

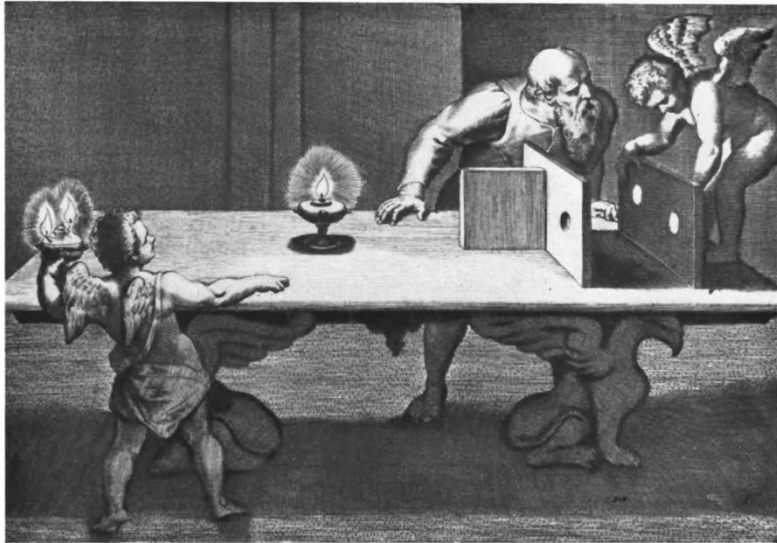
Литература

1. Ким К. К. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учебное пособие для вузов по направлениям подготовки в области техники и технологии. Издательство: Питер, 2010.
2. Справочная книга по светотехнике/ под ред. Ю. Б. Айзенберга. -2008
3. Гуревич М.М. Фотометрия. Л.: Энергоатомиздат, 1983. 272 с.

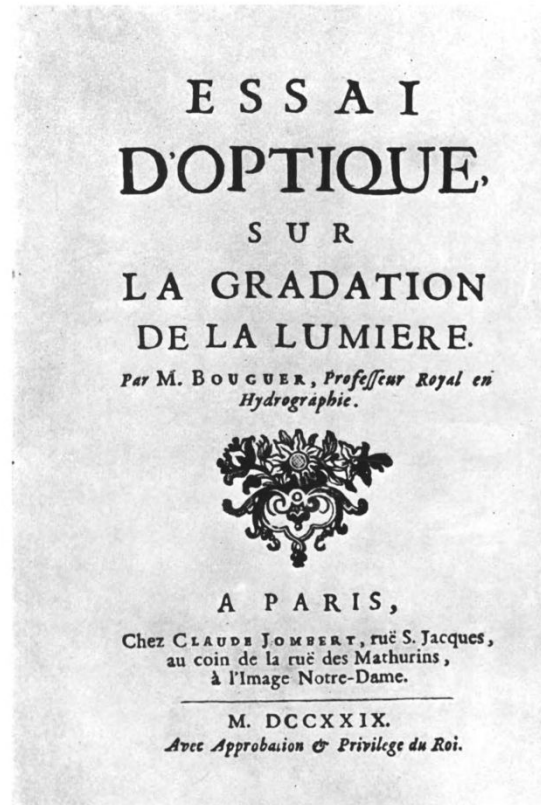
История измерений в светотехнике

Пьер Бугер (1698–1758)

Звездные величины – 2-й век до н.э.



П. Рубенс. Заставка в книге об оптике Францискуса Агвилониуса (1613 г.)



Титульный лист первой книги по фотометрии П. Бугера (1729 г.)

