

Лазеры

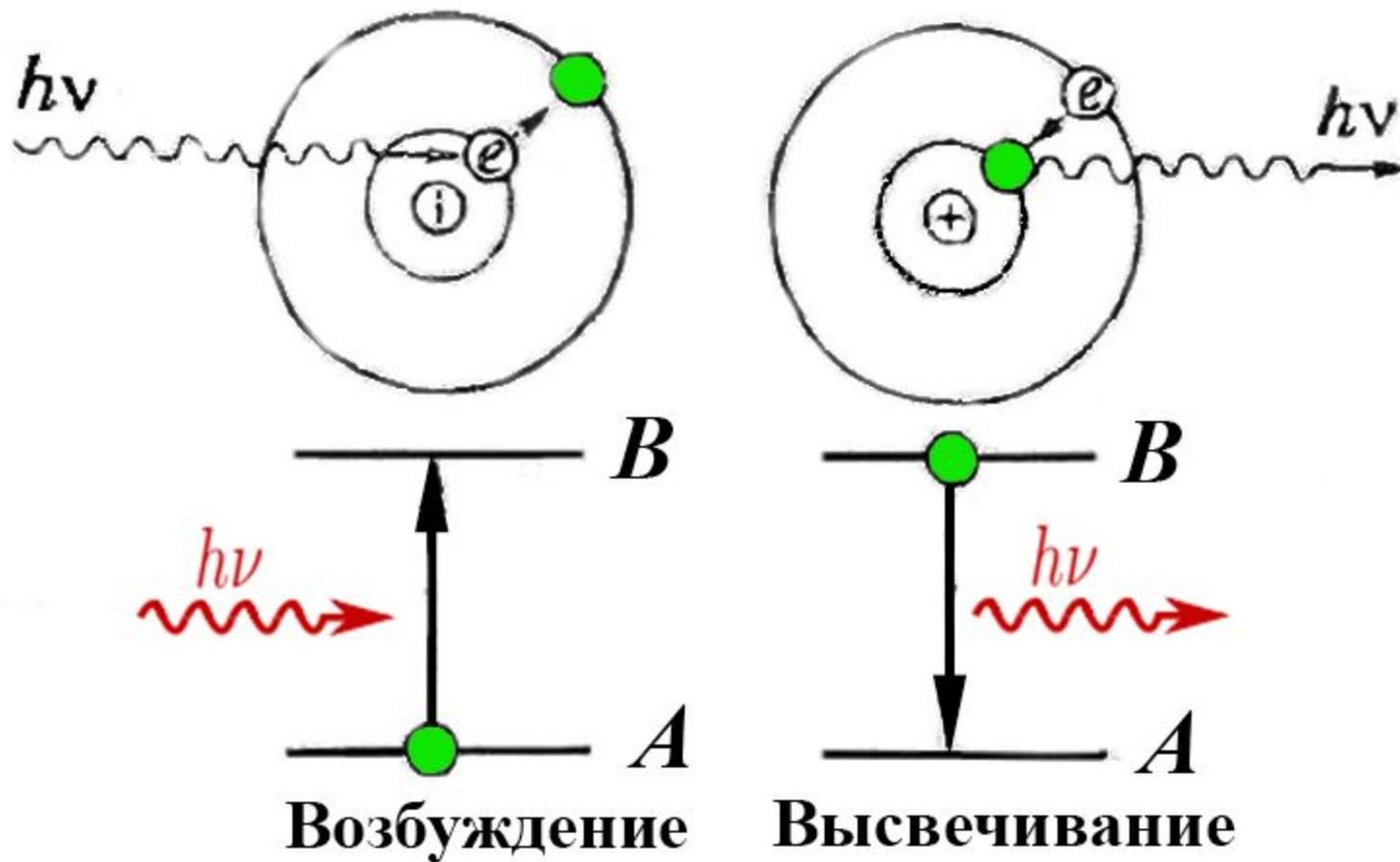
Лáзер (англ. *laser*, акроним от англ. *light amplification by stimulated emission of radiation* — усиление света посредством вынужденного излучения), **ОПТИЧЕСКИЙ КВАНТОВЫЙ генератор** — устройство, преобразующее энергию накачки (световую, электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного,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



