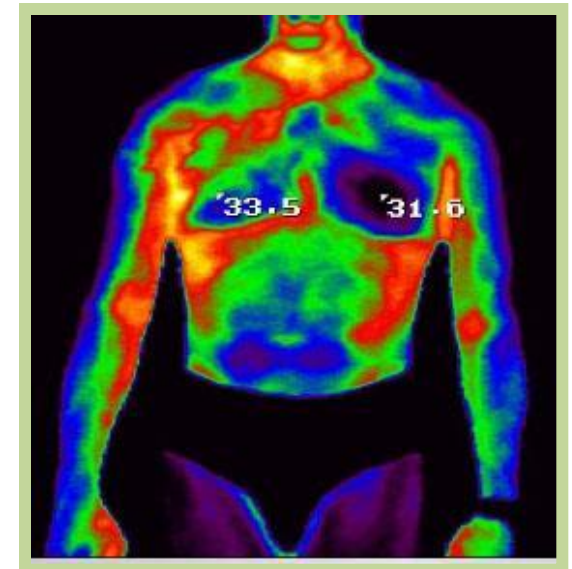
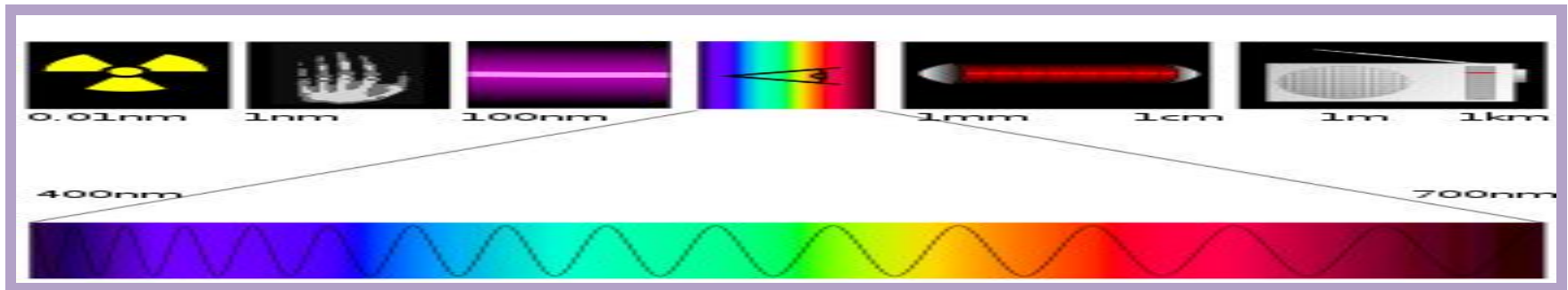


Тепловое излучение тел



Шкала электромагнитных волн



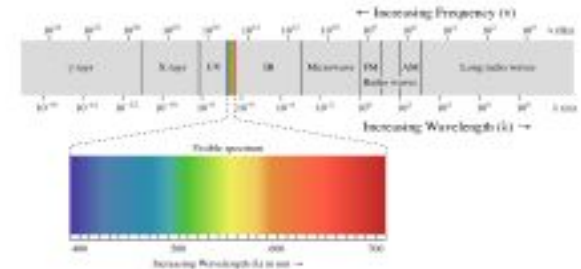
I Радиоволны до 1 мм

II ИК излучение (инфракрасное излучение)

1 мм – 760 нм

III Видимое 760 нм – 400 нм

$\lambda_{\text{зелен}} = 555 \text{ нм}$ красн Фиол.



IV УФ излучение (ультрафиолетовое излучение):

400 нм – 20 нм

V Рентгеновское излучение 80 – 10^{-5} нм

VI γ -излучение $\lambda < 0,1 \text{ нм}$

Тепловое излучение

Тепловое излучение- это электромагнитное (э/м) излучение, которое испускают **все !** тела, температура которых выше абсолютного нуля за счет своей внутренней энергии.

ВОПРОС: Это ионизирующее излучение?

Ответ: Это **неионизирующее** излучение

ТЕСТ:

Укажите температуру, при которой **может** наблюдаться **тепловое излучение**:

А. 25°C Б. -35°C В. 10 K Г. 700 K

Характеристики теплового излучения

1. Поток излучения Φ – это средняя **мощность** излучения.

Поток излучения – это энергия всех длин волн, излучаемых за 1 с

$$\Phi = \frac{E}{t}$$

[Вт]

2. Энергетическая светимость R - поток излучения, испускаемый 1 м^2 поверхности тела.

Или: это энергия всех длин волн, излучаемых за 1 с с 1 м^2

$$R = \frac{\Phi}{S}$$

$$\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$$

Синоним:

$$R = \frac{E}{t \cdot S}$$

Интенсивность
излучения

3. Спектральная плотность энергетической светимости

r_λ - это отношение энергетической светимости узкого участка спектра dR_λ к ширине этого участка $d\lambda$.

$$r_\lambda = \frac{dR_\lambda}{d\lambda}$$

$$\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3} \right]$$

Для
определенной
длины волны

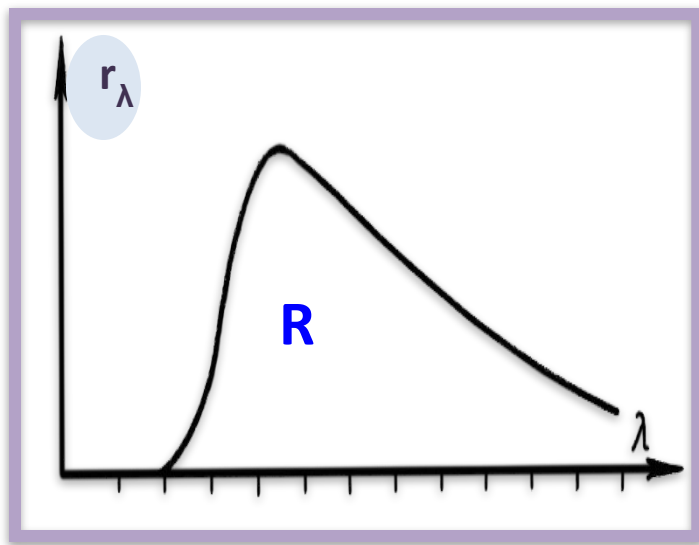
r_λ - это энергия излучения с 1м^2 в 1 с в интервале **от λ до $\lambda + \Delta\lambda$** .

r_λ показывает, **какую долю** тепловое излучение данной λ составляет от общего теплового излучения источника.

3.1 Спектральная
плотность
энергетической
светимости черного
тела

ϵ_λ

Спектр излучения сплошной.



Спектр излучения – это зависимость спектральной плотности энергетической светимости от длины волны: $r_\lambda = f(\lambda)$

r_λ зависит от λ , T , химического состава тел.

ВОПРОС:

Что характеризует площадь под графиком?

$$R_\bullet = \int_0^{\infty} r_\lambda \cdot d\lambda$$

4. Коэффициент поглощения

α :

α равен отношению потока излучения поглощенного телом к падающему потоку. Он зависит от λ

$$\alpha = \frac{\Phi_{\text{погл}}}{\Phi_{\text{пад}}}$$

Монохроматический коэффициент

α_λ

$$0 \leq \alpha_\lambda \leq 1$$

$$\alpha_\lambda = \frac{\Phi_{\text{погл}}(\lambda)}{\Phi_{\text{пад}}(\lambda)}$$

α_λ зависит от λ , T , химического состава тел.

Обзор

1. Поток излучения Φ

2. Энергетическая светимость

R

3. Спектральная плотность энергетической светимости

r_λ

3.1 Спектральная плотность энергетической светимости черного тела

ϵ_λ

4. Монохроматический коэффициент поглощения

α_λ

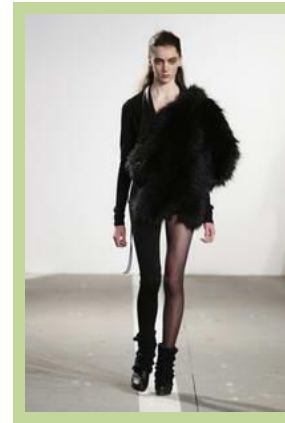
ВОПРОСЫ:

Монохроматический коэффициент поглощения

α_λ

Сажа, черный бархат, черный мех.

Чему равен ? α_λ



$$\alpha_\lambda = 1$$

Зеркало, белый материал.

Чему равен α_λ



$$\alpha_\lambda = 0$$

Чайник закопченный и не закопченный. Где больше α ?
А в каком закипит быстрее?



Закопченный

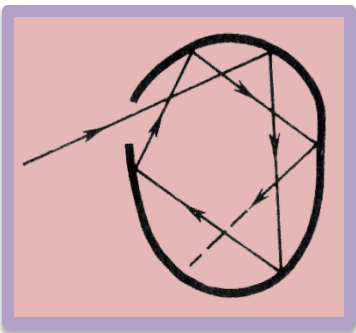
Черное тело



Черное тело – это тело, которое **полностью погло** весь падающий на него поток излучения.

Коэффициент поглощения α_λ и **не зависит** от длины волны излучения.

Модель черного тела – это непрозрачный сосуд с небольшим отверстием, **стенки** которого имеют **одинаковую температуру**.



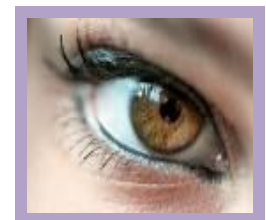
Через некоторое время стенки сосуда поглощают луч полностью.

ПРИМЕР: сажа,
платиновая чернь



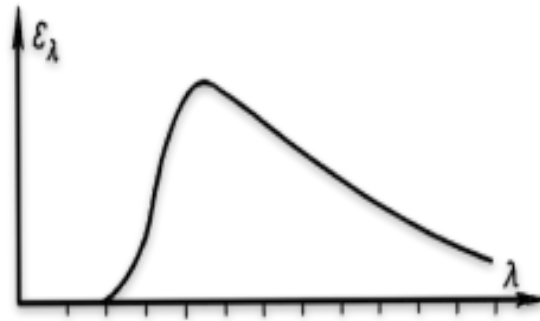
ВОПРОС:

Почему **зрачок** нашего глаза кажется черным ?



Свойства черного тела

1. Коэффициент поглощения черного тела $\alpha_\lambda = 1$.
2. Коэффициент поглощения черного тела *не зависит* от длины волны излучения λ .
3. **Спектр излучения черного тела сплошной.**



Для **черного тела** r_λ - спектральная плотность энергетической светимости
обозначается ϵ_λ

4. Черное тело – самый совершенный излучатель.

Серые тела

Серое тело – это тело, для которого коэффициент поглощения **меньше 1** и **не зависит** от длины волны λ излучения.

$$\alpha_{\lambda} < 1$$

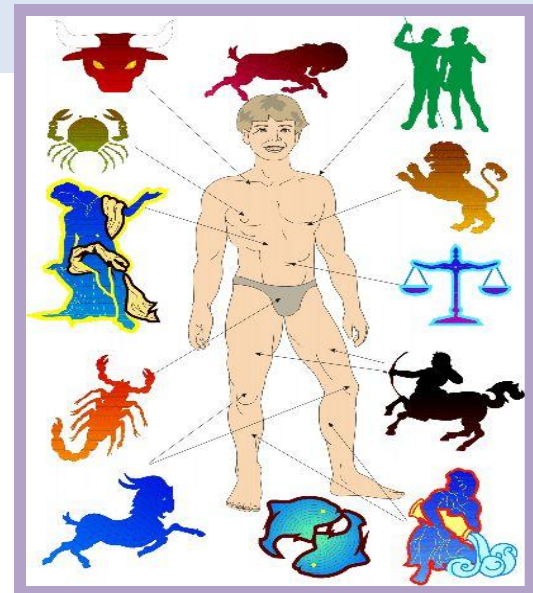
Коэффициент поглощения α всех реальных тел зависит от λ и T (их поглощение селективно), поэтому их можно считать *серыми* лишь в определенных интервалах длин волн и температур, где α приблизительно постоянен.

ПРИМЕР: каменный уголь

$$\alpha_{\lambda} = 0,8$$



Тело
человека
 $\alpha_{\lambda} 0,9$



Законы теплового излучения

Для всех тел

Закон Кирхгофа

$$\frac{r_{\lambda}}{\alpha_{\lambda}} = \varepsilon_{\lambda}$$

Для черного тела

Формула
Планка

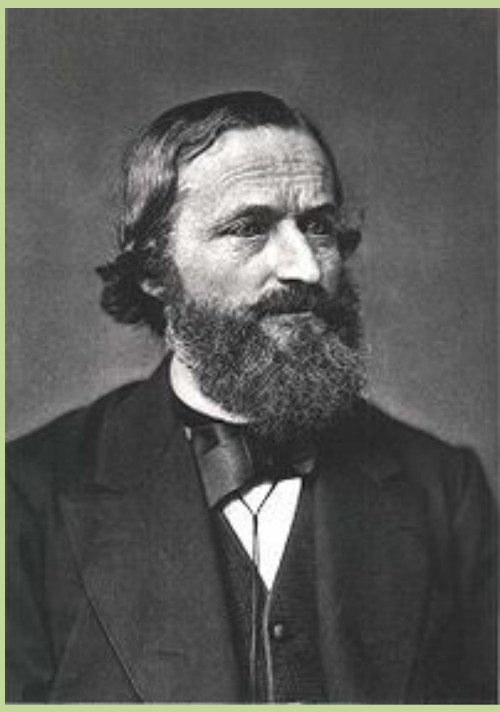
$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp[hc/(kT\lambda)] - 1}$$

Закон
Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

Закон Стефана - Больцмана

$$R = \sigma T^4$$



Густав Кирхгоф

1824 - 1887

3. Спектральная Повторение

плотность
энергетической
светимости

r_λ

3.1 Спектральная
плотность
энергетической
светимости черного
тела

ε_λ

4. Коэффициент
поглощения

α_λ

Закон Кирхгофа

1859 г.

$$\frac{r_\lambda}{\alpha_\lambda} = \varepsilon_\lambda \quad \left[\frac{r_\lambda}{\alpha_\lambda} \right]_1 = \left[\frac{r_\lambda}{\alpha_\lambda} \right]_2 = \dots = \frac{\varepsilon_\lambda}{1}$$

Закон связывает способности тела *излучать и поглощать* энергию

При одинаковой температуре отношение спектральной плотности энергетической светимости тел к r_λ монохроматическому коэффициенту поглощения для всех тел одинаково и равно спектральной плотности энергетической светимости черного тела при той же температуре.