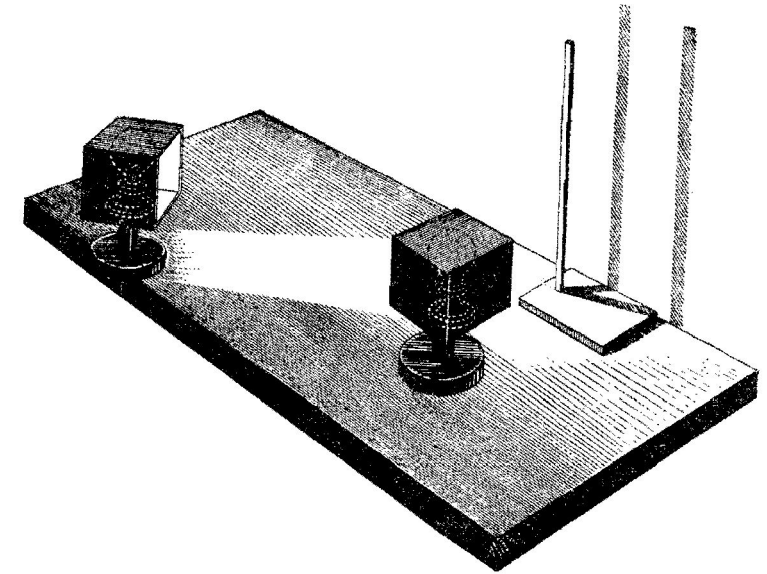
История измерений в светотехнике

Ламберт, Иоганн Генрих
(1728–1777)

«Фотометрия, или Об измерениях и сравнениях света,
цветов и теней» (1760)

В этом труде Ламберт устанавливает основные понятия фотометрии:

- сила света
- яркость источника света
- освещённость
- видимая яркость
- закон освещённости, которая оказывается обратно пропорциональной квадрату расстояния от точечного источника и в случае наклонного падения пучка лучей на освещаемую поверхность пропорциональна косинусу угла, образованного направлением пучка с нормалью к поверхности
- закон для силы света источника, которая пропорциональна яркости источника, площади светящейся поверхности и квадрату синуса угла наклона лучей к поверхности



Теневой фотометр, Ламберт (1760)
и Румфорд (1794)

Фотометрия как область метрологии

Измерение — это совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Физической величиной именуется одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них. Размером величины является ее количественная определенность, не зависящая от выбора единицы измерения. При заданном размере величины выбор единицы предопределяет значение величины, т. е. позволяет получить лишь различные значения одного и того же «количества» этой величины.

Метрология — это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Теоретическая метрология — это раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии.

Законодательная метрология — это раздел метрологии, предметом которой является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимой точности измерений в интересах общества.

Практическая (прикладная) метрология — это раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

Фотометрия как область метрологии

Единством измерений именуется их состояние, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерения известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Диапазон измерений СИ – область возможных значений измеряемой величины для данного СИ.

Градуировка средства измерений представляет собой определение зависимости между значениями величин на выходе и входе СИ, составленной в виде таблицы, графика или формулы.

Поверкой средств измерений называется установление органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованиям.

Калибровка СИ — это совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного СИ, и соответствующим значением величины, полученным с помощью эталона, с целью определения действительных метрологических характеристик этого СИ.

Фотометрия как область метрологии

Средством измерений (СИ) именуется техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической

величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Погрешность СИ – разность между показанием СИ и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

Точность измерений — одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения. Это означает, что высокая точность измерений соответствует малым погрешностям, и наоборот. Количественно точность может быть выражена обратной величиной модуля относительной погрешности.

Воспроизводимостью (результатов) измерений считается близость результатов измерений одной и той же

величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений.

Сходимость (результатов) измерений считается близость друг к другу результатов измерений одной и той

же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом в одинаковых

условиях и с одинаковой тщательностью.

Процесс измерения физической величины



Классификация средств измерения



Мера - средство измерений, предназначенное для воспроизведения и/или хранения физической величины одного или нескольких размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Измерительный преобразователь - это средство измерений, предназначенное для преобразования сигналов измерительной информации в форму, удобную для дальнейшего преобразования, передачи, обработки, хранения

Измерительный прибор - это средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне ее измерения и выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем

Измерения в СВЕТОТЕХНИКЕ

Измерение энергетических величин, характеризующих излучение, называется **радиометрией**

Измерение энергетических величин, характеризующих оптическое излучение, называется **оптической радиометрией**

Фотометрия – измерение света (в буквальном переводе)

Измерение величин, характеризующих излучение по производимому им зрительному ощущению (в условиях, определяемых известными соглашениями), именуется **фотометрией**.