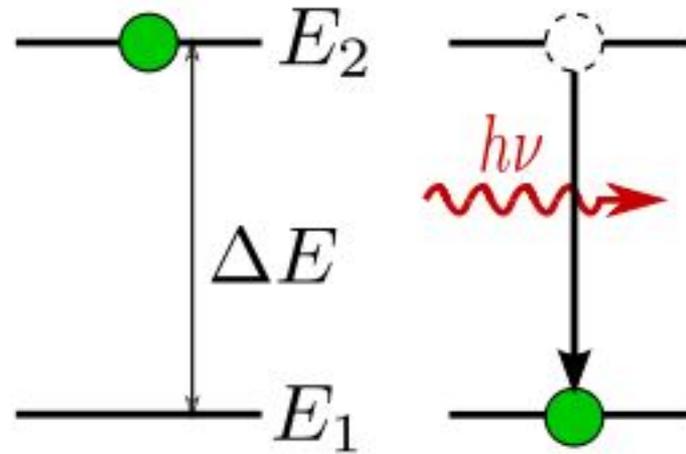
Фундаментальные физические идеи для создания лазеров

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

Поглощение и излучение электромагнитных квантов

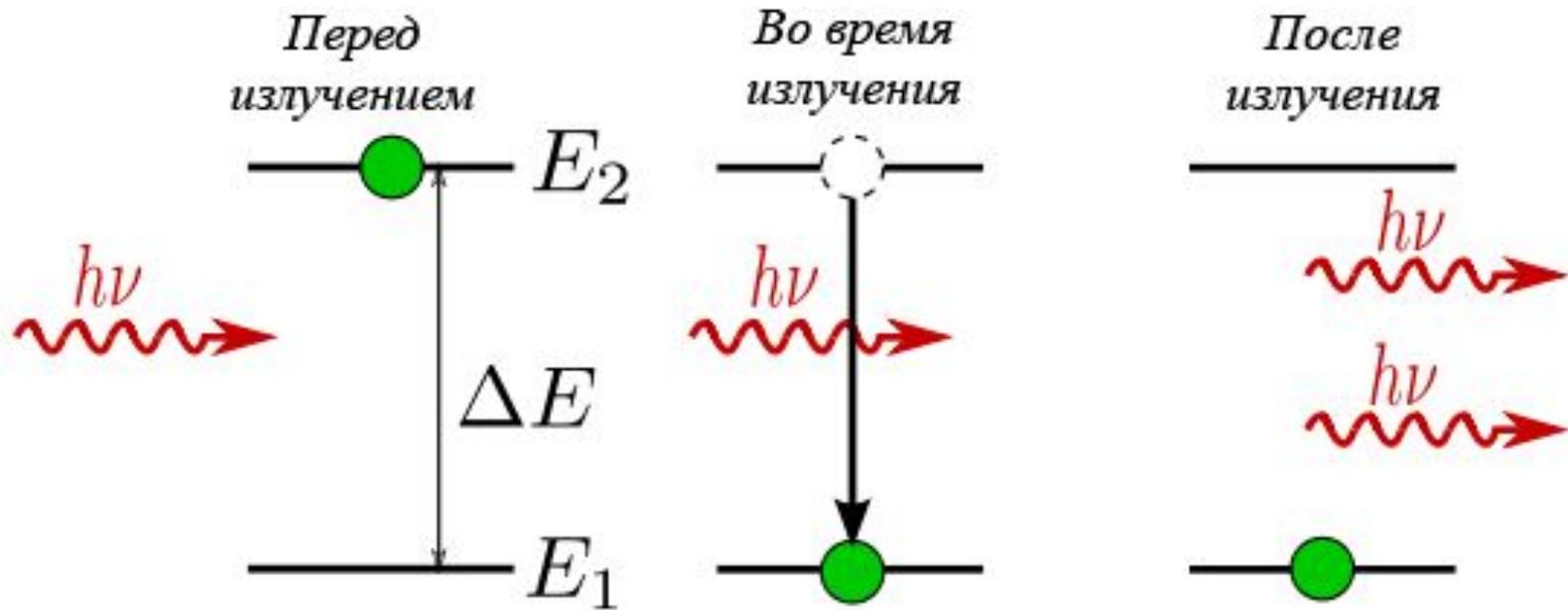


Спонтанное излучение



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

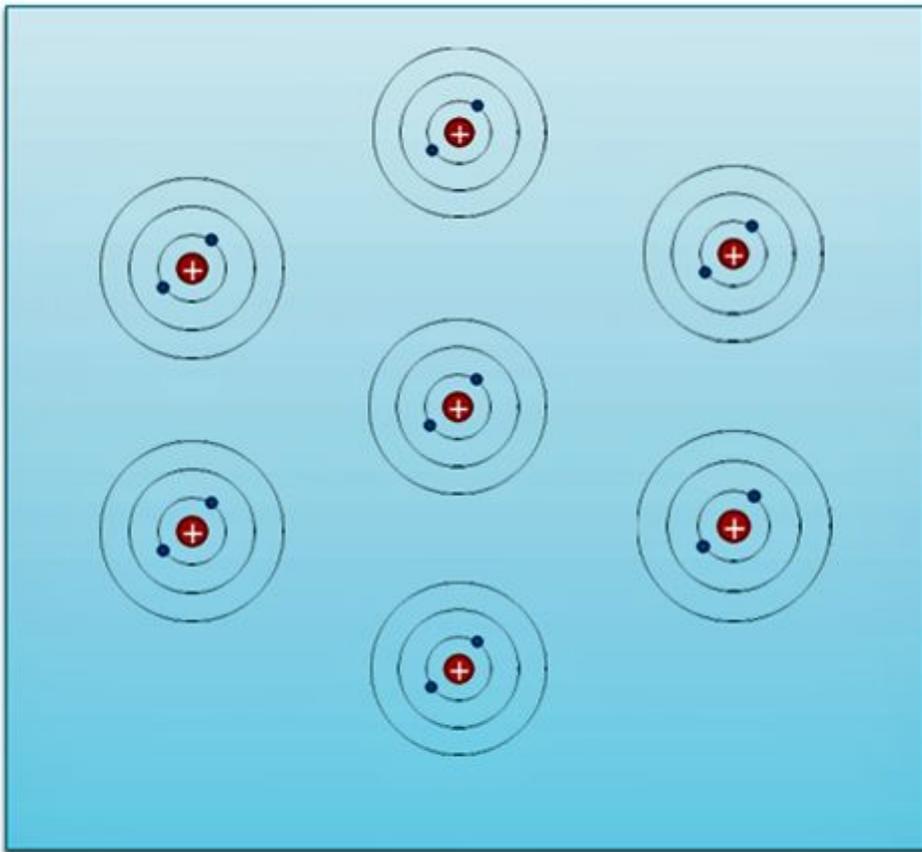
