

Министерство Образования и Науки Республики Казахстан
Евразийский национальный университет имени Л.Н Гумилева



Лазеринесценция

Выполнил: студент 4-го курса Исатаев Н.О.

Проверил: профессор Абдиходжа Ж.М.

Астана 2016 год

I. Определение люминесценции и её виды

- ➔ **Люминесценция тела** - это **избыточное** излучение над **температурным** (тепловым), длительность которого значительно превышает период световых колебаний
- ➔ период световых колебаний : $\tau \sim 10^{-15} \text{ с}$
- ➔ **Люминесценция тела (холодное свечение)** – отличается от свечения нагретых тел, она происходит без нагревания
- ➔ Люминесцируют только **электронно-возбужденные молекулы**

Люминесценция – это спонтанное электромагнитное излучение в видимом диапазоне длин волн (400-700нм), избыточное при данной температуре над тепловым излучением тела, длительность которого превышает период световых волн. Люминесценция – холодное свечение.

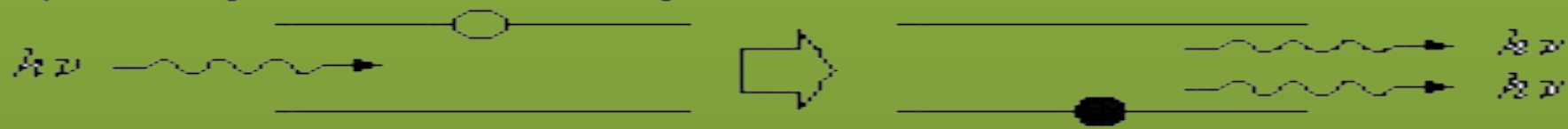
а) Поглощение



б) Спонтанное излучение



в) Вынужденное излучение



● — невозбужденный атом

○ — возбужденный атом

Рис. 2 Спонтанные и вынужденные переходы

Виды люминесценции (по способу возбуждения молекул):

- 1. Фотолюминесценция** - возбуждение видимым или УФ излучением
- 2. Рентгенолюминесценция** - возбуждение рентгеновским излучением
- 3. Катодолюминесценция** - удары быстрых электронов (экран телевизора)
- 4. Хемилюминесценция** - в химических реакциях
- 5. Биолюминесценция** - в биохимических реакциях
- 6. Сонолюминесценция** - возбуждение звуком или УЗ.

электролюминесценци

я



Возбуждение за счет энергии заряженных частиц, разгоняющихся в электрическом поле



Примеры:
Полярное сияние,
рекламные трубки

фотолюминесценци

я



Возбуждение за счет внешнего излучения



Примеры:
лампы дневного
света

катодолюминесценци

я

Возбуждение за счет химических процессов в твердых телах (люминофорах) при их бомбардировке электронами, движущимися с высокими скоростями.

Люминесцентные лампы, телевизионные трубки, оптические отбеливатели, флюоресцирующие краски, активные среды в лазерах.

хемилюминесценция

Свечение, возникающее за счет энергии химических реакций.

Свечение живых организмов, растений при разложении.

II. Фотолюминесценция молекул. Законы люминесценции

Фотолюминесценция (люминесценция)



флуоресценция

(кратковременное послесвечение)

