состоянии зрительного анализатора она зависит от интенсивности и яркости воздействующего на глаз света.
- А. з. к темноте в норме продолжается приблизительно 30 — 45 мин. При этом происходит повышение чувствительности глаза в 8—10 тыс. раз. Однако процесс адаптации продолжается и в течение последующих часов пребывания в темноте. А. з. осуществляется путем регулирования чувствительности фоторецепторов сетчатки глаза и величины зрачка (зрачковый рефлекс), обеспечивающей нужное количество поступающего в глаз света.
- В результате А. з. устанавливается оптимальное для данных световых условий соотношение между чувствительностью фоторецепторов и силой светового потока, попадающего на сетчатку. Перегрузка механизма адаптации вызывает утомление, снижение производительности и качества труда. Так, при сильном слепящем эффекте наступает резкое ослабление или потеря способности видеть в течение нескольких секунд или минут, что может создавать аварийные ситуации. А. з. измеряют с помощью специальных приборов, называемых адаптометрами, позволяющими количественно учитывать значительные колебания интенсивности световых раздражителей.

- В глазу человека содержатся два типа светочувствительных клеток (фоторецепторов): высокочувствительные палочки и менее чувствительные колбочки. Палочки функционируют в условиях относительно низкой освещённости и отвечают за действие механизма ночного зрения, однако при этом они обеспечивают только нейтральное в цветовом отношении восприятие действительности, ограниченное участием белого, серого и чёрного цветов. Колбочки работают при более высоких уровнях освещённости, чем палочки. Они ответственны за механизм дневного зрения, отличительной особенностью которого является способность обеспечения цветового зрения.
- Свет с разной длиной волны по-разному стимулирует разные типы колбочек. Например, жёлто-зелёный свет в равной степени стимулирует колбочки L- и M-типов, но слабее стимулирует колбочки S-типа. Красный свет стимулирует колбочки L-типа намного сильнее, чем колбочки M-типа, а S-типа не стимулирует почти совсем; зелёно-голубой свет стимулирует рецепторы M-типа сильнее, чем L-типа, а рецепторы S-типа — ещё немного сильнее; свет с этой длиной волны наиболее сильно стимулирует также палочки. Фиолетовый свет стимулирует почти исключительно колбочки S-типа. Мозг воспринимает комбинированную информацию от разных рецепторов, что обеспечивает различное восприятие света с разной длиной волны.



Нормализованные графики светочувствительности колбочек человеческого глаза S, M, L. Пунктиром показана сумеречная, «чёрно-белая» восприимчивость палочек