Вынужденное излучение



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

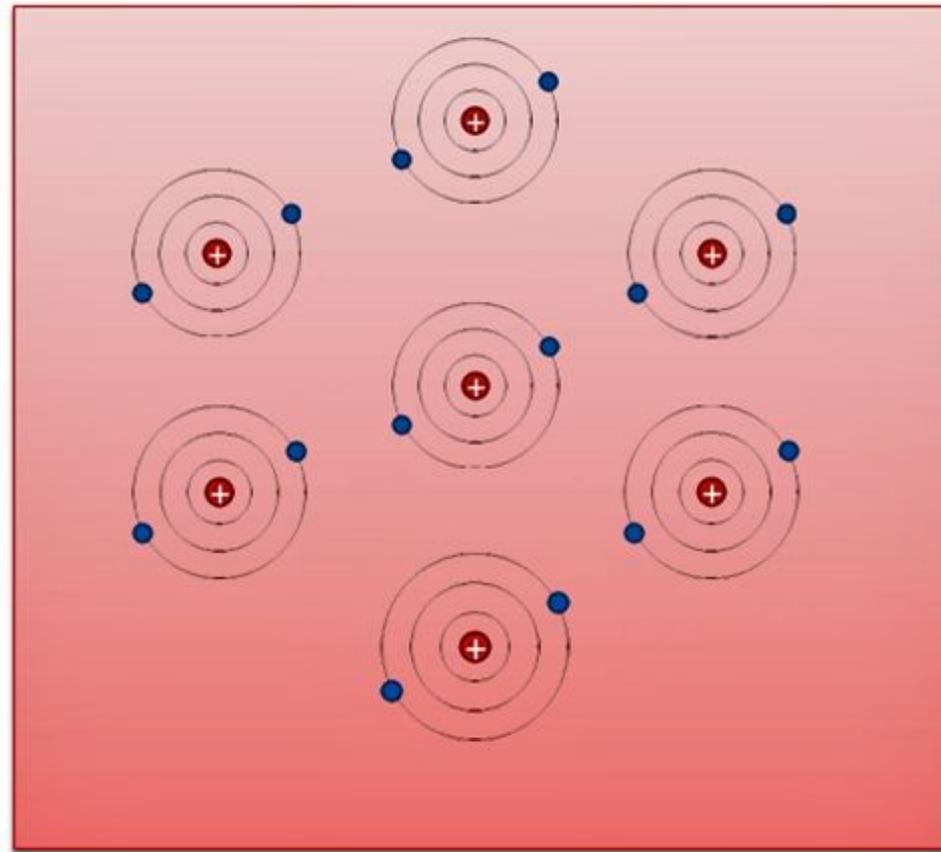
Вынужденное (индуцированное) излучение – возникает при взаимодействии фотона с возбужденным атомом, если энергия фотона равна разности соответствующих уровней энергии атома. Кванты вынужденного излучения имеют одинаковую частоту и поляризацию.