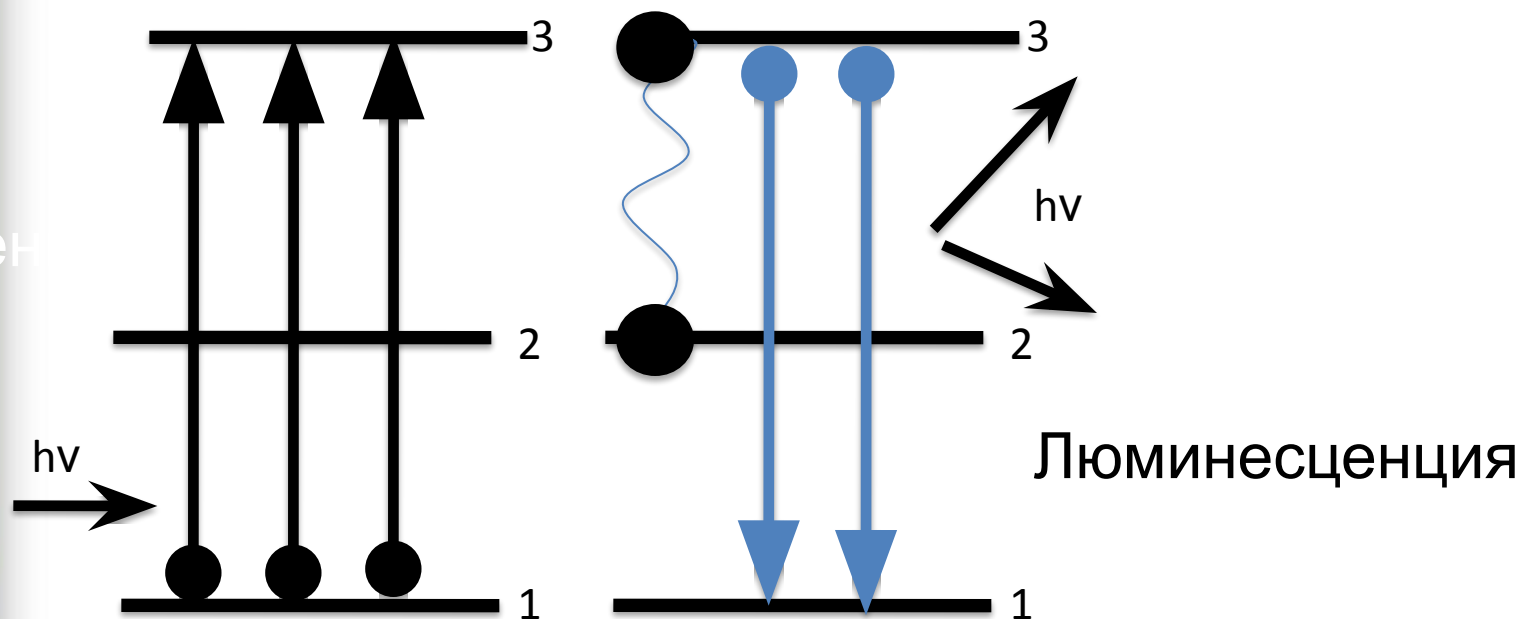


Фосфоресценция

(длительное послесвечение)

Энергетический и квантовый выход люминесценции

Поглощен



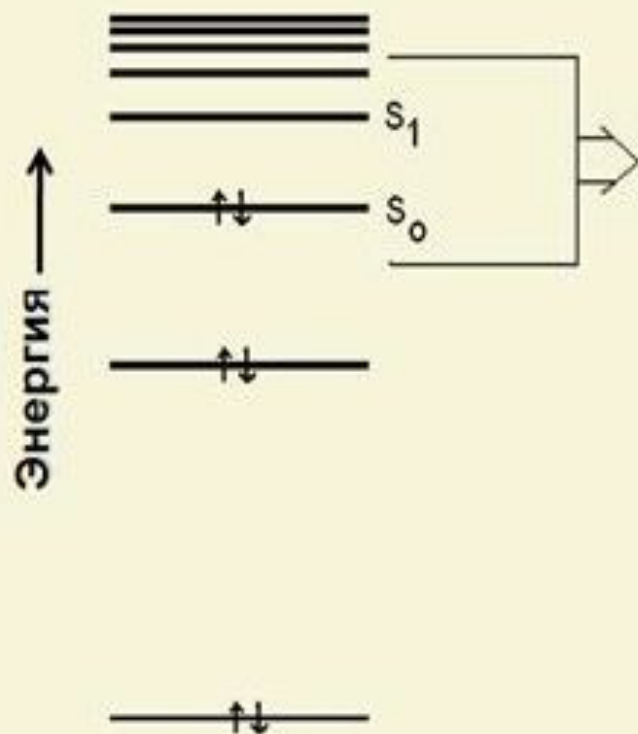
Фотолюминесценция возникает за счет поглощаемой энергии возбуждающего света. Однако лишь часть ее превращается в энергию люминесценции. Эффективность этого процесса принято характеризовать выходом люминесценции. Различают энергетический и квантовый выход люминесценции.