ε_λ

или

$$r_{\lambda} = \alpha_{\lambda} \cdot \varepsilon_{\lambda}$$

Выводы:

1. $r_{\lambda} < \varepsilon_{\lambda}$, так как $\alpha_{\lambda} < 1$

2. Если $\alpha_{\lambda} = 0$ $r_{\lambda} = 0$

3. Тело, которое лучше поглощает,
должно интенсивнее и излучать.

$$\uparrow r_{\lambda} = \alpha_{\lambda} \uparrow \cdot \varepsilon_{\lambda}$$

4. Самый совершенный излучатель –
черное тело $\alpha_{\lambda} = 1$

Повторение

3. Спектральная
плотность
энергетической
светимости r_{λ}

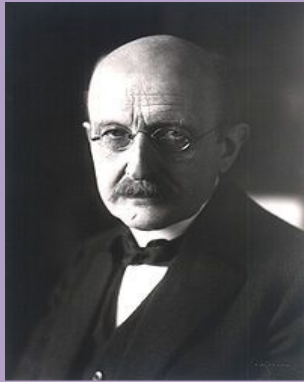
3.1 Спектральная
плотность
энергетической
светимости черного
тела ε_{λ}

4. Коэффициент
поглощения α_{λ}

Законы излучения черного тела

• Формула Планка

1900 г.



Макс Планк
1858 — 1947

Установила в явном ! виде вид функции в зависимости ϵ_λ λ и T



3.1 Спектральная ^{Повторение}
плотность
энергетической
светимости черного
тела ϵ_λ

До Планка считали, что энергия испускается

непрерывно и

→ УФ катастрофа

УФ катастрофа – парадокс классической физики.

Гипотеза Планка: энергия испускается порциями = квантами, то есть дискретно.

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp[hc / (kT\lambda)] - 1}$$

ε_{λ} - **спектральная плотность энергетической светимости** **черного тела**

k – постоянная Больцмана

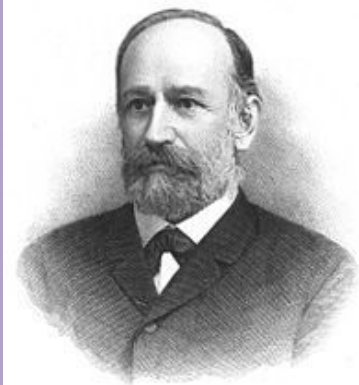
c - скорость света в вакууме

h – постоянная Планка

λ - длина волны

T – термодинамическая температура

1879 г



Йозеф Стефан
1835 – 1893

Закон Стефана - Больцмана

$$R = \sigma T^4$$

Энергетическая светимость
черного! тела прямо
пропорциональна четвертой
степени его
термодинамической
температуры.

ВОПРОС:

Если T увеличить в 2
раза, интенсивность
излучения возрастет
в....

Постоянная Стефана -
Больцмана

$$\sigma \approx 5,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$$

16 раз

1884 г



Бóльцман
1844 — 1906

Повторение

1. Поток излучения Φ

2. Энергетическая
светимость R

3. Спектральная
плотность
энергетической
светимости

r_λ

Для серых тел

$$R = \delta T^4$$

δ приведенный
коэффициент излучения

$$\delta = 5,1 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$$

Решение:

$$R = \sigma \cdot T^4$$

$$dR = 4\sigma T^3 dT$$

$$\frac{dR}{R} = 4 \frac{dT}{T}$$

$$R = \alpha \sigma T^4$$

Задача:

Докажите, что относительное изменение энергетической светимости тела больше относительного изменения температуры излучающей поверхности в 4 раза.

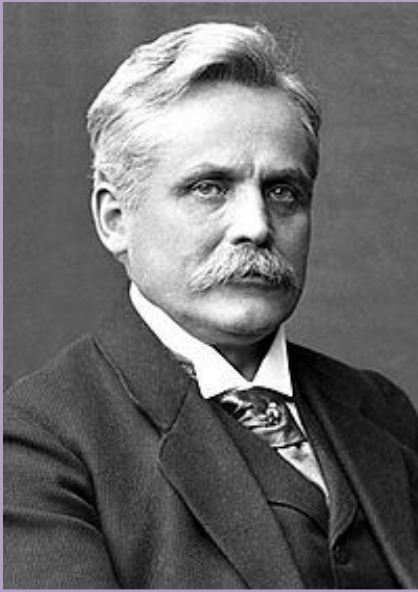
ВОПРОС:

Если T увеличилась на 1%,
интенсивность свечения
возросла на...

4%

T на
0,5%

На 2%



Вильгельм Вин
1864 - 1928

Закон Вина

1893 г.

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

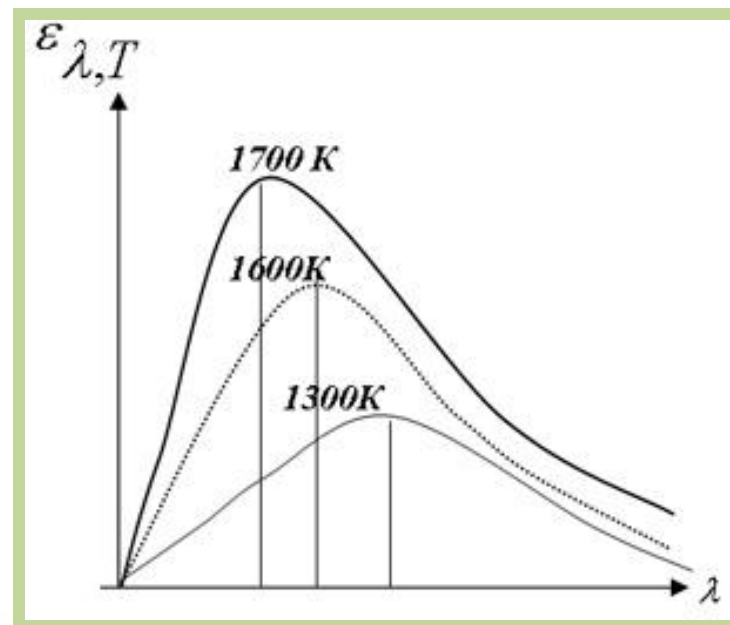
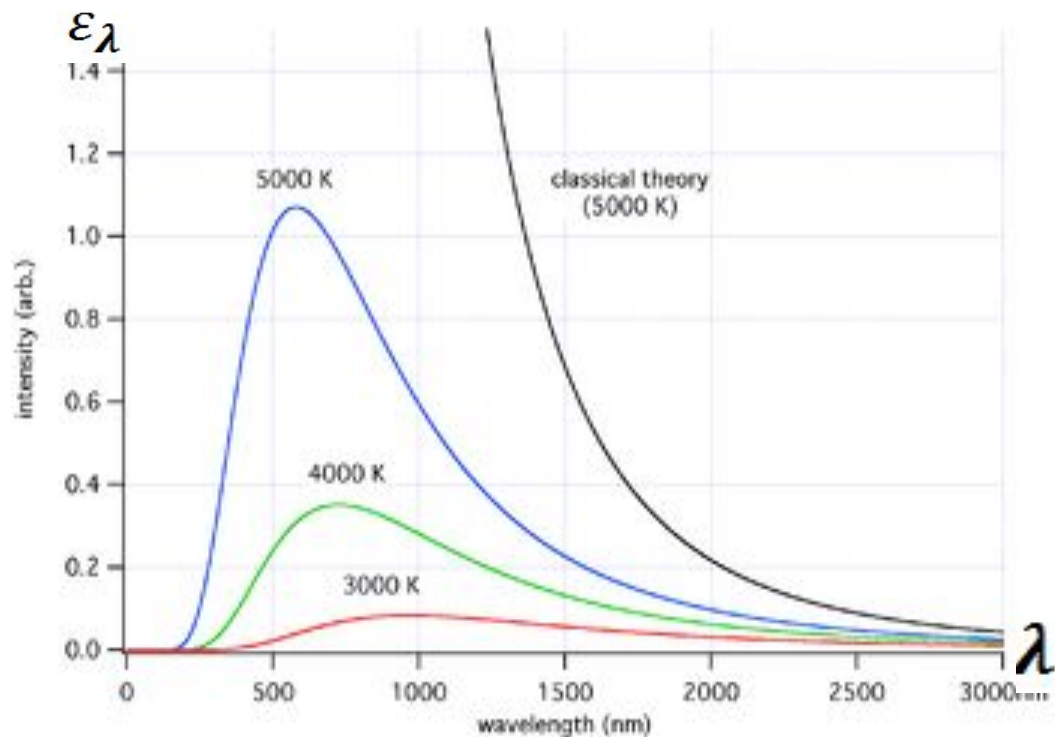


1911 г.

Длина волны ,на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости черного тела , обратно пропорциональна его термодинамической температуре.

$$b \approx 0,29 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{К}$$

Постоянная Вина



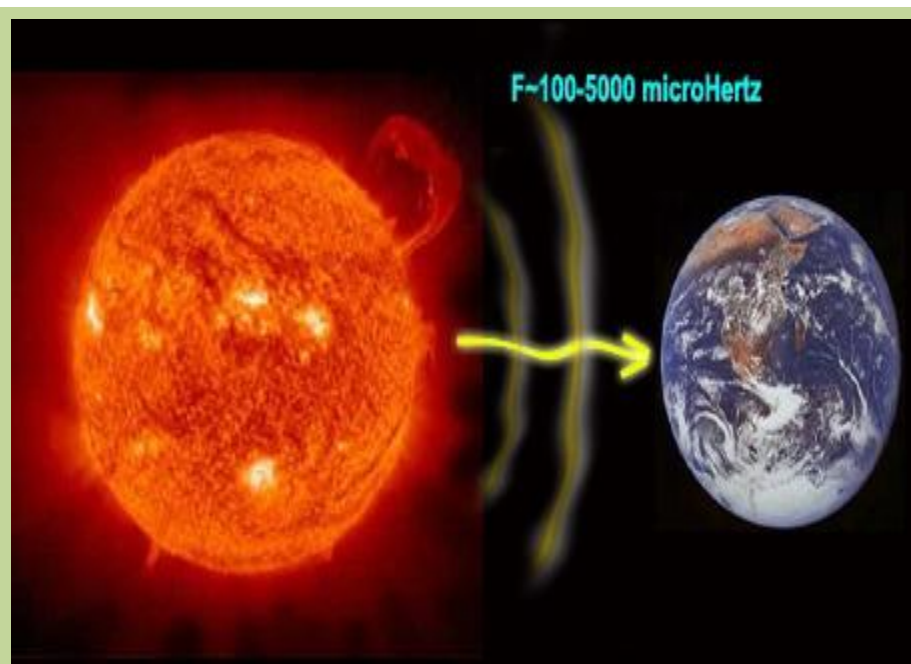
Спектр излучения черного тела

ϵ_λ - спектральная плотность энергетической светимости черного тела

Максимум ϵ_λ **и**ещается влево при $T_2 > T_1$

Поэтому называют закон **смещения** Вина.

Излучение Солнца



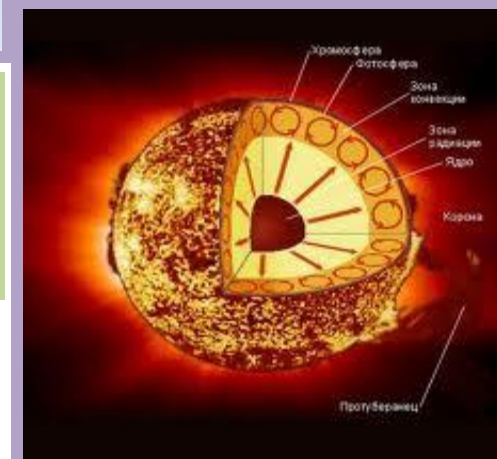
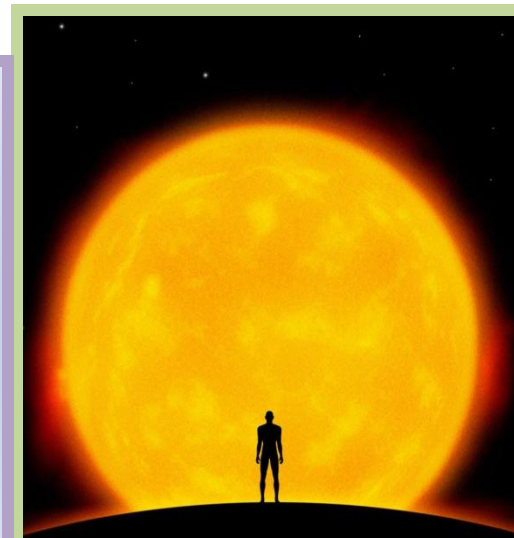
Колебания Земли синфазны с Солнцем

Солнечная постоянная

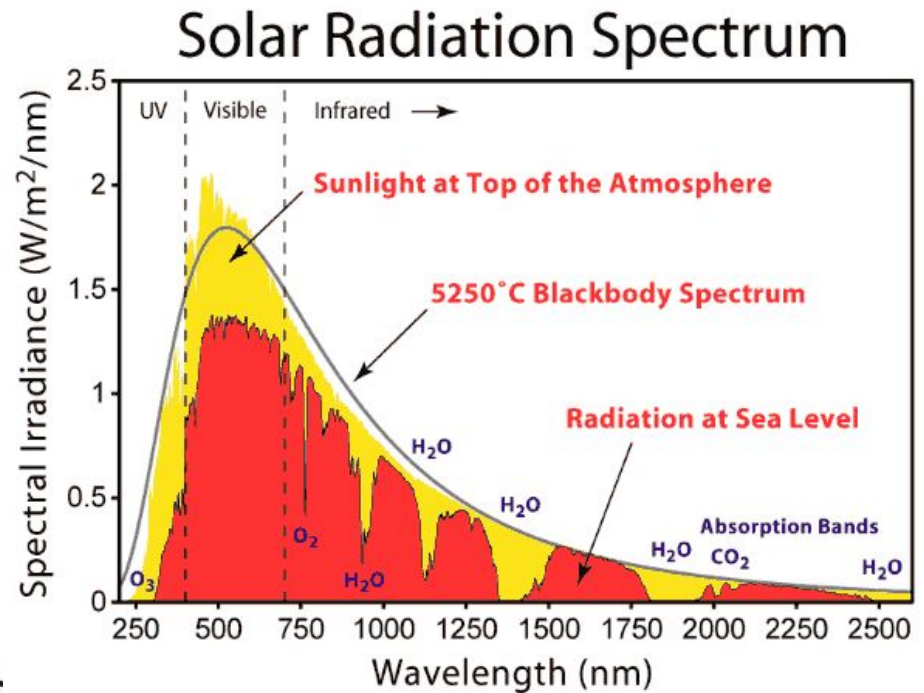
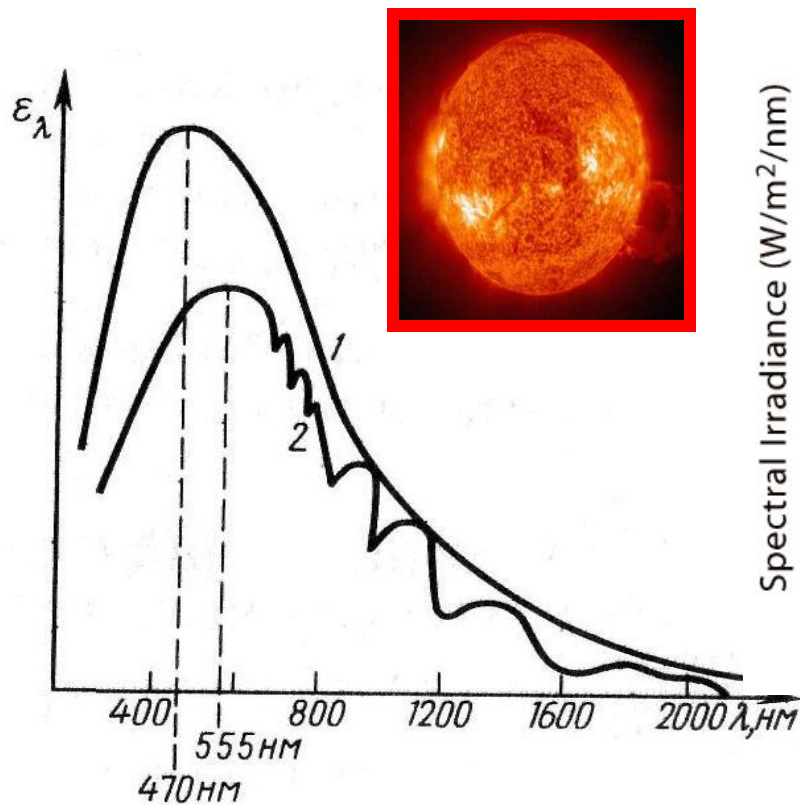
- поток солнечного излучения, приходящийся на 1 м^2 площади границы земной атмосферы.