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

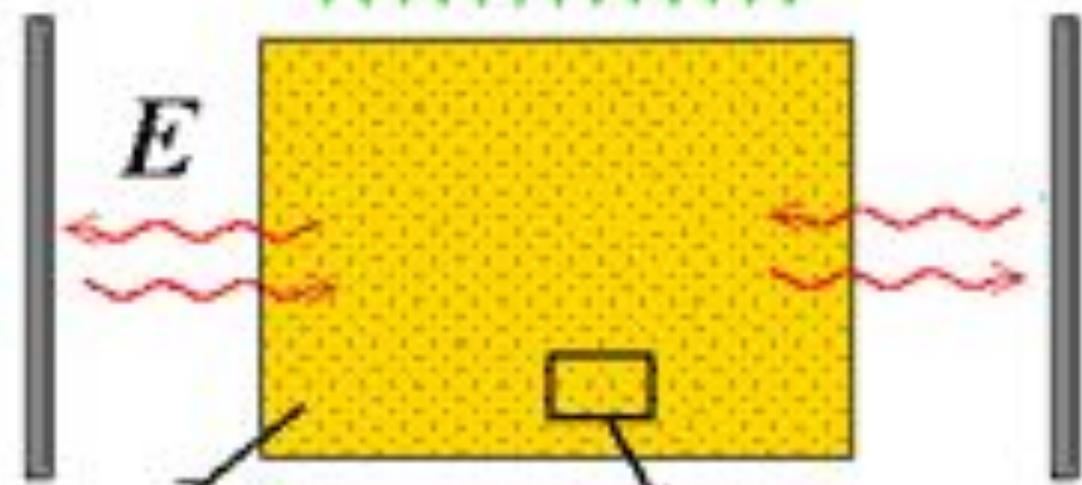
Накачка



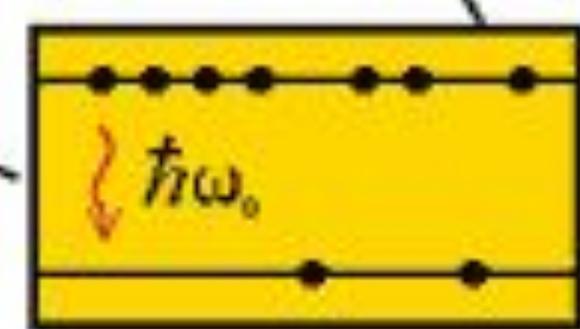
Выходной
сигнал



E

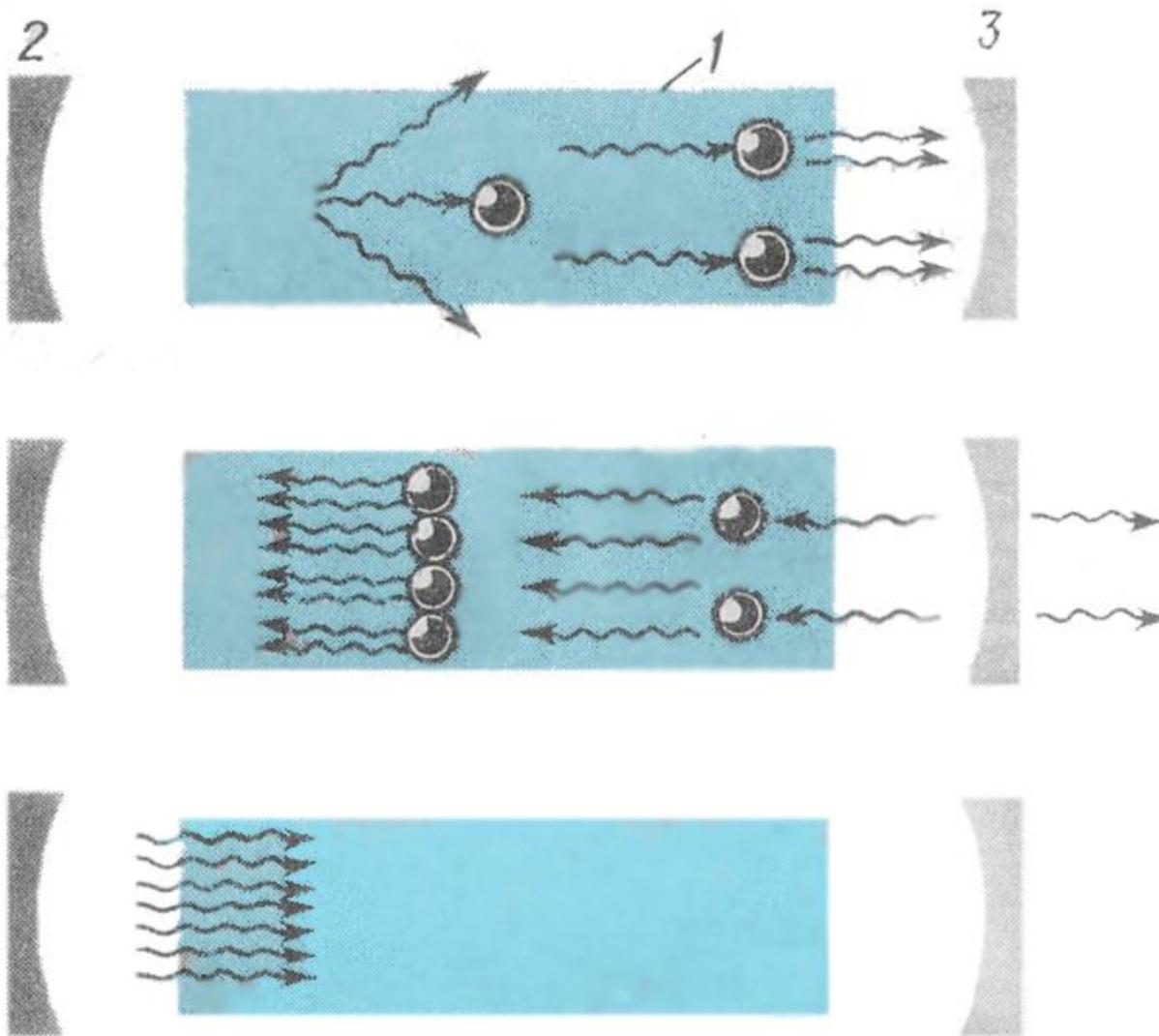


Активная
среда



Лазер