Колориметрией называется измерение цвета, основанное на свойствах глаза и выполняемое в соответствии с международными соглашениями

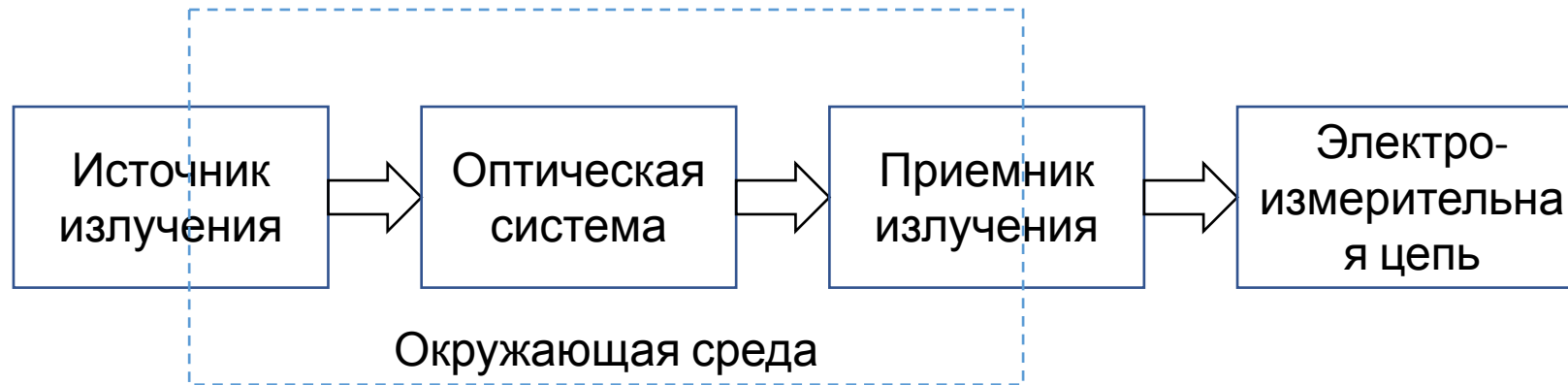
Спектрофотометрией называется, в основном, измерение отношения двух спектральных величин, характеризующих излучение или образец

Спектрорадиометрия имеет дело, главным образом, с измерением спектральной плотности энергетической величины, характеризующей излучение

Оптическая пирометрия – совокупность методов измерения температуры тел, основанных на законах теплового излучения

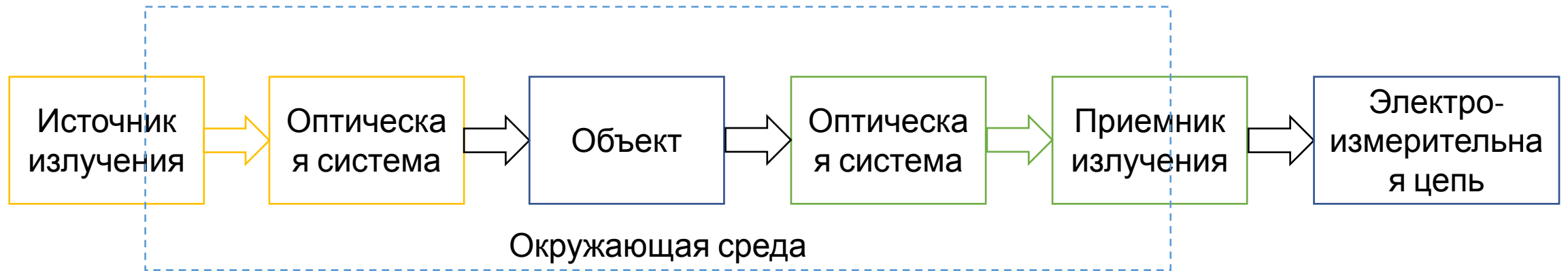
Обобщенная схема фотометрических измерений