*Солнце –
наиболее
мощный
источник
теплового
излучения,
обеспечиваю
щий жизнь на
Земле.*

$$1350 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$



Внутреннее строение
Солнца

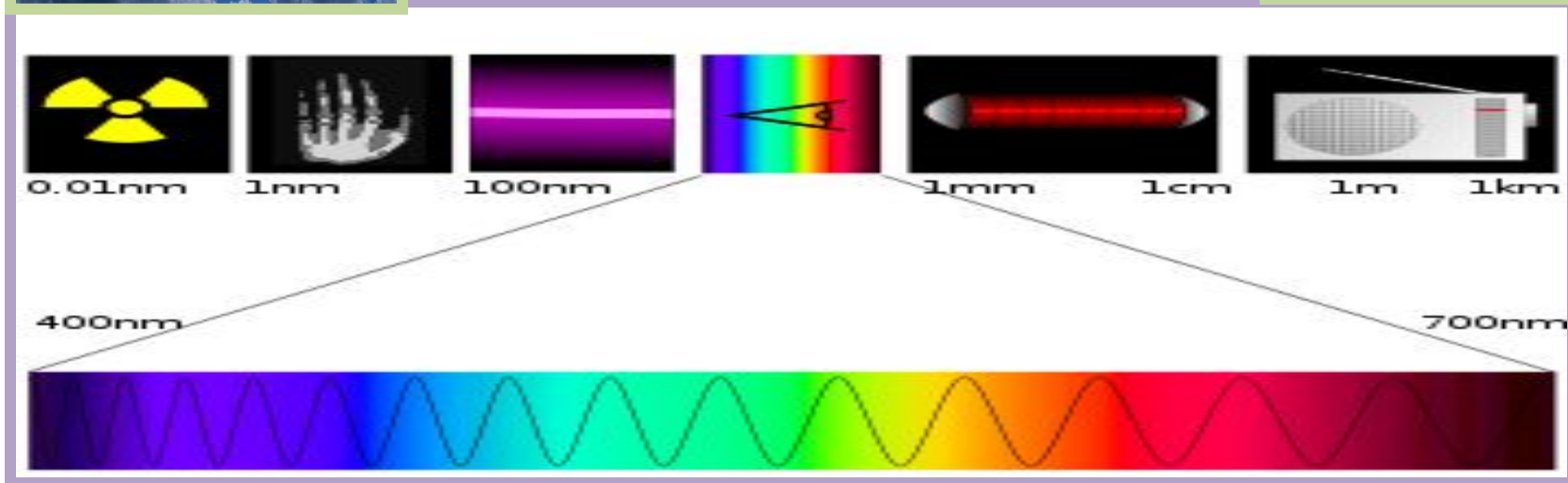
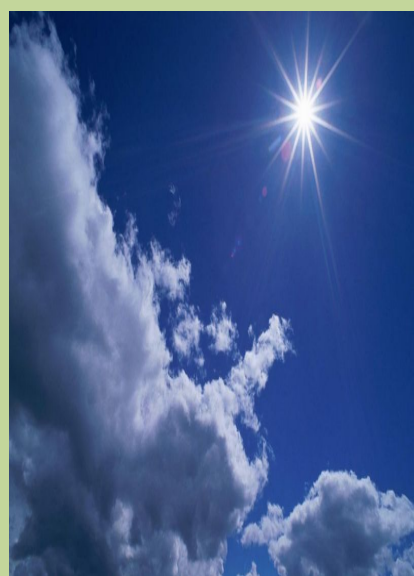


1 – На границе земной атмосферы. Близок к спектру черного тела. $\lambda_{\text{max}} = 470 \text{ nm}$ $T_{\text{солнца}} = 6100 \text{ K}$ →

2 – На поверхности Земли – это спектр поглощения

$\lambda_{\text{max}} = 555 \text{ nm}$

Излучение Солнца происходит в ИК, видимом и УФ спектре и обладает **лечебными действиями**.



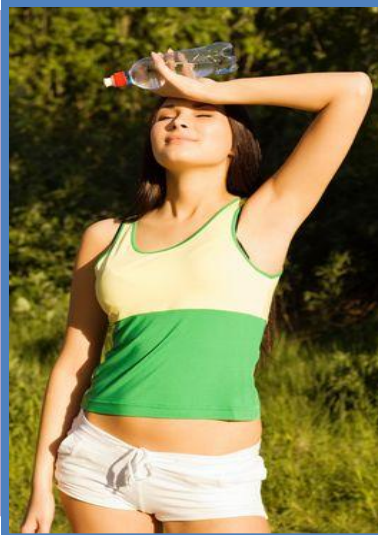
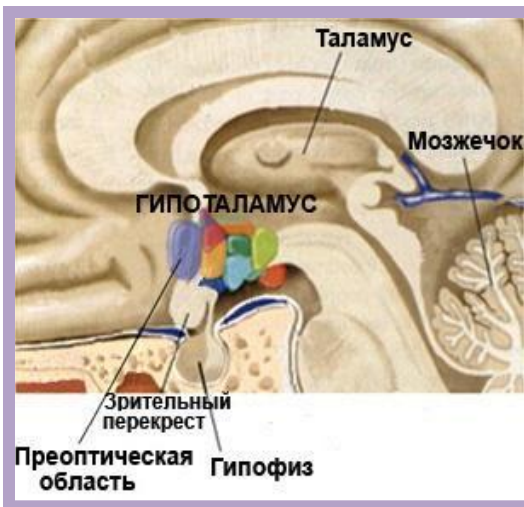
Тепловое излучение тела человека

Оно инфракрасное (ИК). $\lambda = 9,5 \text{ м}$

Обладает тепловым действием

Температура тела человека поддерживается *постоянной*, благодаря *терморегуляции*.

Теплопродукция = теплоотдача



→ Теплопроводность 0%

→ Конвекция 20%

→ Излучение 50%

→ Испарение 20%

ВОПРОС:

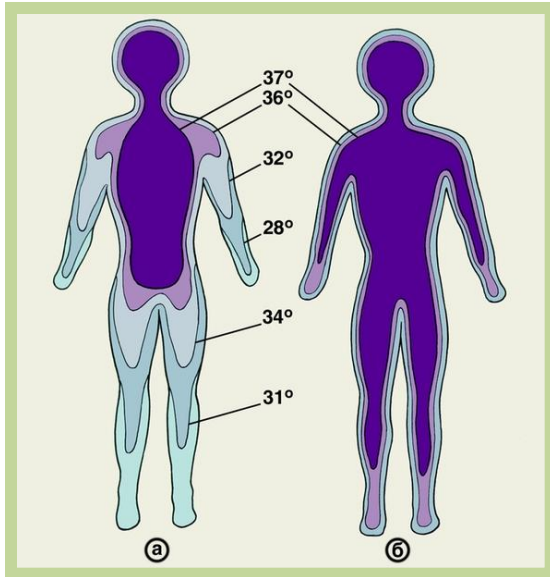
Какой вид теплоотдачи доминирует на рисунке?

Гипоталамус обеспечивает постоянство внутренней среды организма. Там находится и центр терморегуляции.

Расчет мощности излучения

$$P = \delta S(T_1^4 - T_0^4)$$

• Человек раздетый



Температура кожи

$$T_1 = 33^\circ\text{C} = 306\text{ K}$$

Температура воздуха $T_0 =$
 $18^\circ\text{C} = 291\text{ K}$

$$S = 1,5\text{ м}^2$$

Приведенный
коэффициент
излучения:

$$\delta = 5,1 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$$

Ответ:

$$P = 122\text{ Вт}$$

• Человек одетый



Температура одежды 24°C

$$\delta = 4,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^4}$$

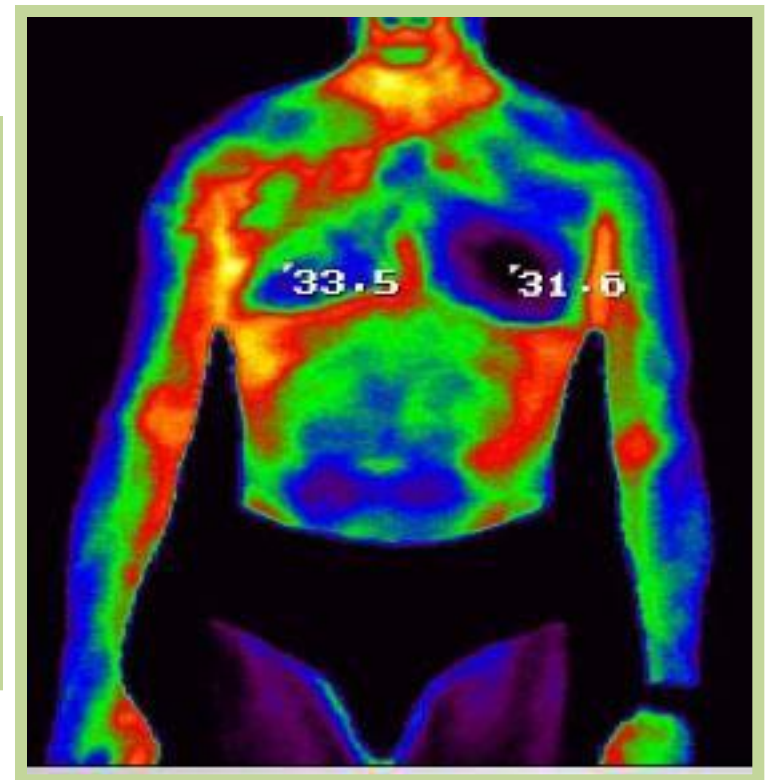
Ответ:

$$P = 37\text{ Вт}$$

Физические основы термографии

Термография – это диагностический метод регистрации и измерения **теплового излучения** различных участков поверхности тела человека.

При термографии регистрируются различия! теплового излучения **здоровых** и **больных** органов, обусловленных небольшим отличием их температур.



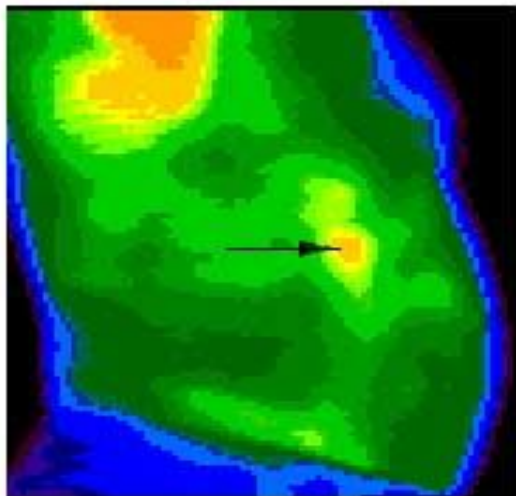
В основе термографии закон Стефана – Больцмана:

$$R = \sigma T^4$$

Даже небольшое изменение температуры тела

на 1% вызывает значительное **в 4 раза** изменение энергетической светимости, то есть на 4%

ТЕРМОГРАФИЯ
при холецистите
(стрелка - воспаление
желчного пузыря)



При этом получается видимое !
изображение тел по их **тепловому**
(ИК-невидимому) излучению.

Основные методы в медицинской термографии

Бесконтактные

Термограф



Тепловизор

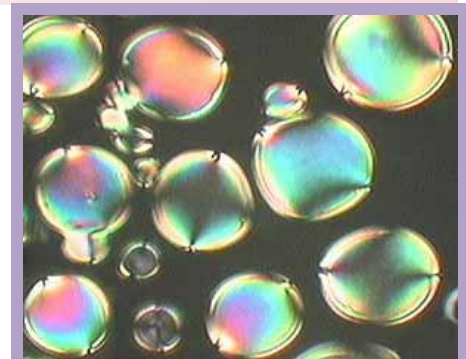


Контактные

На **небольшой** участок поверхности тела помещается специальная жидкокристаллическая пленка. Жидкие кристаллы обладают свойством оптической анизотропии и меняют цвет в зависимости от температуры.



1888 г.



ВОПРОС:

Какая разница?

ЖК – свойства и жидкостей (**текучесть**) и кристаллов (**анизотропия**).