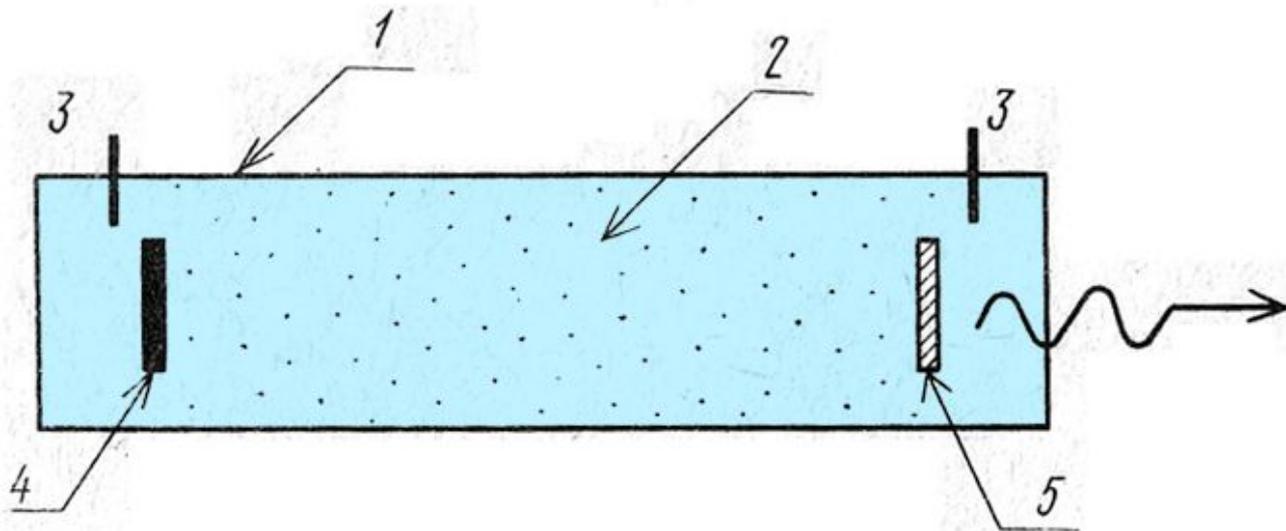
Оптический резонатор



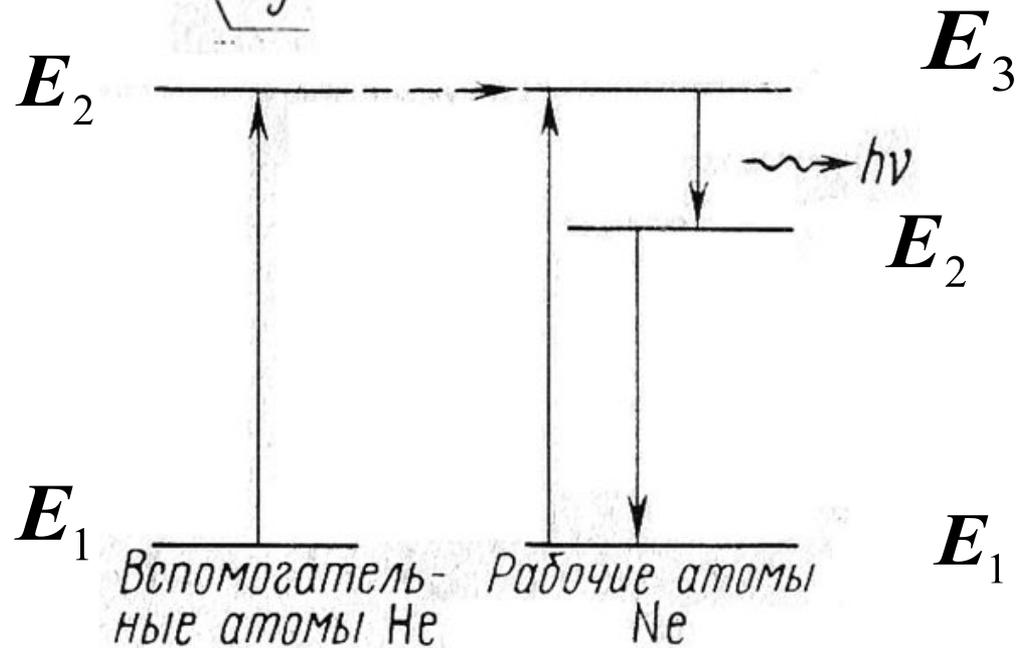
Состоит из двух зеркал, подобранных так, что возникающее излучение многократно усиливается проходя через активную среду.