Аккомодация зрения

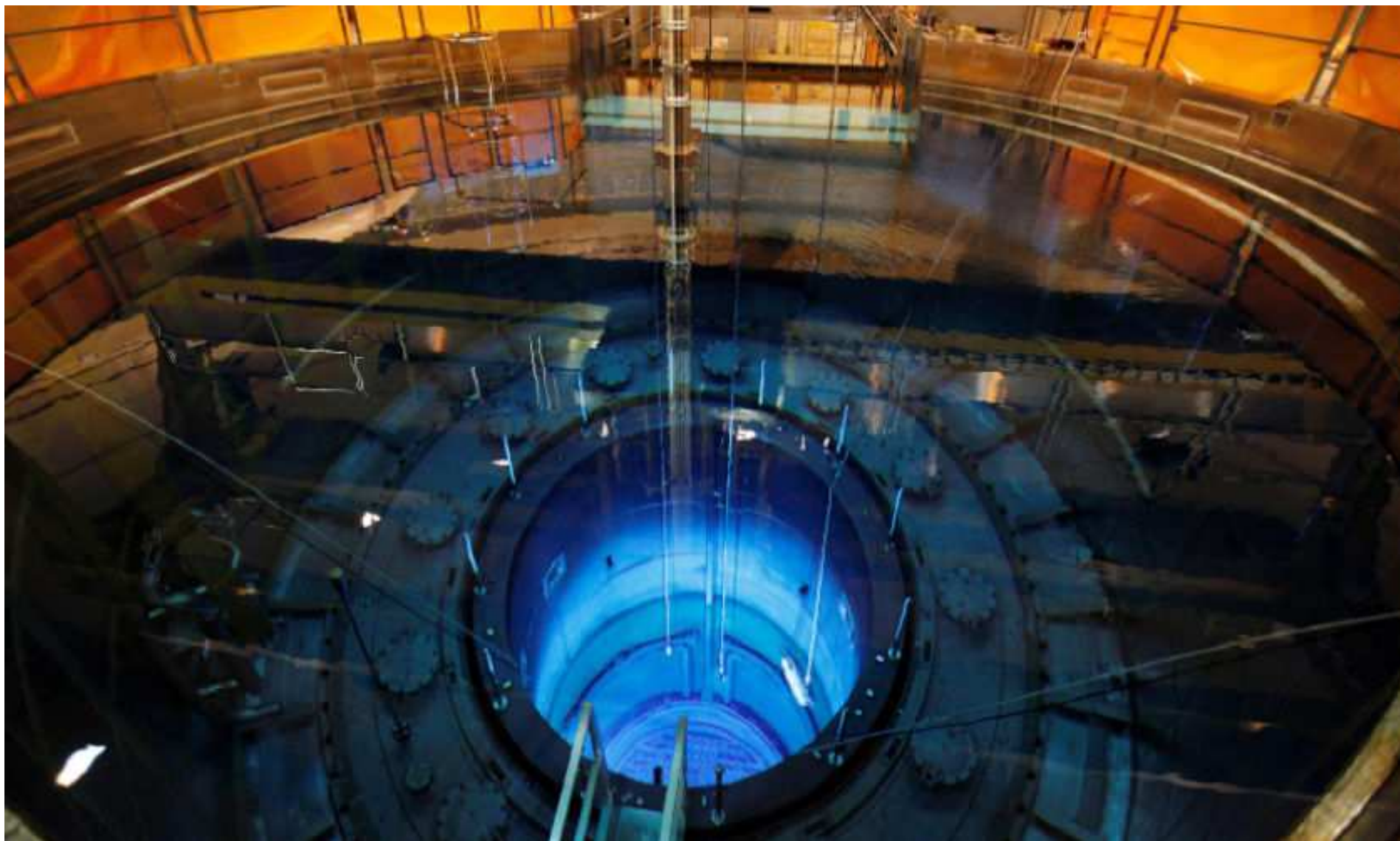
- **Аккомодация зрения** — способность глаза приспособляться или устанавливаться к предметам, находящимся от него на различных расстояниях.
- Чаще всего термин применяется при описании изменений преломляющей силы оптической системы глаза для ясного восприятия объектов, расположенных на разном расстоянии. Объём аккомодации описывает пределы возможности изменения преломляющей силы оптической системы глаза для восприятия объектов, расположенных на разном расстоянии
- *аккомодация (различие предметов при изменении расстояния)*: Чаще всего термин применяется при описании изменений преломляющей силы оптической системы глаза для ясного восприятия объектов, расположенных на разном расстоянии. Объём аккомодации описывает пределы возможности изменения преломляющей силы оптической системы глаза для восприятия объектов, расположенных на разном расстоянии. У птиц и млекопитающих обеспечивается изменением кривизны хрусталика под действием цилиарной мышцы.
-

Дневное зрение

- **Дневное зрение** — механизм восприятия света зрительной системой человека, действующий в условиях относительно высокой освещённости. Осуществляется с помощью колбочек при яркости фона, превышающей 10 кд/м^2 , что соответствует дневным условиям освещения. Палочки в этих условиях не функционируют.
- Спектральные зависимости относительной чувствительности человеческого глаза для дневного (красная линия) и ночного (синяя линия) зрения.
- Спектральная зависимость относительной светочувствительности человеческого глаза для дневного зрения приведена на рисунке. Её максимум по сравнению с кривой чувствительности глаза при ночном зрении сдвинут в длинноволновую сторону и располагается на длине волны 555 нм[4]. Впрочем, у конкретных людей значения относительной спектральной световой эффективности, как и положения максимума, могут отличаться, особенно заметны такие отклонения у страдающих дальтонизмом. Так, у больных протанопией максимум сдвинут в коротковолновую часть спектра, а у страдающих дейтеранопией — в длинноволновую.
- У пожилых людей с нормальным цветовым зрением хрусталик с возрастом может несколько пожелтеть и слегка помутнеть, что также сдвигает максимум в длинноволновую часть спектра.
- Отличительными особенностями дневного зрения по сравнению с ночным являются:
- Низкая светочувствительность. Её величина примерно в сто раз ниже, чем при ночном зрении. Обусловлена меньшей светочувствительностью колбочек по сравнению с палочками.
- Высокая разрешающая способность (острота зрения). Достигается за счет того, что плотность расположения колбочек на сетчатке глаза существенно выше, чем плотность расположения палочек.
- Способность воспринимать цвета. Осуществляется вследствие того, что на сетчатке имеются колбочки трех типов, при этом колбочки каждого из типов воспринимают свет только из одной свойственной для данного типа части спектра.
- Большую часть визуальной информации человек получает, используя дневное зрение.