Термограф – это прибор, в котором тепловое изображение объекта **непосредственно ! без преобразования в электрический сигнал,** записывается на какой – либо **носитель, чаще всего бумагу,** покрытую тонким слоем вещества, меняющего свои оптические свойства под воздействием теплового излучения
(**жидкокристаллические индикаторы.**



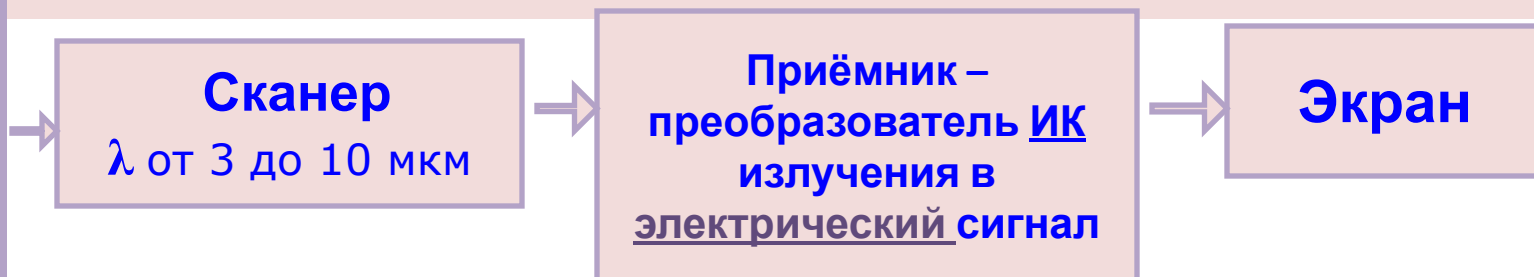
Тепловизор – это прибор для улавливания и регистрации излучения тела человека **на экране.**
Этот измерительный прибор позволяет **увидеть!**
невидимое: ИК излучение любых объектов.

Особенности ИК излучения:

- Длина волны **больше 760 нм**, но меньше 1 мм.
- **ИК меньше, чем видимый свет поглощается и рассеивается мутными средами.**
- Многие предметы, непрозрачные для видимого света, **прозрачны для инфракрасных** лучей.



Объект





Тепловизор Т1-160
представляет собой
профессиональный
телевизор с очень **широким**
температурным диапазоном.

В медицине

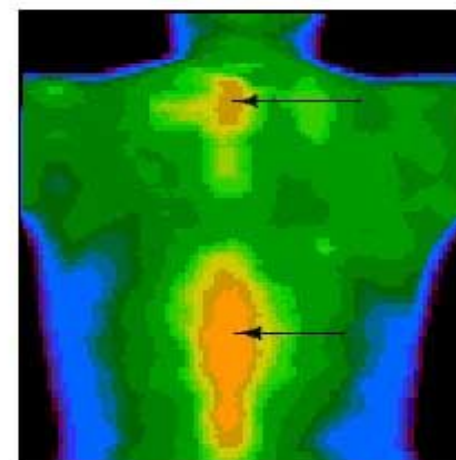
- Диагностика **сосудистых** заболеваний.
- **Функциональная** диагностика



Выявление в организме областей с **аномальной** температурой, в которых что-то происходит не так.



ТЕРМОГРАФИЯ
при остеохондрозе позвоночника



стрелками указаны места
напряжения мышц и воспаления



Люминесценция биологических объектов



Люминесценция

(*Lumen, Luminis – лат свет*). «**Холодное**» свечение некоторых веществ)

L-я - это излучение света телами, **избыточное** ! над тепловым излучением *при той же температуре*, **возбужденное** ! *внешними источниками энергии* и продолжающееся в течение времени, значительно превышающего период световых колебаний.

$$\tau_{L-ии} = 10^{-9} - 10^6 \text{ с}$$

$$\tau_{\text{света}} = 10^{-15} \text{ с}$$

Видеман + Вавилов С.И.



ВАВИЛОВ С.И.

1891 - 1951

Существенно
дополнил,
сказав о
длительности



L-я – это **коротко:**
**надтемпературное
свечение**

Различные виды люминесценции

Люминесцируют **возбужденные** молекулы, и в зависимости от вида возбуждения различают:

- ИоноЛ-я – вызванная ионами;
- КатодоЛ-я – вызванная электронами;

ПРИМЕР:

На TV экране



- рентгеноЛ-я – рентгеновским излучением

ПРИМЕР:

На экране
рентгеновского
аппарата



- **ФотоL-я** – под воздействием фотонов;
- **ТрибоL-я** – вызывается трением

ПРИМЕР:

1605 г.
Френсис
Бекон –
кристаллы
сахара

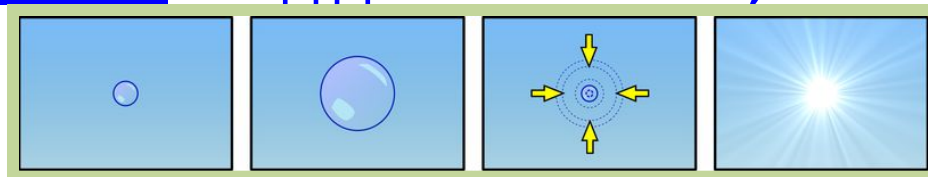


- **ЭлектроL-я** – вызывается электрическим полем;

- **Радио L-я** возникает при возбуждении атомов продуктами радиоактивного распада;

- **Хемилюминесценция** – излучение **сопровождающее** экзотермические химические реакции

- **СоноL-я** – под действием УЗ;



Фотолюминесценция

Возникает при возбуждении атомов светом (УФ и коротковолновая часть видимого света)

Флуоресценция – ее характеризует **кратковременное "послесвечение"**

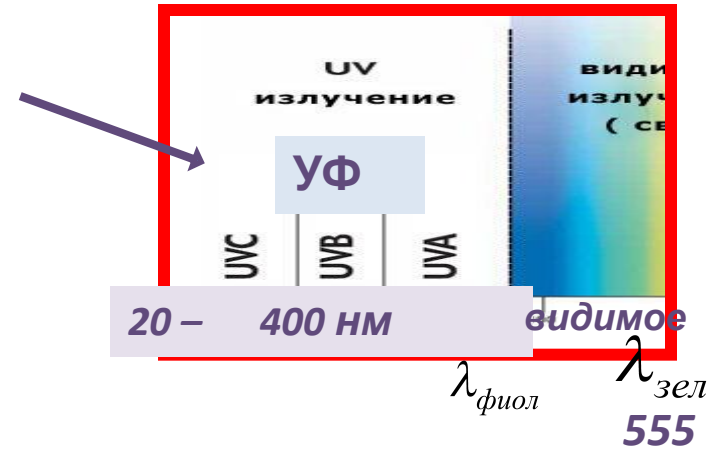
10^{-7} - 10^{-8} с после снятия возбуждения

ПРАКТИЧЕСКИ ЕГО НЕТ!

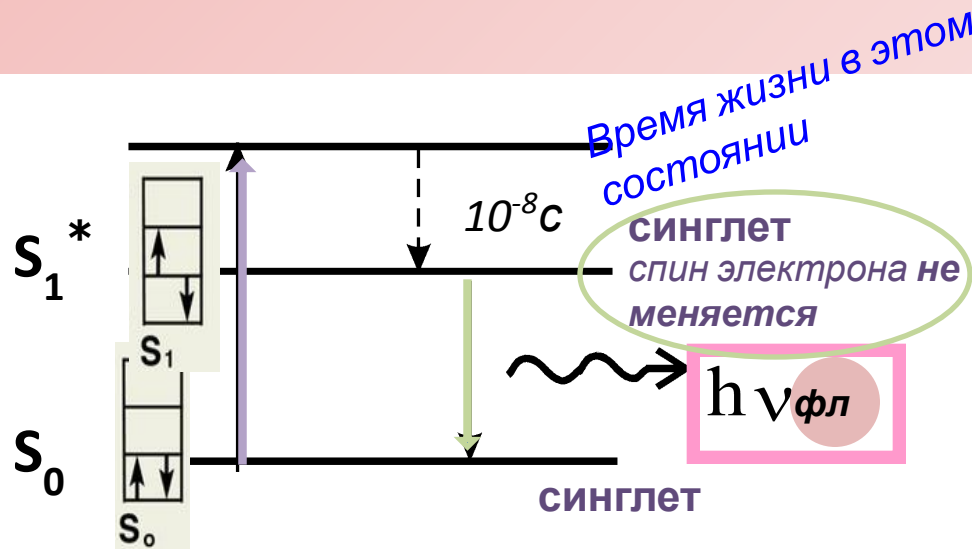
Свечение прекращается после снятия возбуждения

Фосфоресценция – ее характеризует **длительное "послесвечение"**

В физиологических условиях практически не наблюдается.



Флуоресценция – это испускание кванта света при переходе возбужденного электрона между **синглетными** уровнями (спин электрона **не** меняется). Это **разрешенный** по спину излучательный переход.



Свечение **прекращается** после снятия возбуждения.

Тоник облучают

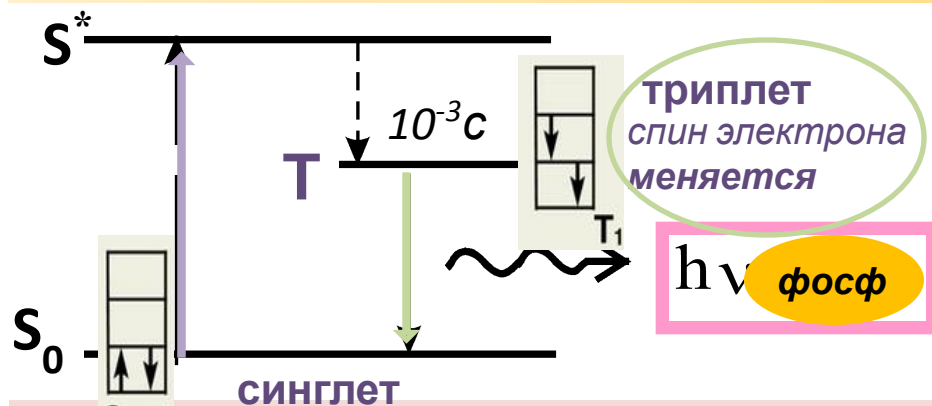


Ярко флуоресцирующее лекарственное соединение **хинин**. В кислых р-рах синяя область 475 нм.

Фосфоресценция

–это испускание кванта света при переходе возбужденного электрона из триплетного состояния в синглетное (спин электрона **меняется**). Это запрещенный по спину излучательный переход.

Энергия, поглощенная веществом, высвобождается **медленно** в виде света.



Свечение сохраняется после снятия возбуждения



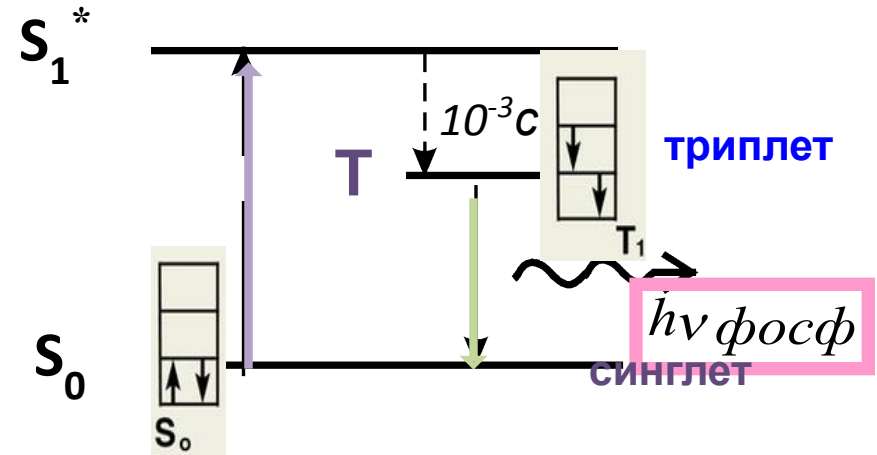
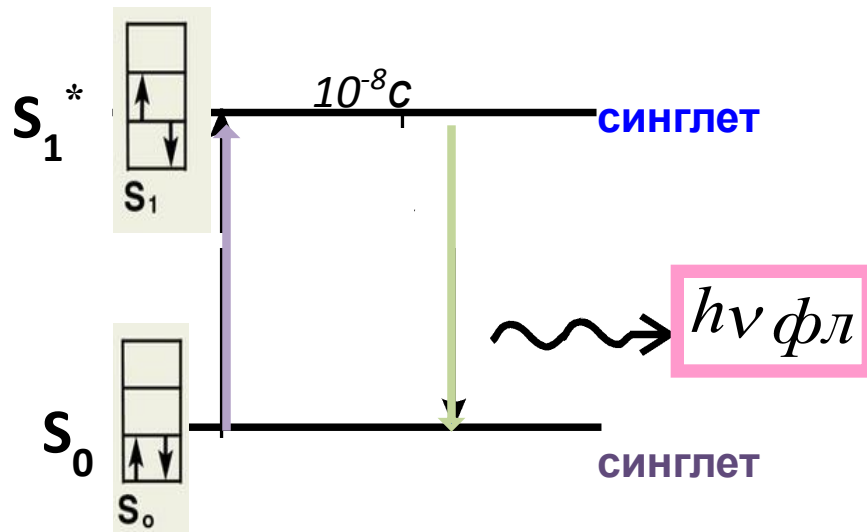
Банка в темноте



Облучили
видимым светом и УФ

ВОПРОС:

Назовите три **отличия** синглета от триплета

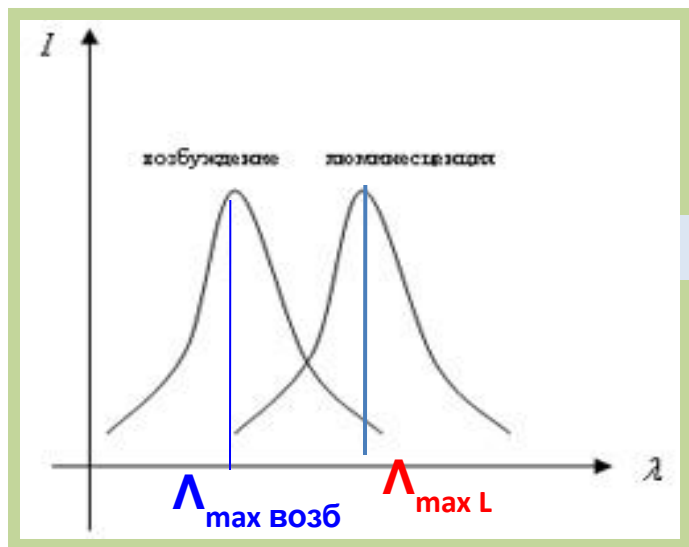


ОТВЕТ:

1. **Время жизни в триплете больше**
2. **Энергия в триплете меньше**
3. **В триплете спин меняется**

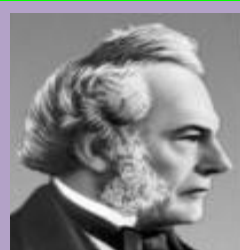
Закон Стокса для фотолюминесценции

Спектр люминесценции сдвинут в сторону больших длин волн относительно спектра, вызвавшего эту люминесценцию.