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

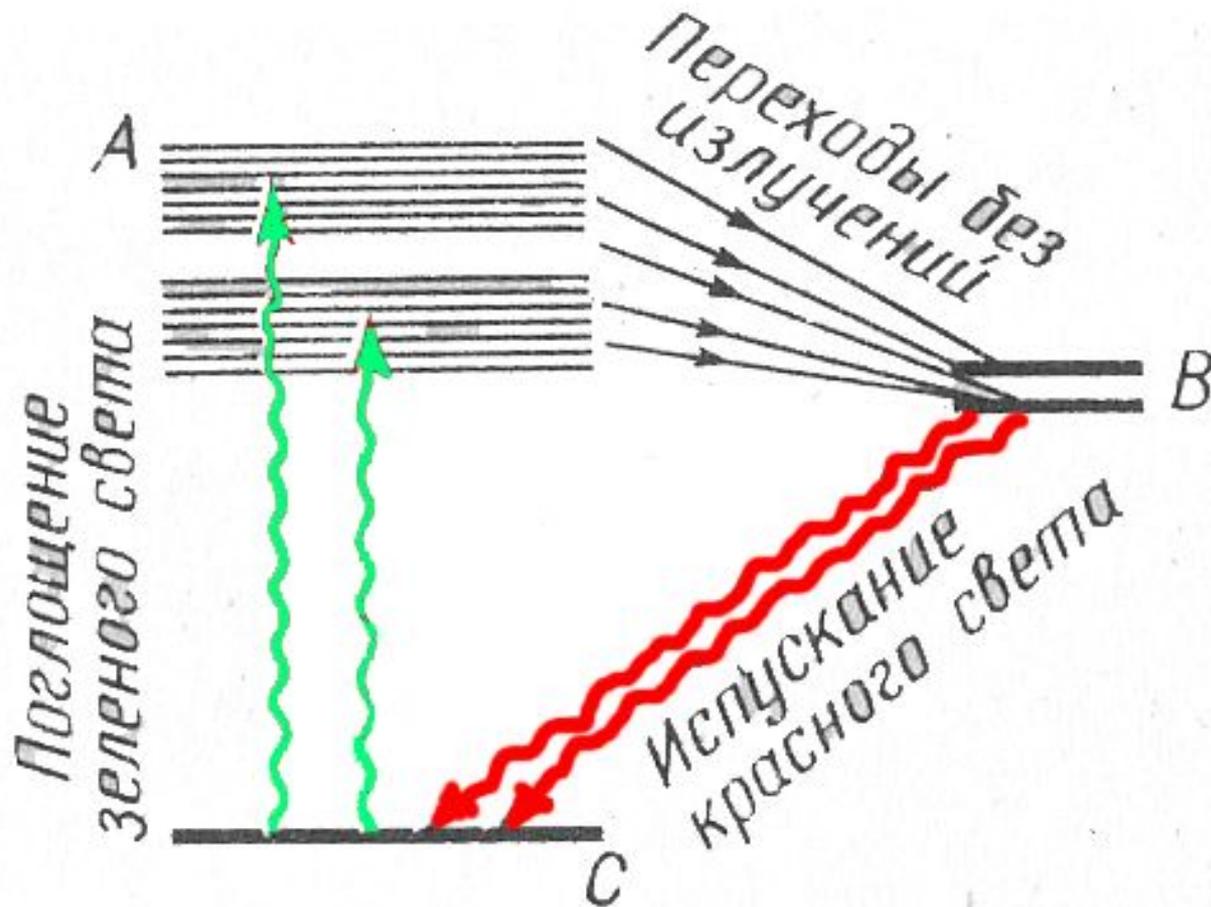
Гелий-неоновый лазер



- 1- газоразрядная трубка, кварцевая $d \approx 7\text{мм}$
- 2- смесь гелия и неона (He : 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

