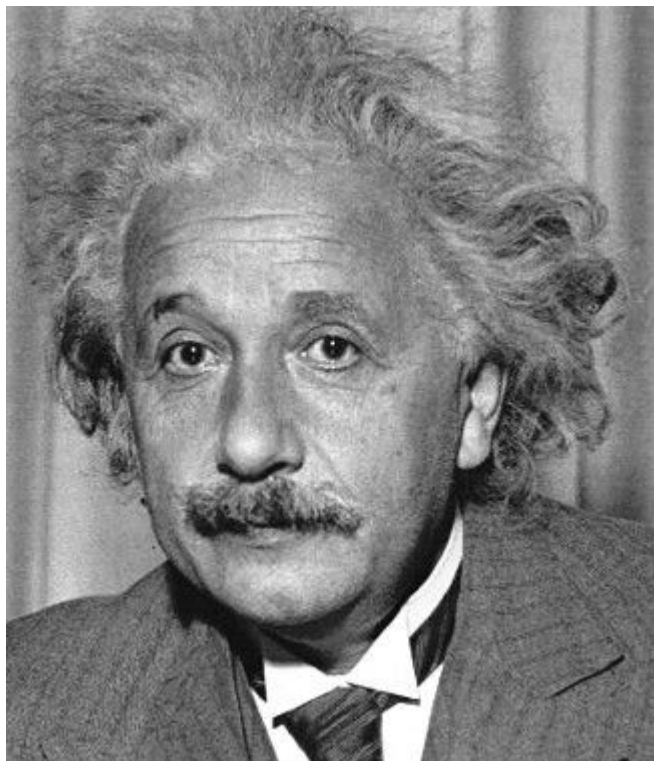


A close-up photograph of a small, clear, cylindrical laser diode component. A bright, intense red laser beam is being emitted from the device, extending diagonally across the frame. The beam is surrounded by a soft, glowing red and orange aura, creating a dramatic effect against a dark background. The beam's intensity is highest at the source and tapers slightly as it moves away.

Лазеры



В 1917 году А. Эйнштейн предсказал возможность так называемого индуцированного (вынужденного) излучения света атомами.



В 1940 г. В. А. Фабрикант говорил о возможности использования вынужденного излучения для усиления электромагнитных волн

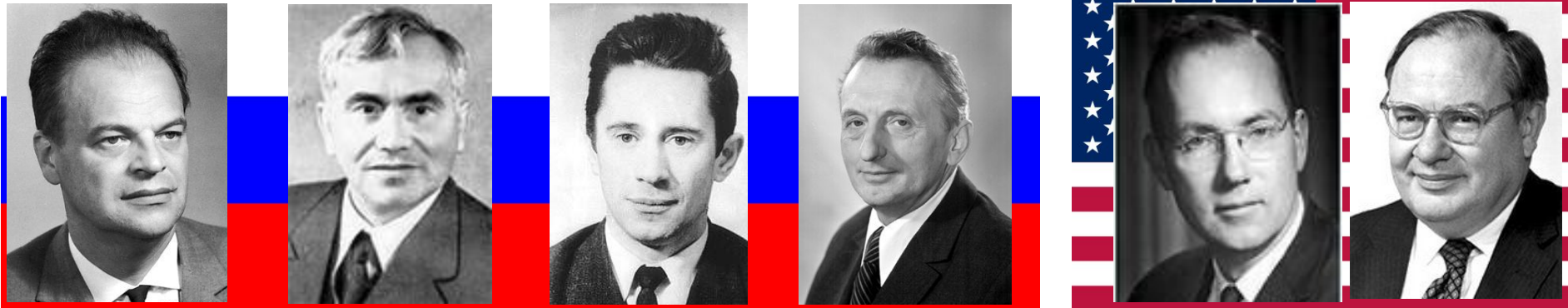


«**Лазер** – это устройство, в котором энергия, например тепловая, химическая, электрическая, преобразуется в энергию электромагнитного поля – лазерный луч. При таком преобразовании часть энергии неизбежно теряется, но важно то, что полученная в результате лазерная энергия обладает более высоким качеством. Качество лазерной энергии определяется её высокой концентрацией и возможностью передачи на значительное расстояние.

Лазерный луч можно сфокусировать в крохотное пятнышко диаметром порядка длины световой волны и получить плотность энергии, превышающую уже на сегодняшний день плотность энергии ядерного взрыва. С помощью лазерного излучения уже удалось достичь самых высоких значений температуры, давления, магнитной индукции. Наконец, лазерный луч является самым ёмким носителем информации и в этой роли – принципиально новым средством её передачи и обработки».

Н.Г. Басов

Лазер, источник электромагнитного излучения видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов, основанный на вынужденном излучении атомов и молекул. Слово "лазер" составлено из начальных букв (аббревиатура) слов английской фразы "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation", что означает "усиление света в результате вынужденного излучения". В российской литературе употребляется также термин "оптический квантовый генератор" (ОКГ).



В **1955 - 1957** годах появились работы Н.Г. Басова, Б.М. Вула, Ю.М. Попова и А.М. Прохорова в России, а также американских ученых Ч. Таунса и А. Шавлова, в которых были приведены научные обоснования для создания квантовых генераторов оптического диапазона.