УФ

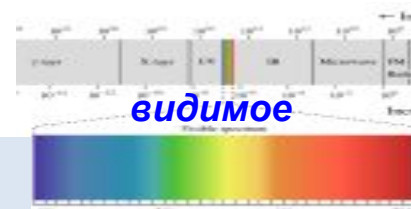
Видим.



Стокс Дж.

1819-1903 (Кембридж)

На законе
Стокса
основаны все
методы
измерения L-
и



400 нм

760 нм

$\lambda_{кр}$

$\lambda_{фиол}$

$\lambda_{возб}$

$\lambda_{фиол}$

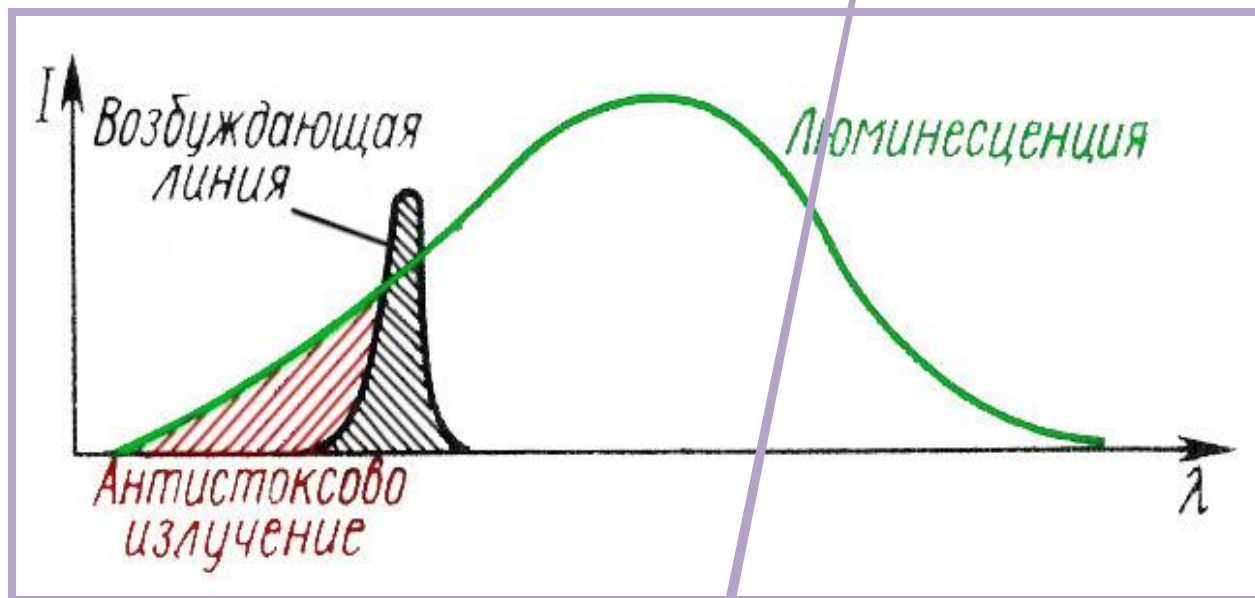


$\lambda_{зел}$



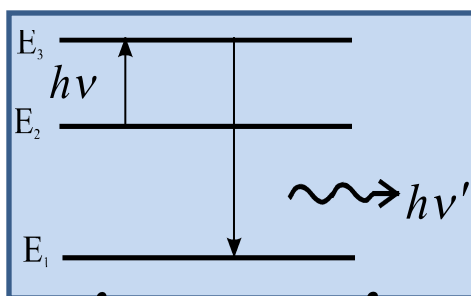
Колба с раствором
флуоресцеина.

Свет L- ии характеризуется большей длиной волны, чем свет возбуждающий.



Антистоксовая

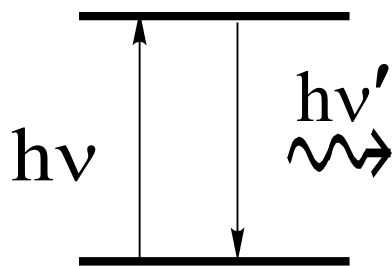
L-я (атом уже находится в возбужденном состоянии)



$$h\nu' > h\nu \quad \nu' > \nu$$

$$\lambda' < \lambda$$

Резонансная L-я

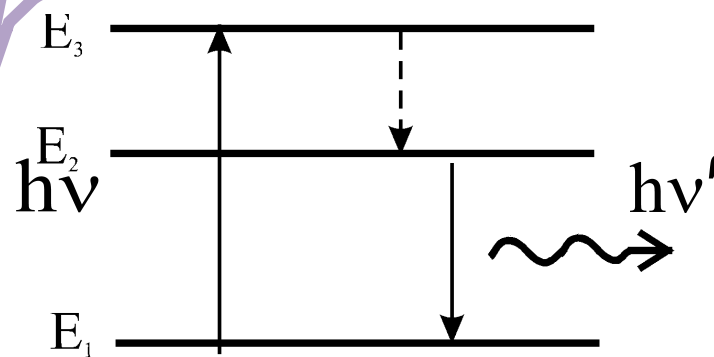


$$h\nu' = h\nu$$

$$\nu' = \nu$$

$$\lambda' = \lambda$$

Стоксовая L-я



$$h\nu' < h\nu \quad \nu' < \nu$$

$$\lambda' > \lambda$$

Характеристики L-ии

Форма спектра L-ии

Положение максимума λ_m

ax L

Квантовый выход люминесценции (φ)

Это КПД L-ии

ВОПРОС:

Для флуоресценции



$$\varphi = 0,9$$

Как это понимать?

ОТВЕТ:

На 10 погл-х квантов
высветилось 9

ВОПРОС:

Для белков $\varphi=0,03$

На 100 погл-х высветилось 3

$$I_L = 2,3 I_0 \varphi D$$

$$D = \chi C l$$

$$\varphi = \frac{N_{изл}}{N_{погл}}$$

Это отношение числа
излучаемых фотонов
($N_{изл}$) к числу
поглощенных фотонов
($N_{погл}$)

Люминесцентный качественный и количественный анализ.

L- анализ – это метод **исследования** различных объектов, основанный на наблюдении **их люминесценции**.

(по характерному для них свечению)

Качественный анализ – это метод, позволяющий обнаруживать и идентифицировать вещества в смесях по форме спектра **L-ии**

Отвечает на
вопрос:

Какое?

Определение:

- **наличия** или отсутствия веществ;
- Изучение **структуры** молекул
- Химические превращения.

Количественный анализ –это метод,

позволяющий определять **концентрацию** вещества в
смесях по интенсивности спектра L-и

Отвечает на вопрос: **Сколько?**

Чувствительность метода 10^{-10} г/см³

ВОПРОС: Как понимаете?

Ответ:

Можно обнаруживать **массу вещества 0, 1 нг**

Виды L-ии биологических объектов

Под воздействием УФ

**Собственное
свечение**
(Первичная L-я)

→ **Витамины** B_1, A, E, B_6
зел. УФ. син

→ **Белки**

→ **Триптофан**

→ **Тирозин**

→ **Фенилаланин**

Белки содержат 3 собственных
флуоресцирующих хромофора:

Вторичная L-я (возникает
после соответствующей
химической модификации
имеющихся веществ)

Под действием L-х красителей =
люминофоров. Это вещества,
способные превращать
поглощаемую ими энергию в
люминесценцию.

ПРИМЕР: • **Витамины** B_{12}, C, D

• Наркотические вещества **морфин** и **героин** после обработки серной кислотой с послед. выщелачиванием дают **синюю** фл. Опр. до **0,02 мкг** наркотика в крови.

Макроанализ

Это наблюдение невооруженным глазом **L-ии** объектов, облученных **УФ** излучением.

Контроль качества
фармакологических
препаратов.

Контроль качества
пищевых продуктов.
Проводят по собственной L-ии

ПРИМЕР: При длительном хранении молока и сливок рибофлавин окисляется в люмихром. Цвет **L-ии** меняется от **желто-зеленого** к **синему**.

Диагностика кожных заболеваний (Проводят по собственной L-ии) : под **УФ** свечение волос, кожи, ногтей при поражении их грибком и лишаем (**Ярко зеленая окраска**)



Лампа **Вуда** =
лампа черного
света (дает **УФ**)

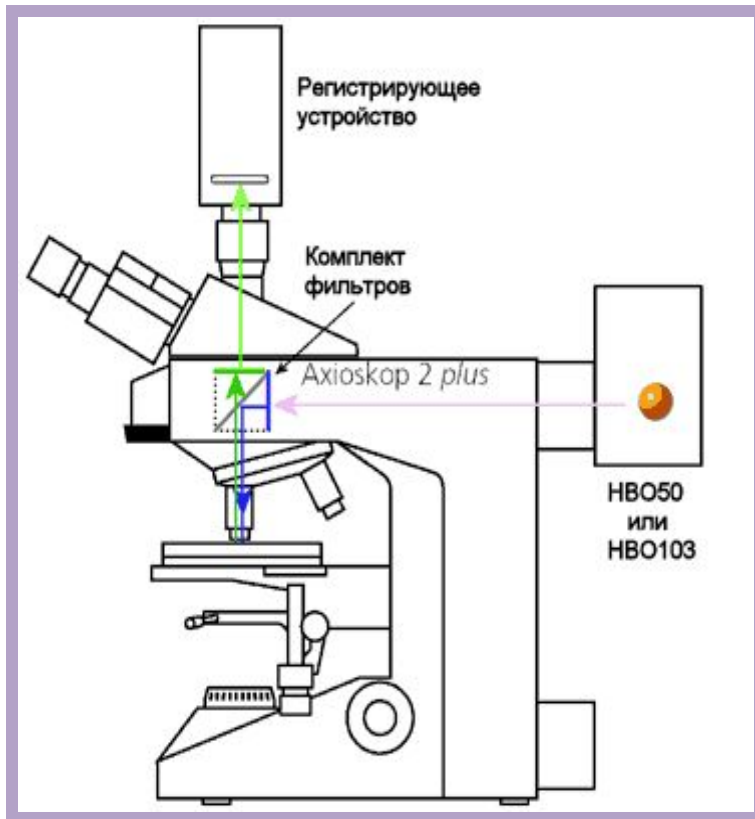


Люминесцентная микроскопия

Это метод исследования, основанный на изучении под микроскопом **L-го** свечения объекта, возникающего *при его освещении УФ*.



Устройство L-го микроскопа



1. Источник для проведения фотовозбуждения:

Ртутно-кварцевая лампа
сверхвысокого давления (УФ)

Поэтому линзы конденсора и объектива....

Из кварца.

Чтобы увидеть L-ю нужны светофильтры.

2. Первичный светофильтр
перед конденсором

Выделяет область спектра, которая
вызывает L-ию

Цвет: **фиолетовый, УФ**

$\Lambda_{\text{возб}}$

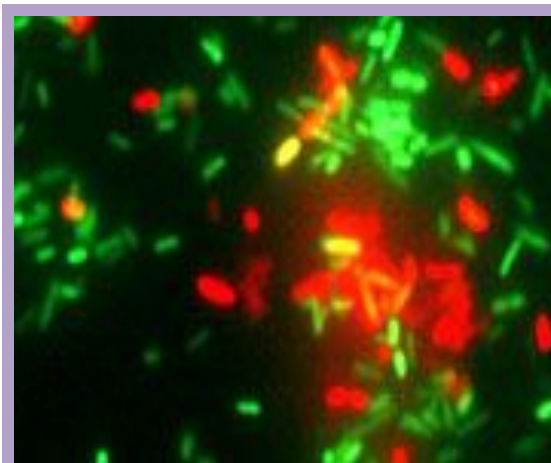
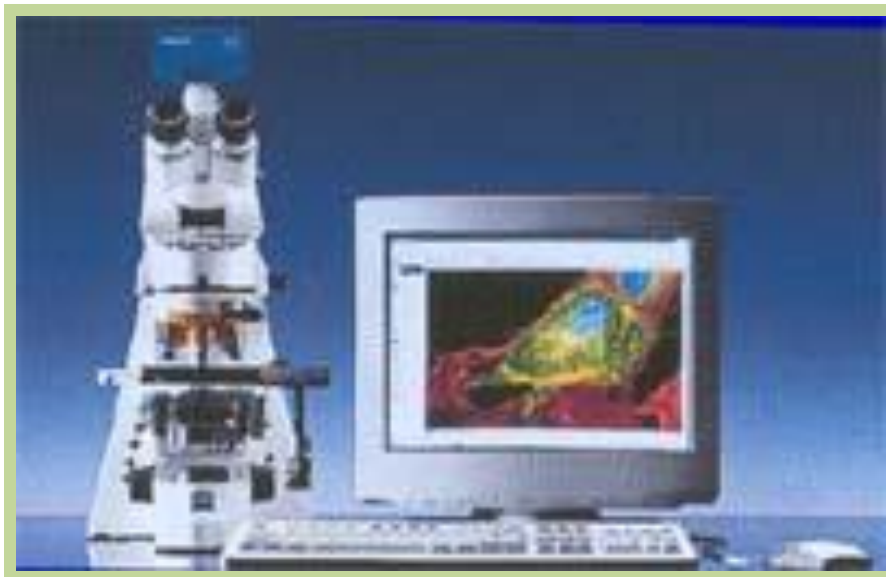
3. Вторичный светофильтр
Между объективом и окуляром-
выделяет свет L-ии

Λ_L

Цвет: **Зеленый,
желтый**

4. Наблюдают с помощью **ФЭУ** или визуально

E. Coli = кишечная палочка



3. Флуоресцентные зонды и метки

Это *люминофоры*, добавляемые к нелюминесцирующим веществам и связываемые с мембранами

Флуоресцентные зонды
(нековалентная связь с БМ)

это молекула, которая встраивается в структуру клетки, не меняя химических связей.
(Нековалентная связь с мембраной)

Флуоресцентные метки
(химическая связь)

Это люминофоры, **ковалентно** связанные с какими-либо молекулами, то есть путем образования химических связей.



ПРИМЕР: **Флуоресцентные зонды**

Определение времени циркуляции крови
и области с пониженным кровоснабжением.

Определение скорости кровотока

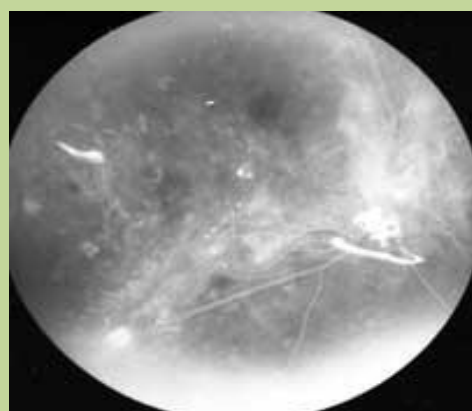
Внутривенно вводят флуоресцеин
зеленая флуоресценция в тканях глаз, слизистой оболочке рта, на губах.