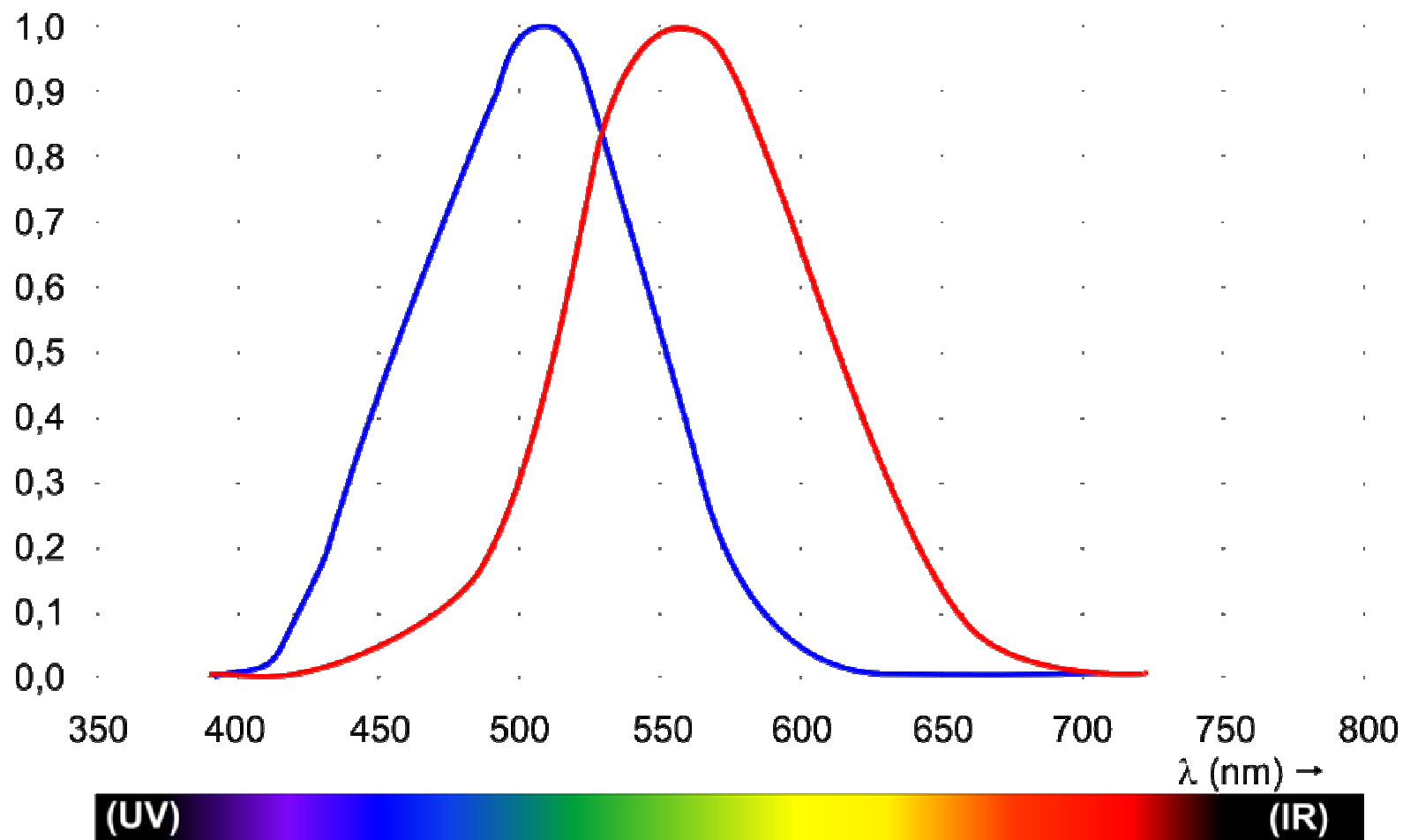
Ночное зрение

- **Эффект Вавилова — Черенкова, эффект Черенкова, излучение Вавилова — Черенкова, черенковское излучение** — свечение, вызываемое в прозрачной среде заряженной частицей, движущейся со скоростью, превышающей фазовую скорость распространения света в этой среде.
- В 1958 году Павел Черенков, Игорь Тамм и Илья Франк были удостоены Нобелевской премии по физике с формулировкой: «За открытие и истолкование эффекта Черенкова».
- Манне Сигбан из Шведской королевской академии наук в своей речи на церемонии вручения премии отметил, что «**Открытие явления, ныне известного как эффект Черенкова, представляет собой интересный пример того, как относительно простое физическое наблюдение при правильном подходе может привести к важным открытиям и проложить новые пути для дальнейших исследований**».
- Все опыты Черенкова, проводившиеся с участием его руководителя академика С.И.Вавилова, отличались удивительной простотой и изяществом, ясностью цели и последовательностью.
- В большей части экспериментов применялся разработанный Вавиловым с учениками метод использования человеческого глаза для количественных измерений световых потоков по порогу зрения. Метод требовал длительной настройки глаза в абсолютной темноте, тщательной подготовки всех деталей установки, которую Черенков осуществлял всегда самостоятельно.