Измерение характеристик источников и приемников излучения



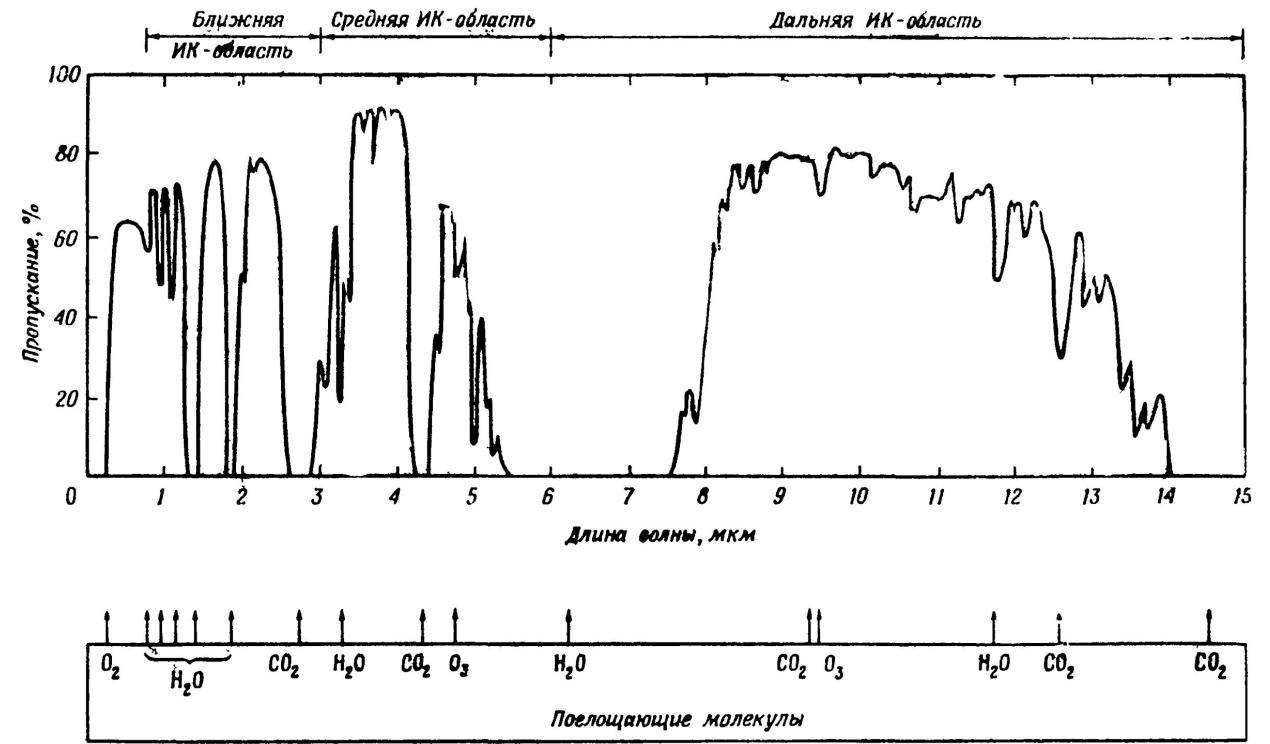