Определение проницаемости
капилляров кожи



Л-ю вызывают **УФ** и
наблюдают в **видимой**
области.



Фл-я ангиография
сетчатки. **Выход**
флуоресцеина из
поврежденных сосудов

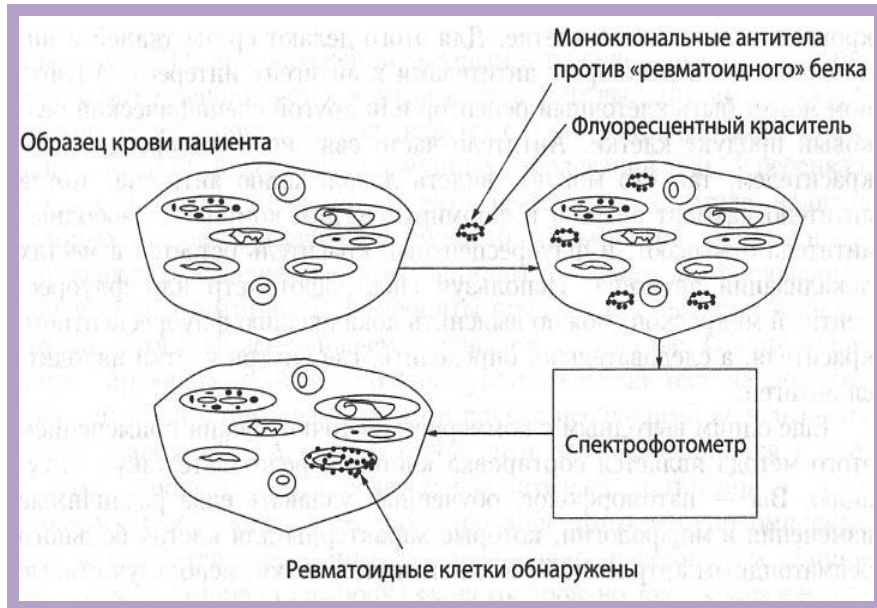


Глазное дно после
лазерокоагуляции
сетчатки.

ПРИМЕР: Флуоресцентные метки

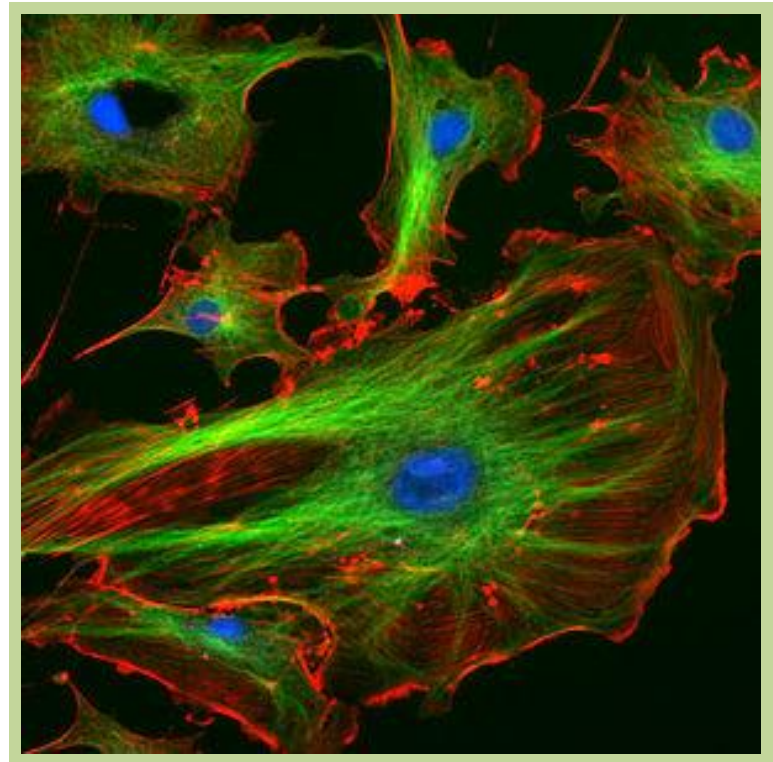
Использование **флуоресцентно меченных** антител в **иммунологических исследованиях крови**.

•Иммуноцитохимия



Использование связанных с флуоресцентной меткой моноклональных антител для выявления клеток, пораженных ревматоидным артритом

•Применение в клеточной биологии



Эндотелиальные клетки. Ядра клеток – голубой цвет; микротрубочки – зеленые – фл-но меченые антитела; Актиновые микрофиламенты – красные- меченые флуоресцеином

Лазеры

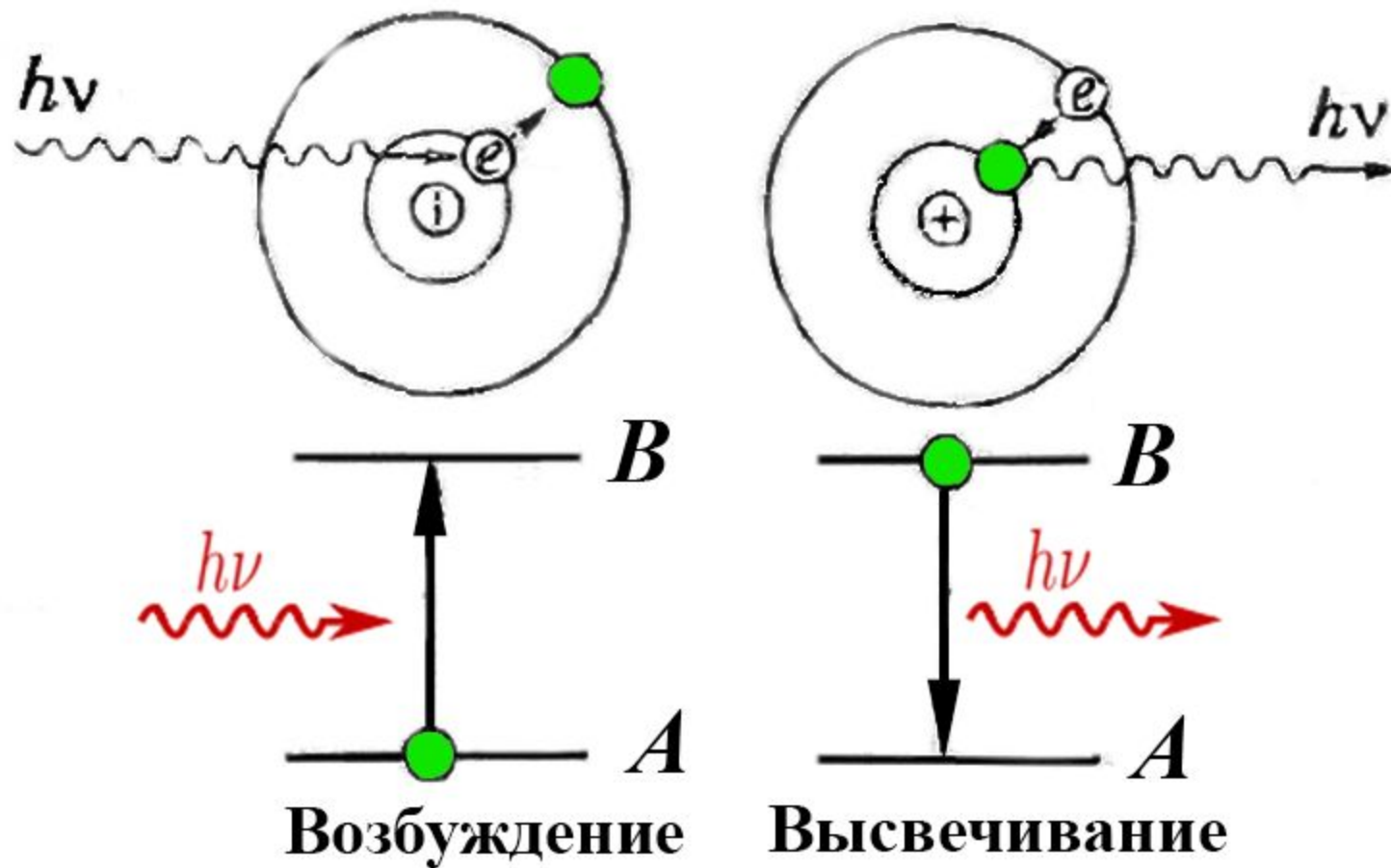
Лáзер (англ. *laser*, акроним от англ. *light amplification by stimulated emission of radiation* — усиление света посредством вынужденного излучения), **оптический квантовый генератор** — устройство, преобразующее энергию накачки (световую, электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока излучения.



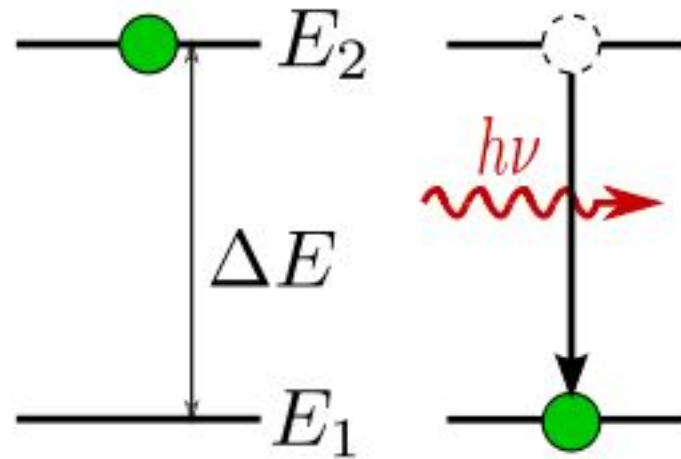
Фундаментальные физические идеи для создания лазеров

- Вынужденное излучение
- Среда с инверсной заселённостью уровней.
- Использование положительной обратной связи (оптического резонатора)

Поглощение и излучение электромагнитных квантов

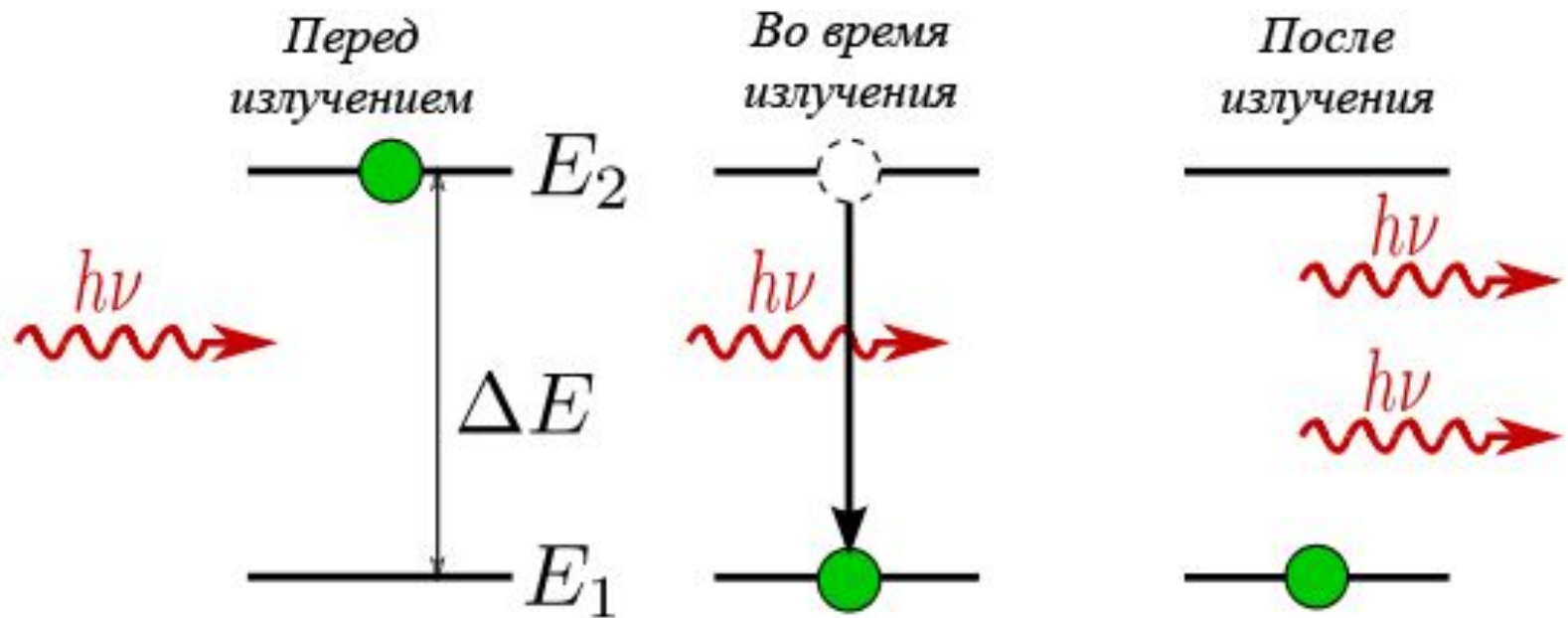


Спонтанное излучение



Спонтанное излучение – случайно и хаотично по времени, частоте, направлению распространения и поляризации.