Классическим примером эффекта Вавилова-Черенкова является голубое свечение воды в ядерных реакторах.

- Следует отметить, что впервые использовать человеческий глаз в качестве надежного инструмента для измерения интенсивности светового потока предложил известный естествоиспытатель А.Лавуазье. В 1763 г. тогда еще юный Лавуазье, которому был 21 год, принял участие в конкурсе, объявленном Королевской Академией наук, на отыскание лучшего способа освещения Парижа. Он сопоставлял освещенности, даваемые различными типами фонарей (масляными и со свечами, с рефлекторами и без них) при поисках оптимального варианта освещения города.
- При этом все свои измерения Лавуазье проводил в темной комнате, обитой черным сукном. На своем собственном опыте он убедился, что человеческий глаз решает задачу оценки освещенности наилучшим образом. Предложения Лавуазье были изложены в капитальном труде и отмечены золотой медалью Королевской Академии наук в 1766 г.
- У поверхности Земли поток космических частиц практически полностью состоит из мюонов, частиц похожих на электроны, но имеющих гораздо большую массу. На поверхности Земли энергия мюонов составляет 4 ГэВ, что позволяет им проникать на глубину до 700 м. **Поток мюонов на поверхности Земли составляет примерно 1 частицу на квадратный сантиметр в минуту - достаточно велик чтобы наблюдать черенковское свечение в темноте адаптированным глазом, например, в ведре с водой**



Спектральные зависимости относительной чувствительности человеческого глаза для дневного (красная линия) и ночного (синяя линия) зрения.

Спектральная световая эффективность монохроматического излучения

- Спектральная световая эффективность монохроматического излучения — физическая величина, характеризующая чувствительность человеческого глаза к воздействию на него монохроматического света. Обозначается $K(\lambda)$
- в Международной системе единиц (СИ) имеет размерность лм/Вт.
- Устаревшее название — *видность*.
- Световую эффективность удобно и целесообразно представлять в виде произведения двух сомножителей:
$$K(\lambda) = K_m \cdot V(\lambda)$$
- где K_m — значение, достигаемое в максимуме, а
- $V(\lambda)$ — безразмерная функция длины волны, принимающая в максимуме значение, равное единице.
- Функция называется *относительной спектральной световой эффективностью монохроматического излучения*, её физический смысл заключается в том, что она представляет собой относительную спектральную чувствительность *среднего (нормального) человеческого глаза*
- 380 нм – 0.000039
- 400 нм – 0.00040
- 555 нм -1
- 700 нм - 0.00410
- 780 нм - 0.000015

Световая величина

- **Световая величина** — редуцированная фотометрическая величина, образованная из энергетической фотометрической величины при помощи относительной спектральной чувствительности специального вида —
- **относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения -**

$$V(\lambda)$$

- От энергетических световые величины отличаются тем, что характеризуют свет с учётом его способности вызывать у человека зрительные ощущения. Образуют систему световых фотометрических величин.
- В качестве единиц измерения световых величин используются особые световые единицы, базирующиеся на единице силы света «кандела». В свою очередь кандела является одной из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ).
- Световые величины обозначаются теми же буквами, что и энергетические величины, из которых они образованы, но снабжаются при этом индексом «v».

$$\chi_v = K_m \cdot \chi_e(\lambda) \cdot V(\lambda)$$

Для монохроматического свечения

$$K_m = 683 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

$$\chi_v = K_m \cdot \int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} \chi_e(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

Для не монохроматического свечения

Световые фотометрические величины СИ

Наименование	Обозначение величины	Определение	Обозначение единиц СИ	<u>Энергетический аналог</u>
<u>Световая энергия</u>	Q_v		<u>лм·с</u>	<u>Энергия излучения</u>
<u>Световой поток</u>	Φ_v	$\Phi_v = \frac{dQ_v}{dt}$	лм	<u>Поток излучения</u>
<u>Освещённость</u>	E_v	$E_v = \frac{d\Phi_v}{ds_v}$	<u>лк</u>	<u>Облучённость</u>
Характеристика точечного источника света				
<u>Сила света</u>	I_v	$I_v = \frac{d\Phi_v}{d\Omega}$	<u>кд</u>	<u>Сила излучения</u> (энергетическая сила света)
Характеристика протяженного источника света				
<u>Светимость</u>	M_v	$M_v = \frac{d\Phi_v}{ds_1}$	лм·м ⁻²	<u>Энергетическая светимость</u>
<u>Яркость</u>	L_v	$L_v = \frac{d^2\Phi_v}{d\Omega \cdot ds_1 \cdot \cos\varphi}$	кд·м ⁻²	<u>Энергетическая яркость</u>