$V_{\text{ЭН}} = E_{\text{л}} / E_{\text{п}}$ – энергетический выход люминесценции

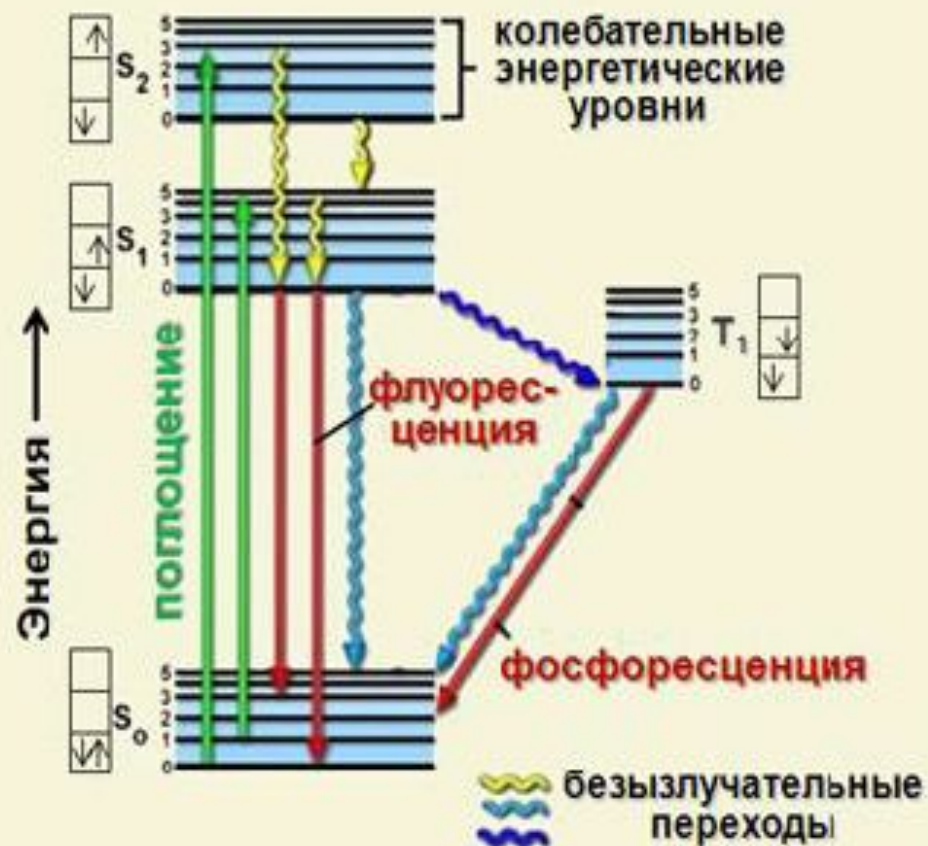
$V_{\text{ЭКВ}} = N_{\text{л}} / N_{\text{п}}$ – квантовый выход люминесценции

Электронные энергетические уровни молекул и переходы между ними

А) Электронные энергетические уровни молекулы с системой из трех сопряженных двойных связей