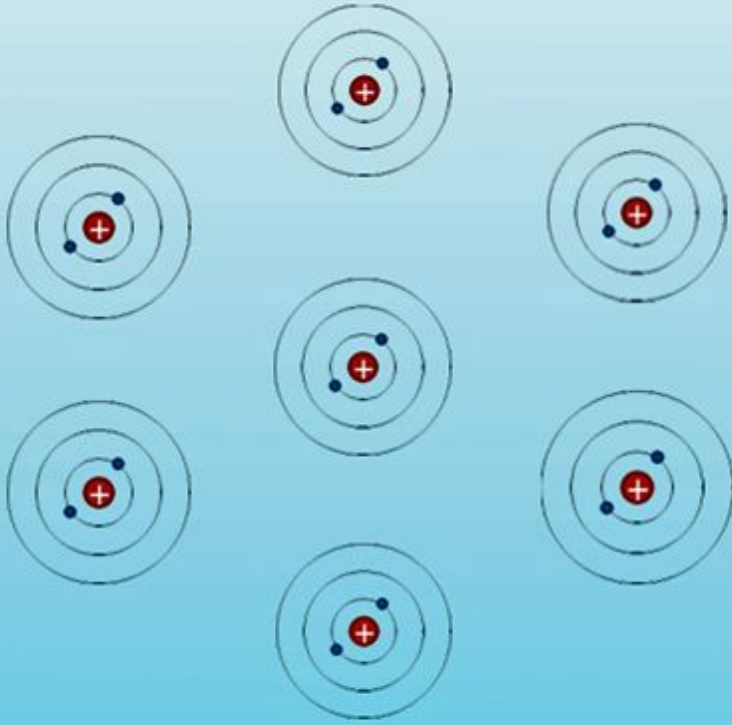
Вынужденное излучение



$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$

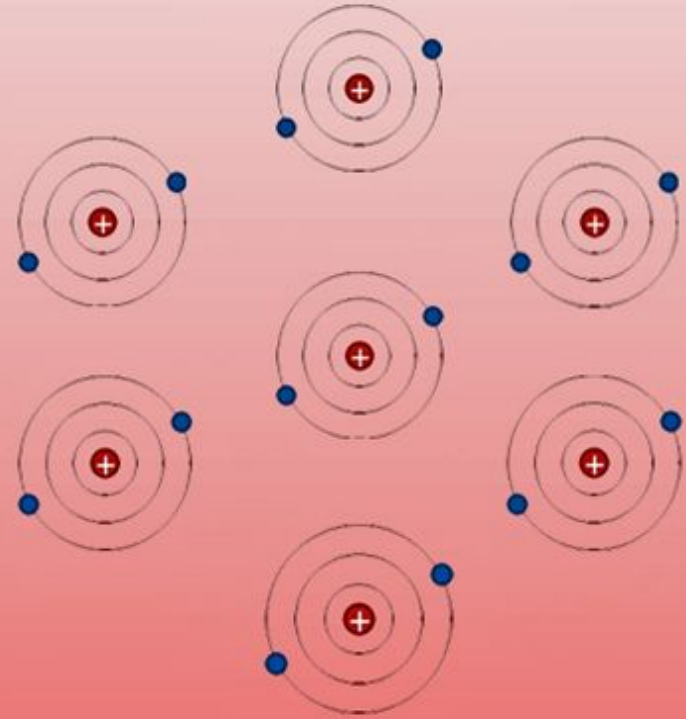
Вынужденное (индуцированное) излучение – возникает при взаимодействии фотона с возбужденным атомом, если энергия фотона равна разности соответствующих уровней энергии атома. Кванты вынужденного излучения имеют одинаковую частоту и поляризацию.

Активная усиливающая среда- среда с инверсной заселённостью энергетических уровней:



Нормальная

заселённость уровней:
нижние заняты, верхние
свободны



Инверсная

заселённость уровней:
верхние заняты, нижние
свободны

Процесс перевода среды из нормального состояния в инверсное называется **накачкой**.

Основные виды накачки:

- Оптическая
- Электрическая

Накачка



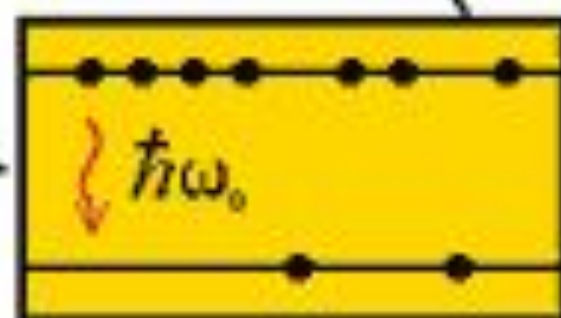
Выходной
сигнал



E

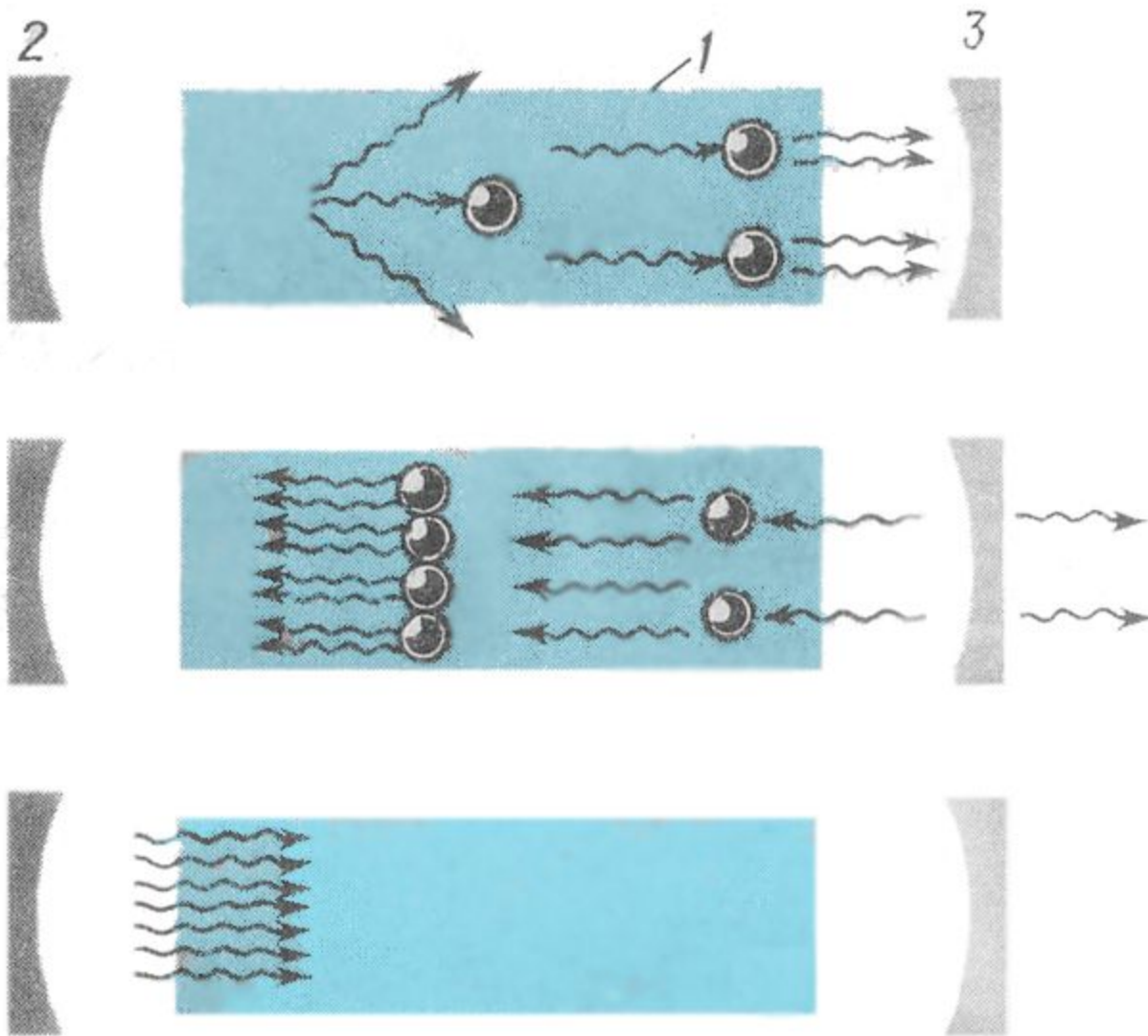


Активная
среда



Лазер

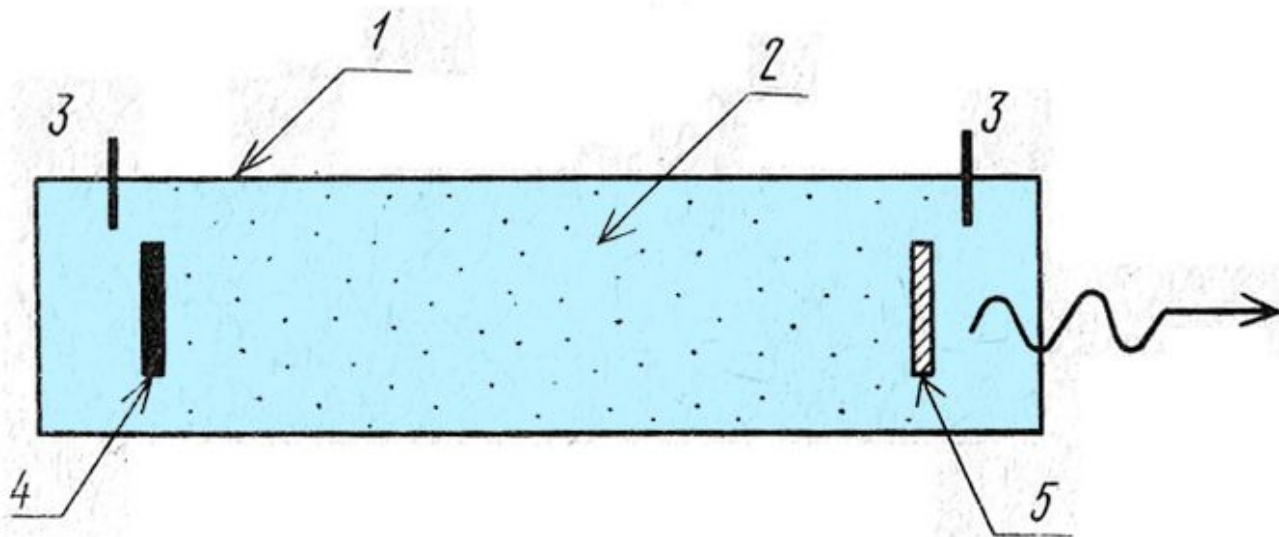
Оптический резонатор



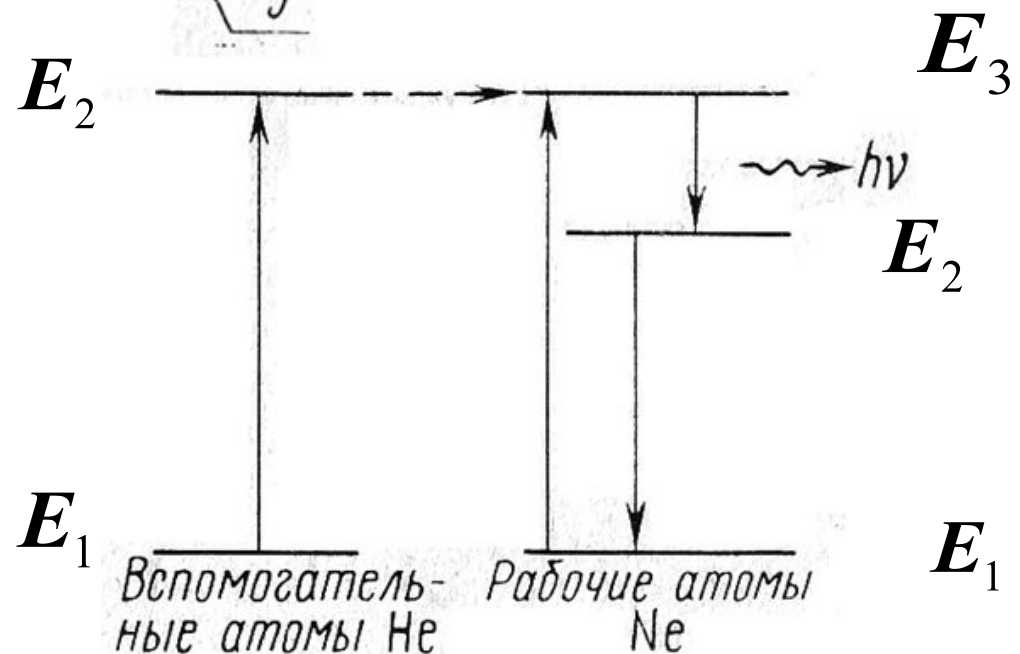
Состоит из двух зеркал, подобранных так, что возникающее излучение многократно усиливается проходя через активную среду.

1 – активная среда;
2 – непрозрачное зеркало;
3 – полупрозрачное зеркало.

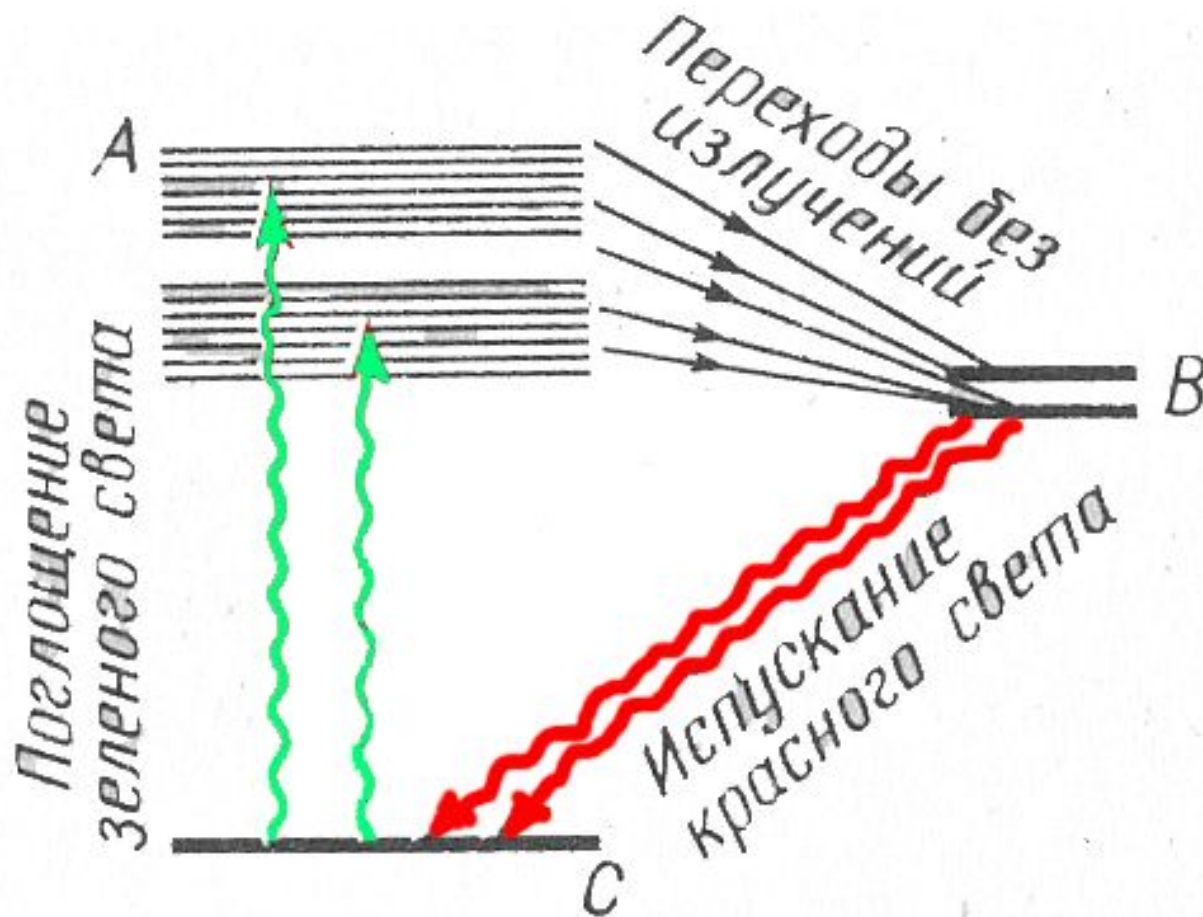
Гелий-неоновый лазер



- 1- газоразрядная трубка, кварцевая $d \approx 7\text{ мм}$
- 2- смесь гелия и неона ($\text{He} : \text{Ne} = 10:1$), $P = 150\text{ Па}$
- 3- электроды
- 4- непрозрачное зеркало
- 5- полупрозрачное зеркало