Здесь ds_1 — площадь элемента поверхности источника, ds_2 — площадь элемента поверхности приёмника, φ — угол между нормалью к элементу поверхности источника и направлением наблюдения.

- **Точечный источник света** — источник, излучающий свет по всем направлениям равномерно и размерами которого по сравнению с расстоянием, на котором оценивается его действие, можно пренебречь.

Большую часть информации человек получает с помощью зрения. Именно поэтому изучению вопросов фотометрии уделяется особое внимание. Важную роль в науке, технике и практической деятельности играют **фотометрические характеристики**, описывающие видимое излучение, т. е. ту часть спектра электромагнитных волн, которая воспринимается нашим глазом

Фотометрия – раздел оптики, занимающийся измерением световых потоков и величин, связанных с этими потоками.

При изучении физики мы уже использовали ряд идеализированных моделей (материальная точка, идеальный газ и др.), которые помогали нам при рассмотрении физических явлений и законов. В фотометрии удобно использовать еще одну идеализацию — точечный источник света.

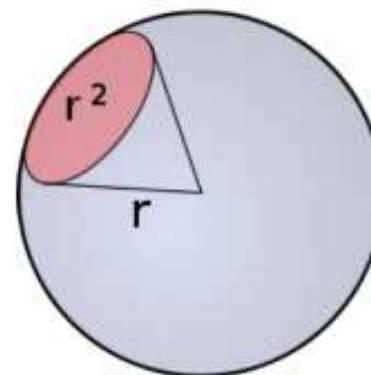
Точечный источник света – источник, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием от места наблюдения до источника. Считается, что такой источник равномерно излучает свет во все стороны. Типичный пример точечных источников света — звезды.

Телесный угол характеризует область пространства, ограниченную конической поверхностью. Для измерения телесного угла следует найти отношение площади поверхности шарового сегмента S_0 к квадрату радиуса сферы с центром в вершине конуса:

$$\Omega = \frac{S_0}{R^2}$$

Единица телесного угла — стерadian (ср). 1 ср равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы. Зная площадь поверхности сферы, можно определить полный телесный угол вокруг точки:

$$\Omega = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ ср}$$



Оптическое излучение характеризуется рядом энергетических и фотометрических характеристик. Рассмотрим некоторые из них.

1. Для характеристики точечных источников света используется **сила света I** , которая определяется как поток излучения источника, приходящийся на единицу телесного угла $d\Omega$.

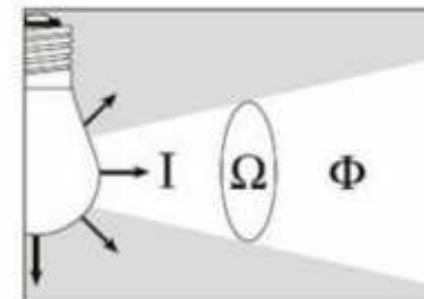
$$I = d\Phi/d\Omega$$

Для изотропного источника, у которого сила света не зависит от направления $\Omega = 4\pi$, тогда

$$I = \frac{d\Phi}{4\pi}$$

Единица силы света в системе СИ – **кандела** (свеча) **Кд**

1Кд – сила света, испускаемого с площади $1/600000\text{м}^2$ сечения полного излучателя (абсолютно черного тела) в перпендикулярном этому излучателю направлении при температуре излучателя, равной температуре затвердевания P_t , при давлении 101325 Па .



Сила света I характеризует мощность светового потока лампы Φ в телесном углу Ω .