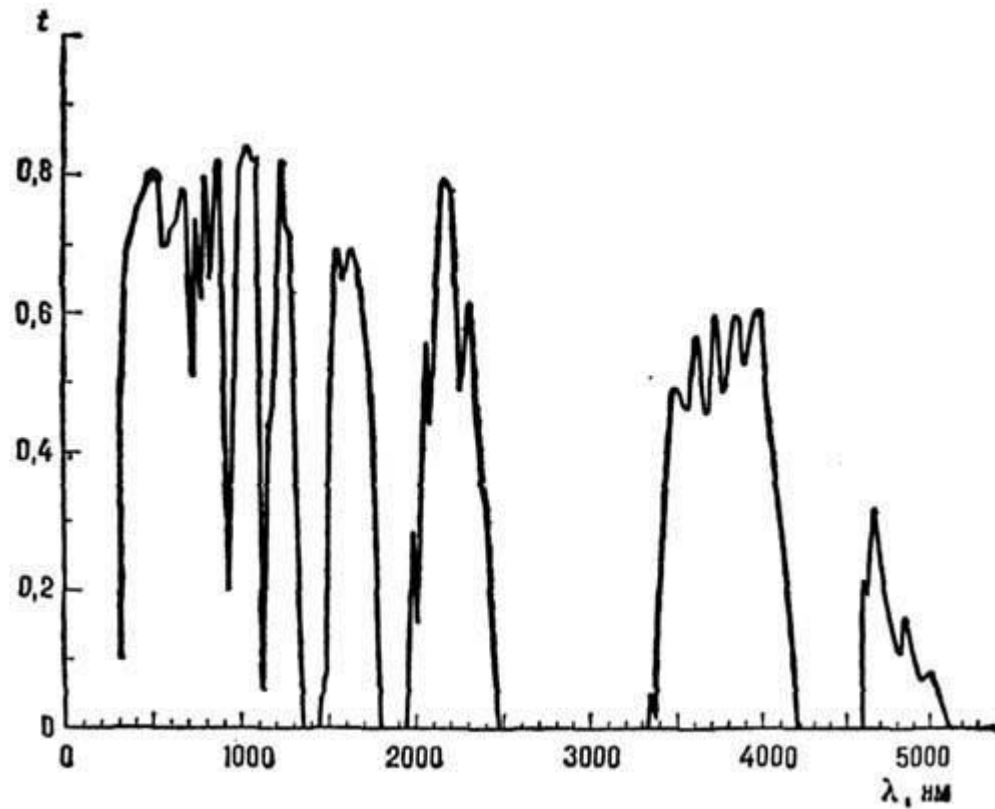
Обобщенная схема фотометрических измерений