Красный рубиновый лазер



Свойства лазерного излучения

- Монохроматичность
- Узость пучка
- Когерентность
- Возможность получать различные мощности

Монохроматичность

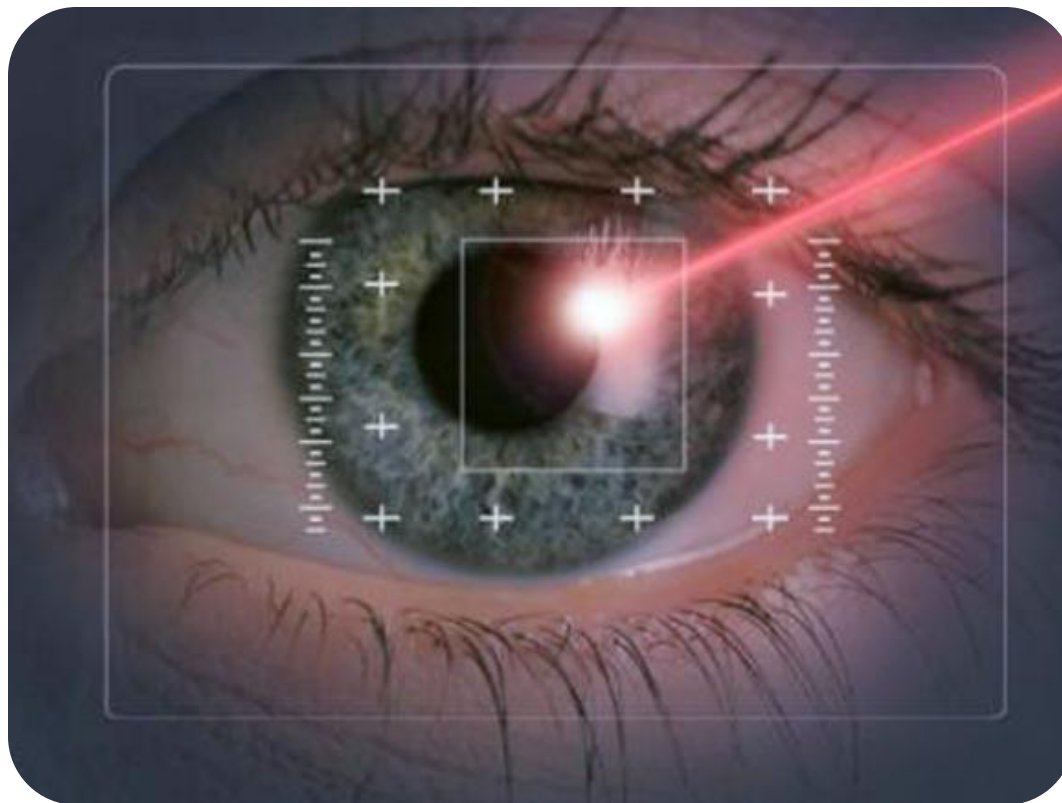
Излучение лазера имеет одну строго определенную длину волны ($\Delta\lambda \approx 0,01$ нм).



Длина волны: зеленый 532нм, красный 650нм, пурпурный 405нм.

Узость пучка

Лечение глаукомы, посредством «прокалывания» лазером отверстий размером 50-100 мкм для оттока внутриглазной жидкости.



Когерентность

Излучаемая лазером электромагнитная волна является когерентной : ее амплитуда, частота, фаза, направление распространения и поляризация постоянны или изменяются упорядоченно.

На основе гелий-неонового лазера с использованием волоконной оптики разработаны гастроскопы, формирующие голографическое объёмное изображение внутренней полости желудка.



Различные мощности лазерного излучения

```
graph TD; A[Различные мощности лазерного излучения] --> B[Терапевтические лазеры]; A --> C[Хирургические лазеры];
```

Терапевтические лазеры

Низкая интенсивность:
 $\leq 10 \text{ Вт/см}^2$

Хирургические лазеры

Высокая интенсивность:
до 10^6 Вт/см^2

Действие лазерного излучения на биоткани

- *На клеточном уровне:* изменение активности клеточных мембран; активация ядерного аппарата клеток и систем ДНК-РНК-белок; окислительно-восстановительных реакций, различных ферментативных систем, и т.д.
- *На тканевом уровне:* снижение рецепторной чувствительности, снижение длительности фаз воспалительного процесса, отека, и напряжения тканей; усиление поглощения тканями кислорода, увеличение скорости кровотока, активация транспорта веществ через сосудистую стенку и др. Глубина проникновения до 2 мм.

Действие лазерного излучения на организм в зависимости от поглощенной дозы

- высокие дозы – разрушающее
- средние дозы – угнетающее
- малые дозы – стимулирующее
- очень маленькие – отсутствие действия.

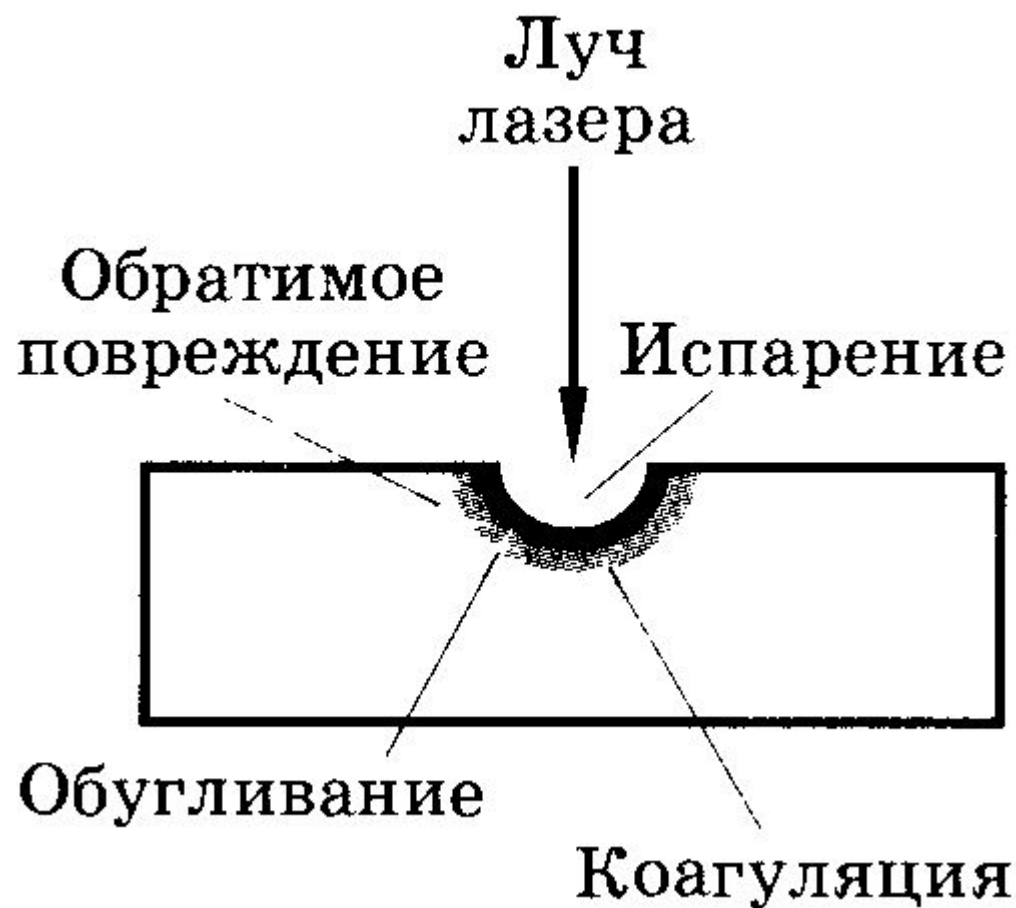
Применение в медицине

1. Безоперационное лечение отслойки сетчатки. Применяется специальный прибор – офтальмокоагулятор.
2. Световой бескровный нож (не нуждается в стерилизации).
3. Лечение глаукомы, посредством «прокалывания» лазером отверстий размером 50-100мкм.
4. Уничтожение раковых клеток.
5. Разрушение дентина при лечении зубов.
6. Получение голографических изображений, позволяющих с помощью волоконной оптики получить объёмное изображение внутренних полостей.
7. При лечении трофических язв, послеоперационных швов.
8. При лечении ишемической болезни сердца и др.

Лазерный скальпель

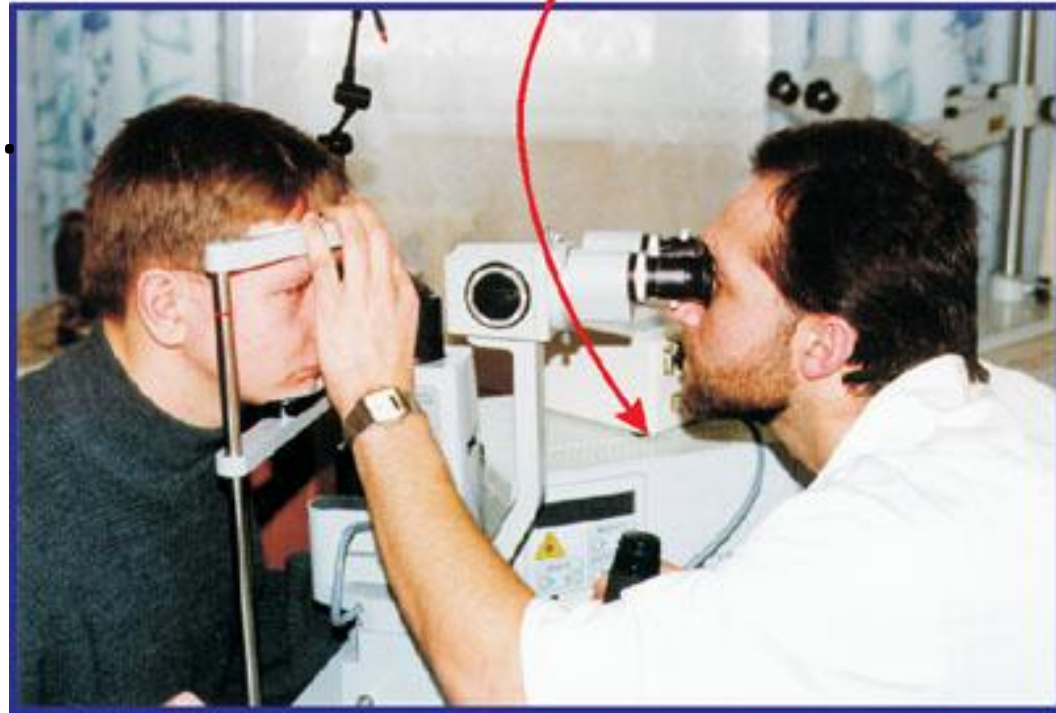
- бескровный разрез из-за фотокоагуляции
- надежность в работе (не сломается об косточку)
- прозрачный, что расширяет поле зрения хирурга
- абсолютная стерильность (луч + убивает микробы вследствие высокой температуры) локальность
- анальгетический эффект
- быстрое ранозаживление

Локальность действия на биологическую ткань



Применение лазеров в офтальмологии

Безоперационное
лечение отслойки
сетчатки.
Применяется
специальный прибор
–
офтальмокоагулятор.



Применение лазера в эндоскопии

Использование лазерного излучения в эндоскопии является крупнейшим достижением современной науки. Применяют для: остановки кровотечений из язв, опухолей и других источников; ликвидация новообразований, гемангиом, телеангиэктазий; ускорение регенерации хронических язв. Лазерный луч проводят по кварцевому световоду. Для наведения невидимого лазерного луча, используемого для деструкции, используют видимый (красный) луч гелий-неонового лазера.

Деструкция тканей происходит в результате генерации в них тепла и нагревания их до 1000°C .

Положительными качествами фотокоагуляции является отсутствие контакта инструмента с тканями, небольшая (до 2 мм) зона коагуляции, гемостатический эффект, эпителизация дефектов без образования рубцов.

Безопасность применения лазерного излучения в эндоскопии обеспечивается концентрацией энергии в поверхностных слоях ткани, направленным воздействием, регулируемой экспозицией.



Применение лазеров в стоматологии

Лазерная стоматология — высокоэффективный современный метод лечения заболеваний слизистой оболочки рта и пародонта.

Лазер не затрагивает ткани зуба, а выпаривает воду, в них содержащуюся. При этом гибнут бактерии, уплотняется зубная эмаль. Лазерная стоматология универсальна и применяется при: болезнях дёсен, отбеливании зубов, протезировании и установке брекетов, а также при вживлении имплантатов.



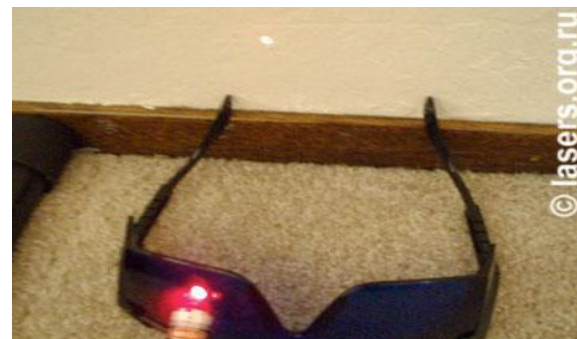
Техника безопасности при работе с лазерами

Первое правило лазерной безопасности: НИКОГДА НИ ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ НЕ СМОТРИТЕ ГЛАЗАМИ НА ЛАЗЕРНЫЙ ЛУЧ!

- Матовые поверхности стен и оборудования во избежание отражения лазерного луча
- Персонал должен быть обеспечен лазерозащитными очками
- Наладка и ремонт лазерной системы могут проводиться исключительно специально обученным персоналом.



Солнцезащитные очки не защищают от лазерного излучения



Лазерозащитные очки