Кандела

- **Кандела** (от лат. *candela* — свеча; русское обозначение: кд; международное: cd) — единица силы света, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ)
- Основные единицы: килограмм, метр, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела.
- Определена как «сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср».
- Принята в качестве единицы СИ в 1979 году XVI Генеральной конференцией по мерам и весам.
- Из определения следует, что значение спектральной световой эффективности монохроматического излучения для частоты $540 \cdot 10^{12}$ Гц равно 683 лм/Вт = 683 кд·ср/Вт *точно*.
- Выбранная частота соответствует длине волны $555,016$ нм в воздухе при стандартных условиях и находится вблизи максимума чувствительности человеческого глаза, располагающегося на длине волны 555 нм. Если излучение имеет другую длину волны, то для достижения той же силы света требуется большая энергетическая сила света

Сила света различных источников:

Источник	Мощность, Вт	Примерная сила света, кд
Свеча		1
Современная (2010 г.) лампа накаливания	100	100
Обычный светодиод	0,015..0,1	0,005..3
Сверхъяркий светодиод	1	1...30
Сверхъяркий светодиод с коллиматором	1	1500
Современная (2010 г.) люминесцентная лампа	22	120
Солнце	$3,83 \cdot 10^{26}$	$2,84 \cdot 10^{27}$

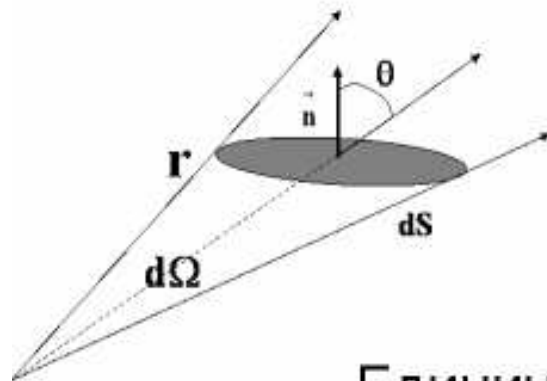
2  **Световой поток** – физическая величина, характеризующая «количество» световой энергии в соответствующем потоке излучения. Это мощность видимого излучения, оцениваемого по световому ощущению, которое оно производит на средний человеческий глаз. Его единица измерения – **люмен** (лм). Он равен световому потоку, излучаемому изотропным источником с силой света 1 Кд в пределах телесного угла 1стерадиан.

$$(1\text{лм} = 1\text{Кд} \cdot 1\text{ср})$$

Световому потоку 1лм (при $\lambda=555\text{ нм}$) соответствует поток энергии 0,0016 Вт – **механический эквивалент света**.

3 Освещенность – световой поток, падающий на элемент поверхности, характеризуется величиной :

$$E = \frac{d\Phi_{na\partial}}{dS}$$



Освещенность E связывает световой поток с площадью той поверхности, на которую этот поток падает.

Единица освещенности **1 люкс**
(1лк) = 1лм/1м².

Освещенность можно выразить через силу света:

$$d\Phi_{na\partial} = I \cdot d\Omega \quad \leftarrow \quad d\Omega = \frac{dS \cdot \cos \Theta}{r^2}$$

$$E = \frac{I \cdot \cos \Theta}{r^2}$$



Освещенность E .

- Производственное Освещение

Системы и виды освещения

При освещении производственных помещений используют:

естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющимся в зависимости от географической широты, времени года и суток и т.п.;

искусственное освещение, создаваемое искусственными источниками света (лампа накаливания, газоразрядная лампа и т.д.). Применяется при отсутствии или недостатке естественного;

совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Конструктивно естественное освещение подразделяют на:

- **боковое** (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах;
- **верхнее** – через аэрационные и зенитные фонари, проемы в кровле и перекрытиях;
- **комбинированное** – сочетание верхнего и бокового освещения.



Общее искусственное освещение – освещение, при котором светильники располагаются в верхней зоне помещения или применительно к расположению оборудования.

Различают следующие **системы**

искусственного освещения:

- **общее равномерное освещение** (световой поток распределяется равномерно по всей площади без учета расположения рабочих мест)

- **общее локализованное освещение** (с учетом рабочих мест)

Совокупность общего и местного освещений называют комбинированным освещением.

Применение одного местного освещения на рабочих местах запрещено!



По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется:

- **Рабочее освещение** — необходимо для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта. Является обязательным для всех производственных помещений



← рабочее производственное
освещение

- **Аварийное освещение** — необходимо для продолжения работы, когда внезапное отключение рабочего освещения (при авариях) могут вызвать взрыв, пожар, отравление людей и т.д.

аварийное производственное
освещение →



- **Эвакуационное освещение** – необходимо для обеспечения эвакуации людей из производственного помещения при авариях и при отключении рабочего освещения; организуется в местах опасных для прохода.
- **Источник эвакуационного освещения** должен быть независим и отдельно подключен к трансформаторной подстанции.
- **охранное освещение** – устраивается на территории, охраняемое специальным персоналом
- **сигнальное освещение** – необходимо для фиксации границ опасных зон; оно указывает на наличие опасности или на безопасный путь эвакуации
- **дежурное** – освещение вне рабочего времени.
- Условно также к производственному освещению относят **бактерицидное** (для обеззараживания воздуха, питьевой воды и т.д.) и **эритемное** (используется там, где недостаточно солнечного света) облучение помещений.