Измерение характеристик несамосветящихся объектов



Обобщенная схема фотометрических измерений

Прозрачность атмосферы



Классификация измерений

По назначению

- **эталонные измерения** – измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники. В этот класс включены все высокоточные измерения и в первую очередь, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин
- **контрольные (контрольно-поверочные, метрологические)** – измерения с заранее заданной величиной погрешности
- **технические (рабочие)** – измерения, погрешность которых определяется применяемыми СИ

По способу получения результата

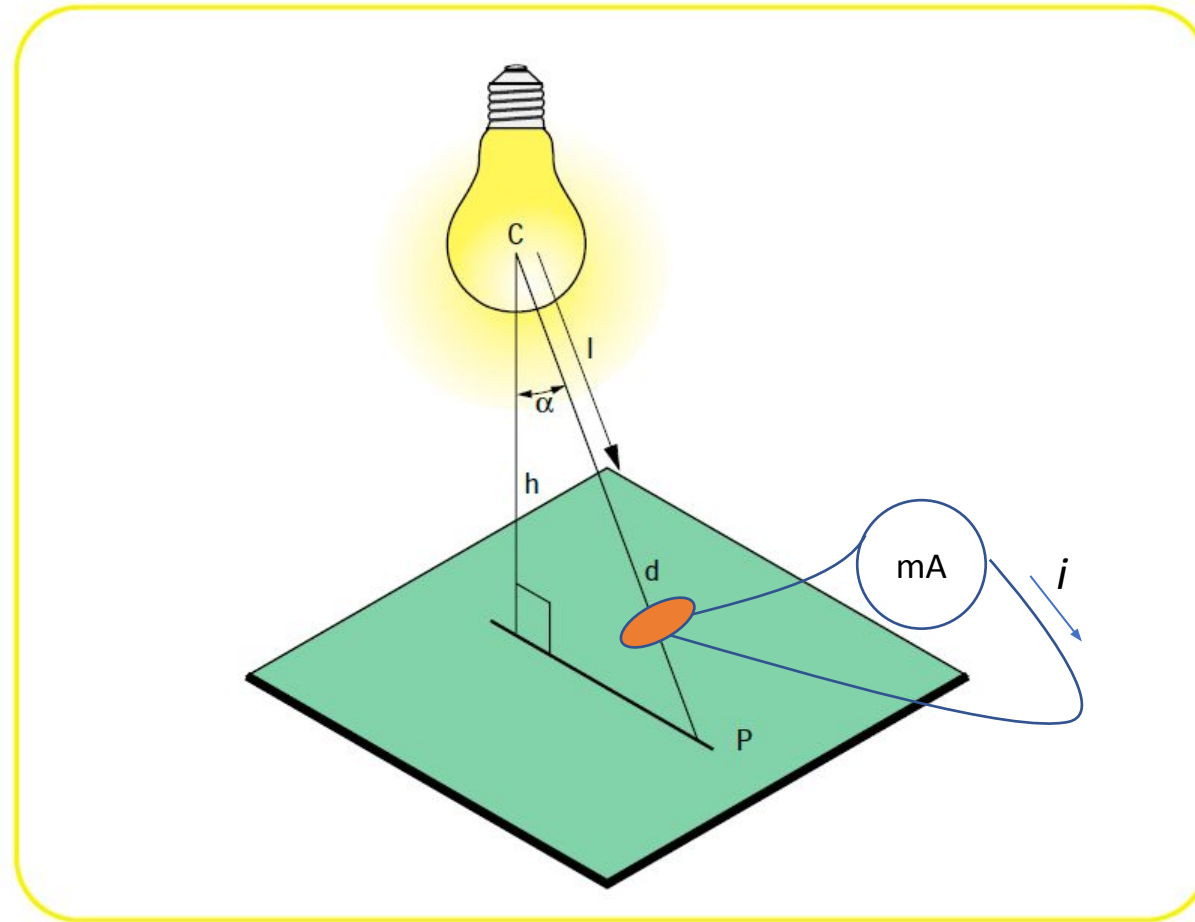
- **прямые измерения** – искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных сравнением данной величины с мерой этой величины или из отсчета показаний средства измерений, градуированного в единицах этой величины