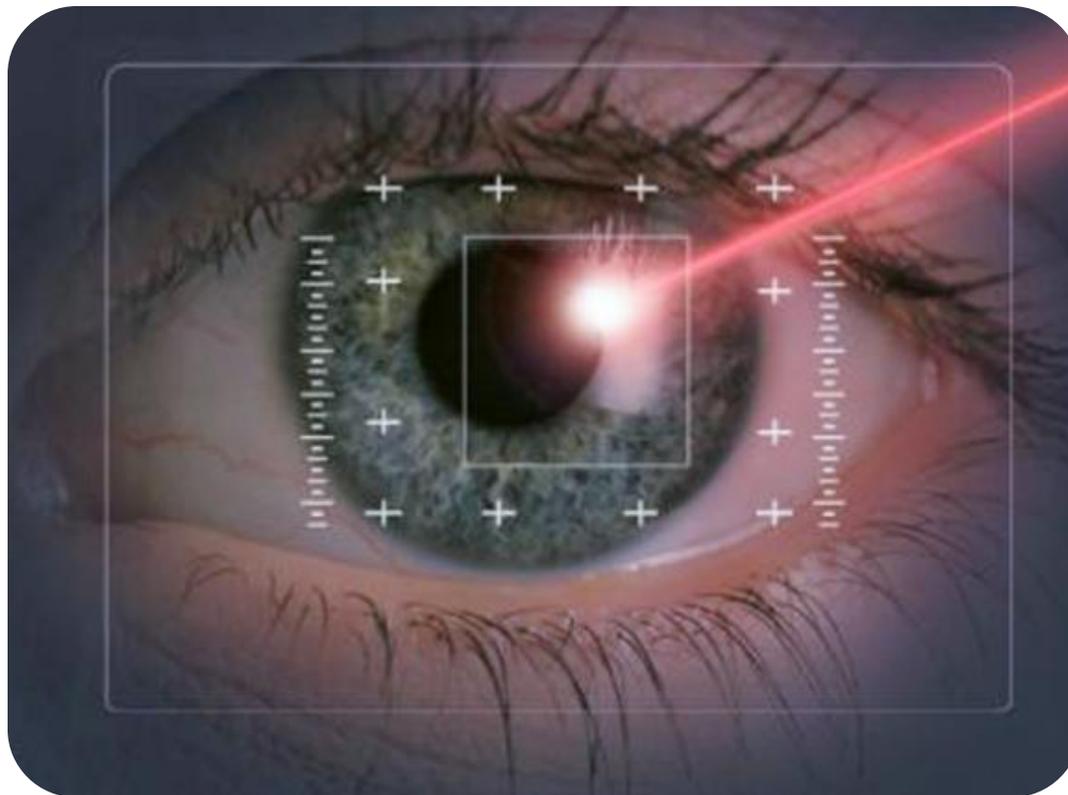
Излучение лазера имеет одну строго определенную длину волны ($\Delta\lambda \approx 0,01$ нм).