Требования к производственному освещению

- **Освещенность** на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, (который определяется объектом различения, фоном и контрастом объекта с фоном.)
- Величина **освещенности** должна быть постоянной (const).
- Необходимо обеспечить равномерное распределение **яркости на рабочей поверхности**, а также в пределах окружающего пространства.
- На рабочей поверхности должны отсутствовать **резкие тени**.
- В поле зрения должна отсутствовать **прямая и отраженная блескость**. Блескость – повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая ослепленность.
- Все элементы осветительных установок должны быть **долговечны, взрыво-, пожаро- и электробезопасны**.

Качественные показатели освещения

Объект различения – рассматриваемый предмет, отдельная часть его, который требуется различать в процессе работы (трещина в изделии, риска, буква).

Фон – это поверхность, на которой происходит различие объекта.

Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток.

Эта способность - коэффициент отражения ρ определяется:

Коэффициент отражения (ρ)

$$\rho = \frac{d\Phi_{\text{отр}}}{d\Phi_{\text{пад}}}$$

Значения коэффициента отражения находятся в пределах 0,02...0,95, при $\rho > 0,4$ фон считается **светлым**; при $\rho = 0,2...0,4$ – **средним** и при $\rho < 0,2$ – **темным**.

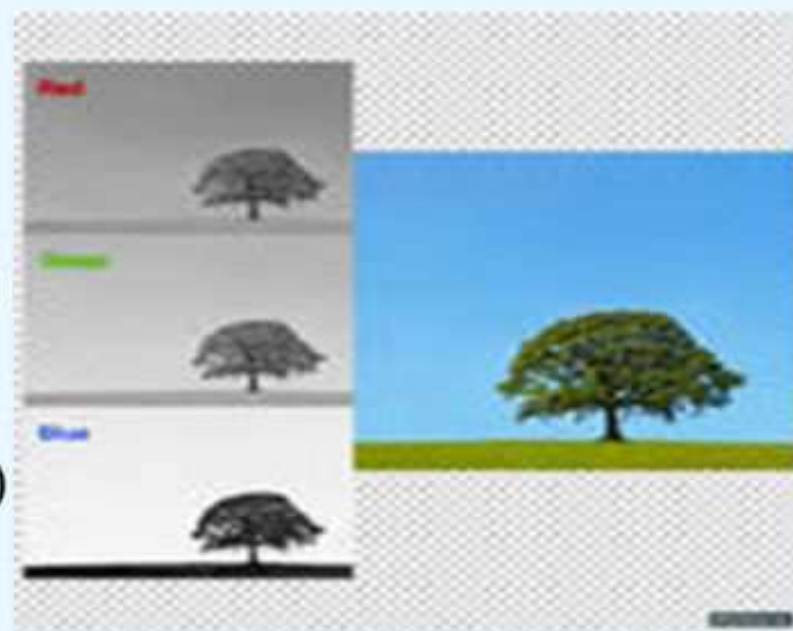
- **Контраст объекта с фоном k** – степень различия объекта и фона характеризуется соотношением яркостей или коэффициентов отражения рассматриваемого объекта и фона;

$$k = (L_{\Phi} - L_O) / L^* = |\rho_{\Phi} - \rho_O| / \rho^*,$$

- где L^* , ρ^* – наибольшее из значений яркостей или коэффициентов отражения.

Из 3 каналов, синий показывает наибольший контраст между объектом (дерево) и фоном (небо).

Наибольший контраст между черным (типографская краска и белым (бумага)



- **Коэффициент пульсации освещенности k_e** – это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока

$$k_e = 100 * (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}}, \text{ где } E_{\max}, E_{\min}, E_{\text{ср}}$$

где E соответственно максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний.