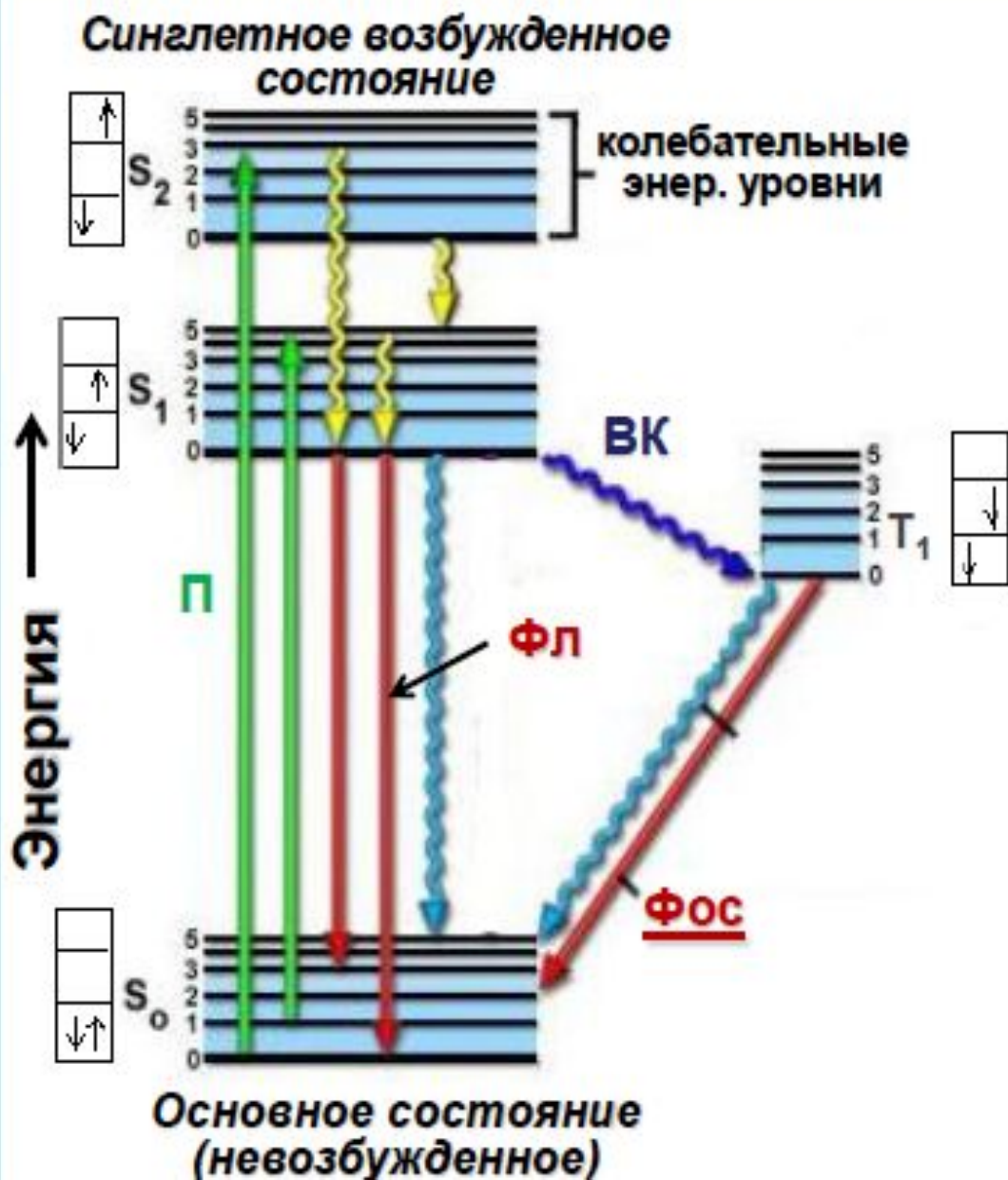
Б) детализированный фрагмент схемы слева



S – синглетные энергетические уровни

T_1 – триплетный уровень

Пути растраты энергии в молекулах



S - синглетные состояния

T_1 - триплетное возбужденное состояние

П - возбуждение (поглощение), 10^{-15} сек

Безызлучательные переходы

Фл - флуоресценция ($10^{-9} - 10^{-7}$ сек)

Фос - фосфоресценция ($10^{-3} - 10^2$ сек)

➔ Из основного (невозбужденного) состояния S_0 , поглотив квант света, молекула может перейти на разные колебательные подуровни электронных орбиталей (уровни возбужденных синглетных состояний S_1, S_2, \dots).

➔ Время жизни молекулы в возбужденном синглетном состоянии (S_1, S_1, \dots): $\tau \sim 10^{-9} - 10^{-8}$ с

➔ Поглощение – переход молекулы из основного состояния S_0 в возбужденные синглетные состояния S_1, S_2, \dots

Переходы молекулы из возбужденных состояний $S_1, S_1 \dots S_n$ в основное состояние S_0

а) Растрата энергии возбужденного состояния на тепло без излучения кванта света (безызлучательный переход, внутренняя конверсия)

б) Переход из состояния S_1 в S_0 с высвечиванием флуоресценции (Фл)

Переход может происходить на разные колебательные подуровни S_0 , поэтому, в спектре флуоресценции будет тонкая структура

в) обращение спина электрона на орбитали S_1 , переход молекулы в триpletное возбужденное состояние T

➡ Время жизни молекулы в триpletном возбужденном состоянии T: $\tau \sim 10^{-4-10}$ с до нескольких секунд

➡ **Спектр люминесценции** - зависимость интенсивности люминесценции I_{λ} от длины волны λ люминесценции