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]; B --- D[Низкая интенсивность: ≤10 Вт/см²]; C --- E[Высокая интенсивность: до 10⁶ Вт/см²];
```

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.

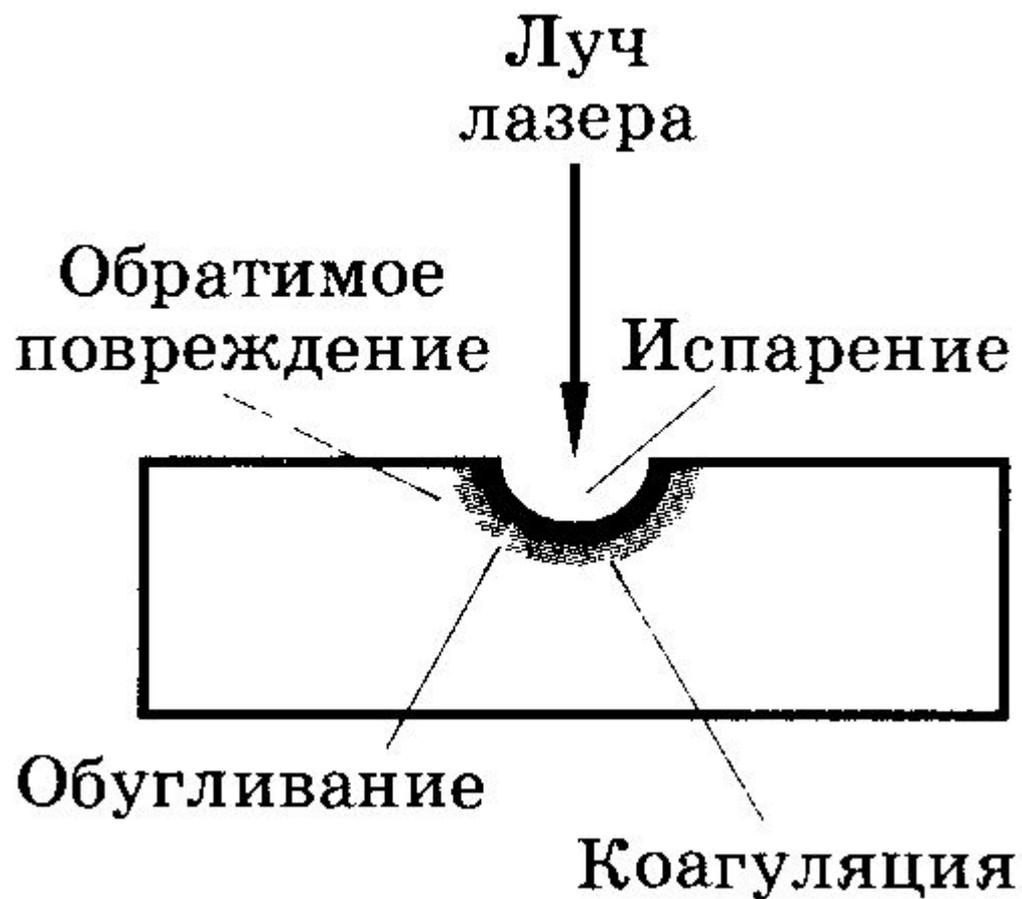
Применение в медицине

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

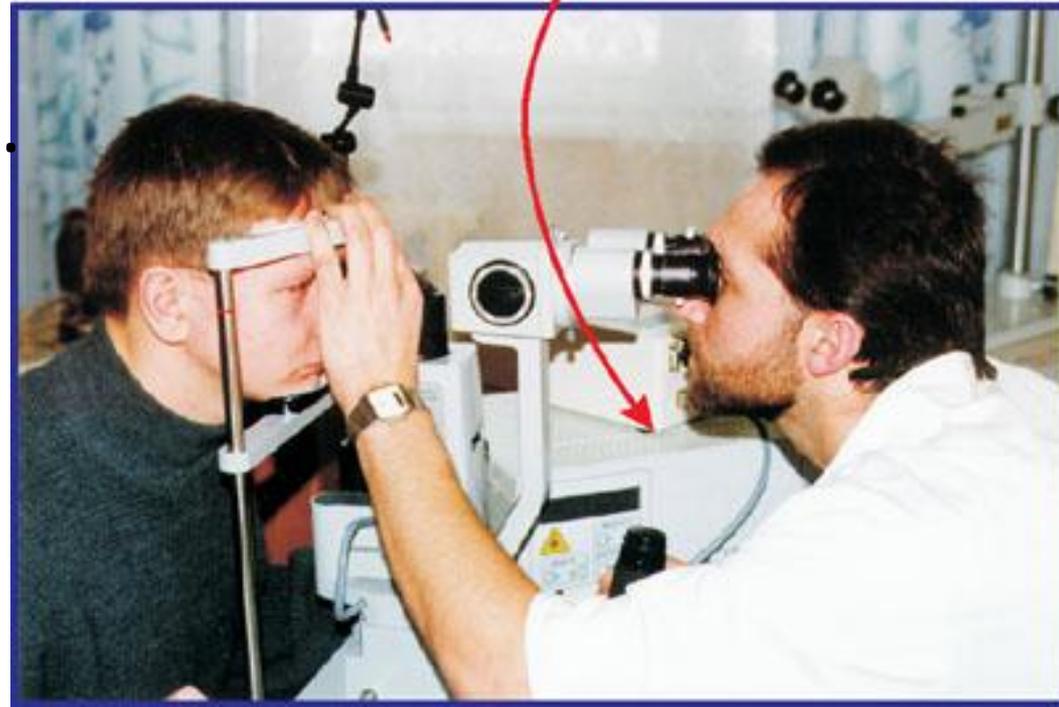
- бескровный разрез из-за фотокоагуляции
- надежность в работе (не сломается об косточку)
- прозрачный, что расширяет поле зрения хирурга
- абсолютная стерильность (луч + убивает микробы вследствие высокой температуры)
локальность
- анальгетический эффект
- быстрое ранозаживление

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: болезни 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