- **Видимость V** - способность – способность глаза воспринимать объект. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта различения с фоном

$$V = k/k_{\text{пор}}.$$

$k_{\text{пор}}$ - наименьший различимый глазом контраст

Коэффициент естественного освещения (КЕО) – отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке плоскости внутри помещения светом неба $E_{вн}$, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода $E_{нар}$ и выражается процентом

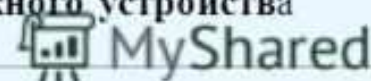
$$e = (E_{вн}/E_{нар}) * 100\%$$



Люксметр для измерения естественного освещения

Сравнение газоразрядных ламп и ламп накаливания

<i>Характеристика</i>	<i>Газоразрядная лампа</i>	<i>Лампа накаливания</i>
<i>Световая отдача, лм/Вт</i>	≤ 100	≤ 20
<i>Спектральный состав</i>	Близок к естественному	Доминирует желто-красная часть
<i>Срок службы, ч</i>	10000-14000	1000
<i>Пульсация светового потока, %</i>	25-65	7
<i>Надежность/простота</i>	Ниже, чем у ламп накаливания, высокая сложность	Простые, высокая помехозащищенность
<i>Вредные воздействия</i>	Стробоскопический эффект, содержит в себе вредные химические элементы, возможен шумовой эффект	Тепловой ожог при прикосновении, перегрев крепежного устройства



Нормирование искусственного и естественного освещения
(СНиП 23-05-95). В зависимости от размера объекта различения и характеристики зрительной работы все виды работ, связанные со зрительным напряжением делятся на 8 разрядов, которые в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на 4 подразряда.

Для естественного освещения Для искусственного освещения

Нормируется коэффициент естественного освещения КЕО, являющийся **относительной величиной** – коэффициент Естественной освещенности, т.е. нормируется та часть светового потока в %, которая проникает в помещение (на расстоянии 1м от окна и измерение $E_{внут}$ осуществляется на уровне 0,8 м от уровня пола).

$$e = (E_{вн} / E_{нар}) 100 \%,$$

для бокового освещения
нормируется мин значение КЕО, а
для верхнего и комбинированного –
среднее значение КЕО.

Согласно характеру выполняемых работ – разряду и подразряду работы: нормируемый показатель - E_{min} (люкс), т.е. **минимальная освещенность** на наиболее темном участке рабочей поверхности.

Нормируется 2 значения E_{min}
Для общего освещения и
комбинированного освещения

Системы естественного освещения

- Боковое освещение ;
 - Верхнее освещение ;
 - Комбинированное освещение .
-
- Эти величины в соответствии со СНиП II-4-79 (Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования -М, Стройиздат, 1980) нормируются.
 - Для выбора естественного освещения необходимо учитывать следующие факторы:
 - Характеристика зрительной работы;
 - Минимальный размер объекта различения с фоном;
 - Разряд зрительной работы;
 - Система освещения.
 - В зависимости от величины объекта различения с фоном все зрительные работы подразделяются на 8 разрядов.
 - **Разряд зрительной работы** — отношение минимального размера объекта различения с фоном к расстоянию от органов зрения до объекта различения.

Системы искусственного освещения

- общее;
- местное (локальное);
- комбинированное
- Может быть использовано в производственных помещениях общее и комбинированное, а одно местное использовать нельзя.
- Имеет место также освещение: - аварийное; - дежурное; - эвакуационное.
- СНиП II-4-79

Факторы, учитываемые при нормировании искусственного освещения:

- Характеристика зрительной работы;
- Минимальный размер объекта различения с фоном;
- Разряд зрительной работы;
- Контраст объекта с фоном;
- Светлость фона (характеристика фона);
- Система освещения;
- Тип источника света.
- Подразряд зрительной работы определяется сочетанием п.4 и п.5.

Характеристика зрительной работы	Наименьший или Эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд Зрит раб	Под раз рад зрит раб	Продолж раб, %	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк	Средний КЕО при Верхнем или верхнем и Боковом освещении	Минимальный КЕО при боковом освещении
<i>Различение объектов при фиксированной линии зрения СанПиН 2.2.1/2.1.1278-03</i>							
Очень высокой точности	0,1-0,3	А	1	5>70	500	4,0	1,5
			2	<70	400	3,5	1,2
Высокой точности	0,3-0,5	Б	1	>70	300	3,0	1,2
			2	<70	200	2,5	1,0
Средней точности	>0,5	В	1	>70	150	2,0	0,5
			2	<70	100	2,0	0,5

Нормы освещенности

Для сохранения зрения и создания нормальных условий труда необходимо поддерживать наиболее благоприятную освещенность.

Оптимальные нормы освещенности (лк)

- На рабочем месте для тонких работ - 200
- Для чтения - 100
- На рабочем месте для грубых работ - 30
- В коридорах и на лестницах - 15
- Проходы в помещениях - 10
- На улицах и площадях - 4
- Во дворах и подъездах - 2

Весьма специфические требования предъявляются к освещенности операционного поля в хирургии. Падающий на операционное поле свет должен создавать равномерную оптимальную освещенность при минимальном тепловом эффекте, не утомлять врача и не создавать тени.

Для этой цели применяются лампы специальной конструкции, так называемые *бестеневые лампы*.

- Спасибо за внимание