➡ **Спектр возбуждения люминесценции** - зависимость интенсивности люминесценции I_{λ} от длины волны λ возбуждающего света

Энергия квантов: $E = h\nu$

$$E_{\text{погл}} > E_{\text{флуор}} > E_{\text{фосф}}$$



$$\lambda_{\text{погл}} < \lambda_{\text{флуор}} < \lambda_{\text{фосф}}$$

Закон Стокса:

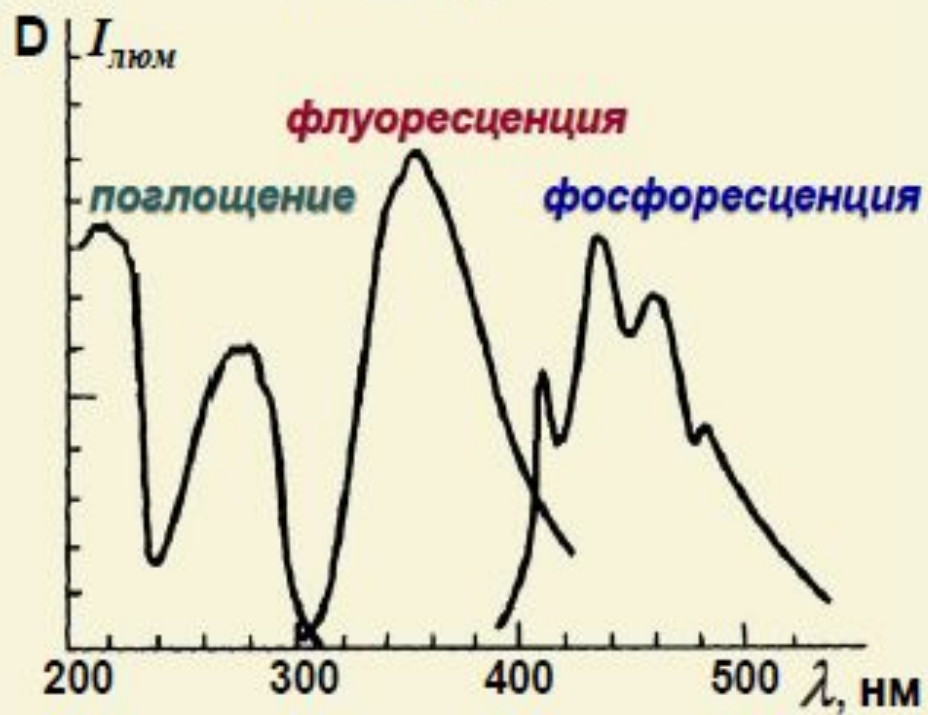
Спектр **флуоресценции** лежит в более длинноволновой области по сравнению со **спектром поглощения** того же вещества

Правило Каши:

Спектр **флуоресценции** (и фосфоресценции) не зависит от длины волны возбуждающего света

Закон Стокса

триптофан



III. Квантовый выход люминесценции

Квантовый выход люминесценции φ_L :

$$\varphi_L = \frac{\text{Число излученных квантов люминесценции}}{\text{Число поглощенных квантов}}$$

$$\varphi_L = \frac{I_L}{I_{\text{погл}}} = \frac{I_L}{I_0 - I}$$

$$0 \leq \varphi_L \leq 1$$

I_L - интенсивность люминесценции

$I_{\text{погл}}$ - интенсивность поглощенного света

I_0 - интенсивность возбуждающего света

I - интенсивность прошедшего через образец света

Закон Вавилова:

квантовый выход люминесценции не зависит от длины волны возбуждения люминесценции

IV. Применение люминесценции в медицине

1. Люминесцентный анализ – определение природы и состава вещества по спектру его люминесценции

качественный:

Определение наличия или отсутствия молекул по положению максимумов (λ_{max}) в спектре люминесценции

количественный:

Определение концентрации веществ по интенсивности люминесценции:

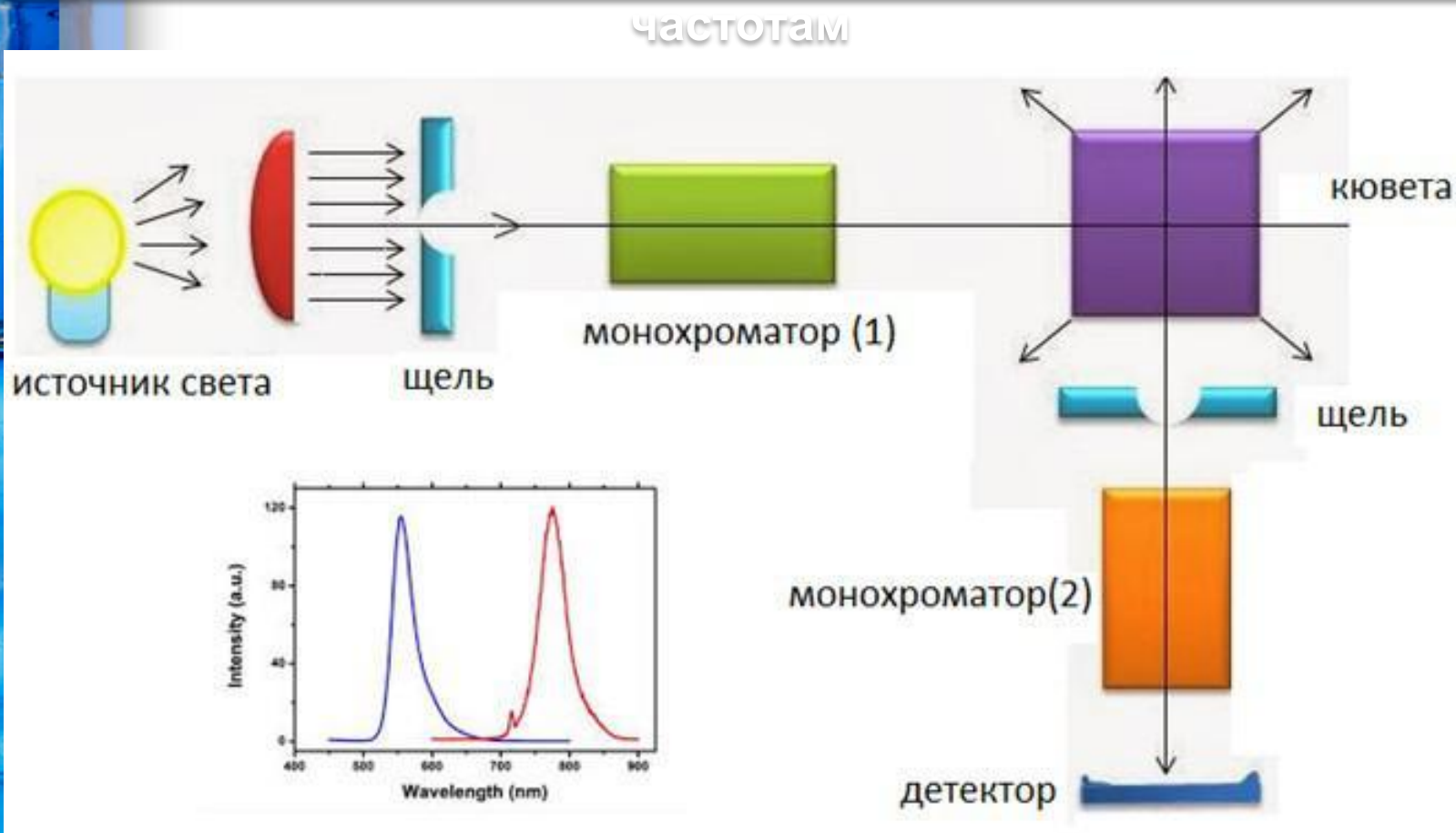
$$I_{\text{л}} \approx k \varphi I_0 D = k \varphi I_0 \varepsilon c l$$

если оптическая плотность $D < 0,1$

k – коэффициент чувствительности прибора

Измерение спектров люминесценции

Спектр люминесценции – это функция распределения излучающей веществом энергии по длинам волн или частотам



Литература

- Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. Молекулярная люминесценция. 1989 г.
- Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Молекулярная спектроскопия
- В.И. Малышев. Введение в экспериментальную спектроскопию. 1979.
- Пржеvusкий А.К., Никоноров Н.В. Конденсированные лазерные среды - Санкт-Петербург: , 2009.
- Звелто О. Принципы лазеров. 2008.
- Айхлер Ю., Айхлер Г.И. Лазеры. Исполнение, управление, применение. 2008.