$$Y = cX$$

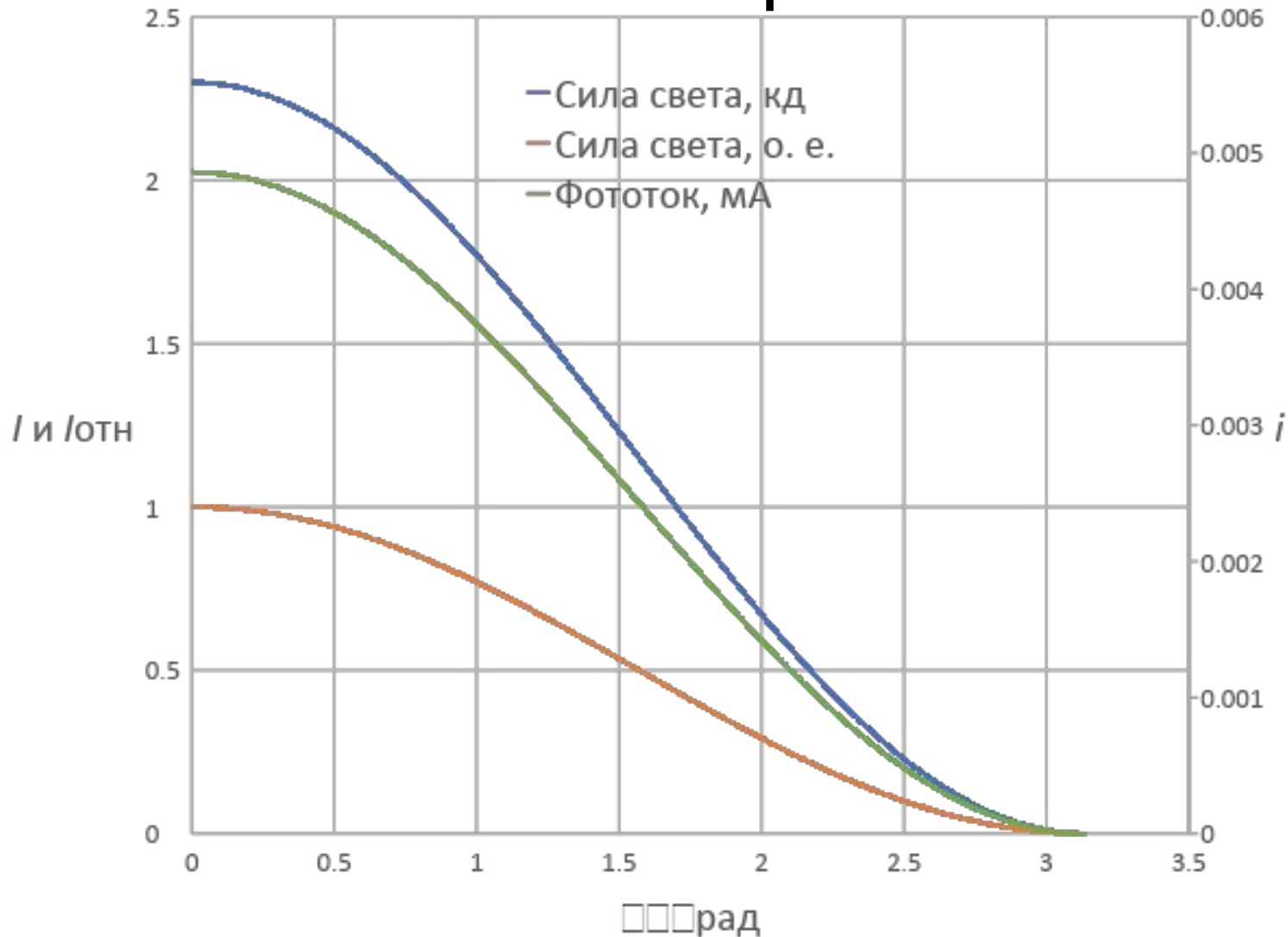
- **косвенные измерения** – искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и другими величинами, подвергаемыми прямым измерениям

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n,)$$

Пример измерения освещенности



Классификация измерений



По способу представления результата

- произвольные единицы

$$i(\alpha)$$

- абсолютные единицы

$$I(\alpha) \propto i(\alpha) \quad I(\alpha) = Ci(\alpha), [\text{кд}]$$

- относительные единицы

$$I_{\text{отн}}(\alpha) = \frac{I(\alpha)}{\max[I(\alpha)]}$$

Методы измерений

В методах непосредственной оценки измеряемая величина предварительно преобразуется в промежуточную величину, которая затем сравнивается с мерой этой величины.

Метод сравнения состоит в сравнении размера измеряемой величины с размером, воспроизводимой меры

Измерительный прибор – компаратор

При дифференциальном методе сравнения разность размеров измеряемой величины и величины известной, воспроизводимой мерой, измеряется с помощью измерительного прибора

$$X = X_{\text{эт}} + \Delta X$$

При нулевом методе сравнения разность между размерами измеряемой и известной величин в процессе измерения сводится к нулю, что фиксируется высокочувствительным прибором – нуль-индикатором

$$\Delta X = 0$$

Методы измерений

Нулевой метод сравнения лежит в основе визуальной фотометрии

фотометрическая