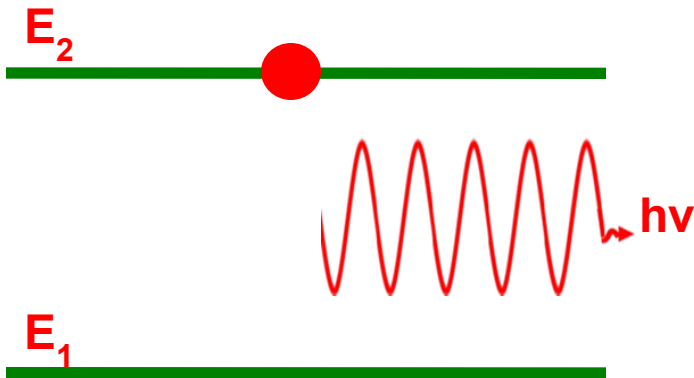
В **1960** году под руководством американского ученого А. Джавана был создан газовый лазер. Он использовал в качестве активной среды смесь газов гелия и неона.

В **1962** году практически одновременно в России и в США был создан лазер, у которого в качестве активного вещества применили полупроводниковый элемент.

В **1964** советским физикам Н. Г. Басову, А. М. Прохорову и американскому физика Ч. Таунсу за работы в области квантовой электроники присуждена Нобелевская премия по физике.

Для понимания сущности этого явления необходимо рассмотреть элементарные акты взаимодействия электромагнитного излучения с атомной системой.

Рассмотрим два энергетических состояния атома, основное состояние с энергией E_1 и возбужденное состояние с энергией E_2 . Переходя из возбужденного состояния в основное, атом излучает фотон с энергией $h\nu = E_2 - E_1$



Если возбужденный атом предоставлен сам себе, то он переходит в основное состояние самопроизвольно. Момент перехода предсказать невозможно, и поэтому излучение в этом случае называют **СПОНТАННЫМ**.

Спонтанное излучение различных атомов является **некогерентным**, поскольку атомы излучают совершенно независимо друг от друга.

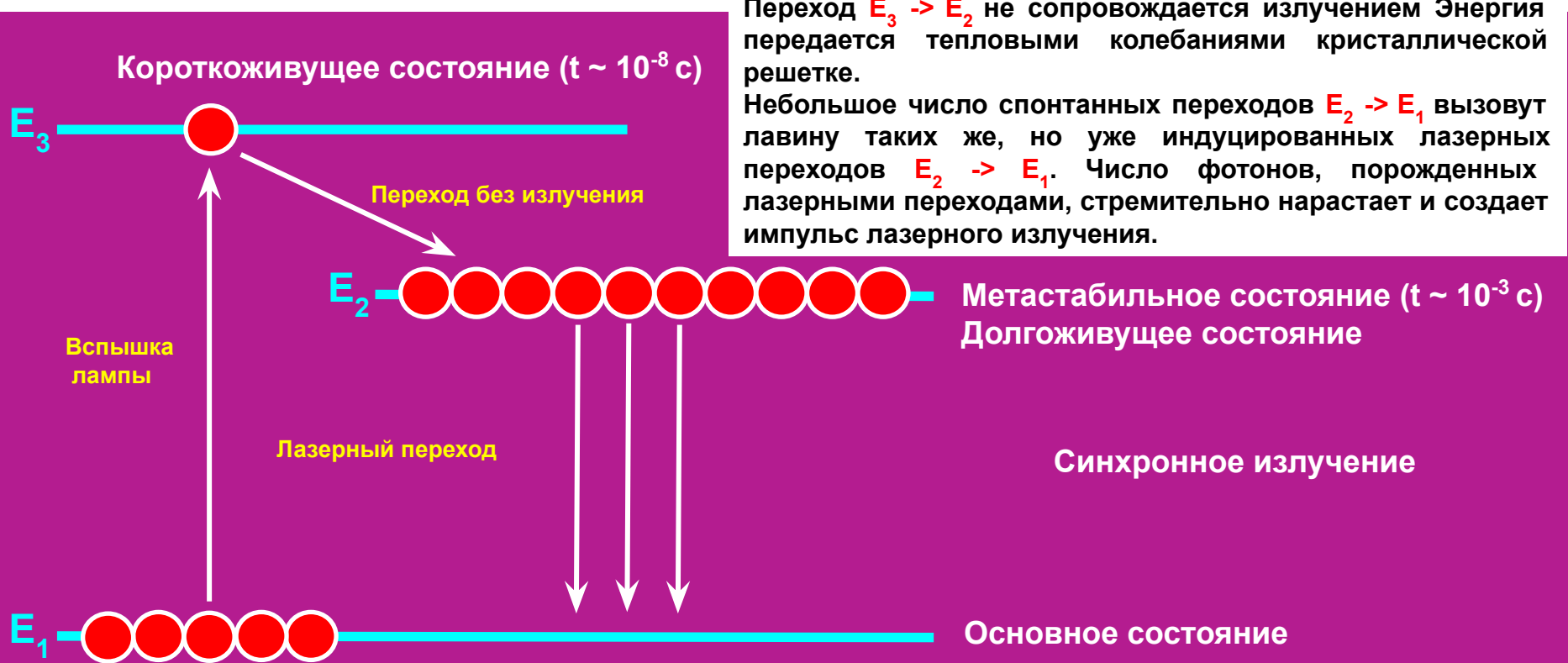
Атом излучил еще один фотон, тождественный падающему фотону. Вместо одного падающего фотона «на входе» возникли два фотона-близнеца «на выходе».

Атом можно заставить излучать фотон, вынудив соскок с верхнего уровня на нижний под действием внешнего электромагнитного поля, частота которого совпадает с частотой перехода $\nu = (E_2 - E_1)/h$.

Излучение атома, вызванное внешним электромагнитным полем, называется **вынужденным или индуцированным**.

В результате индуцированного излучения атом испускает монохроматическую волну, совпадающую с падающей волной по частоте и фазе. Эти две волны **интерферируя**, усиливают друг друга. Именно этот эффект используется в лазаре.

Трехуровневая система рубина



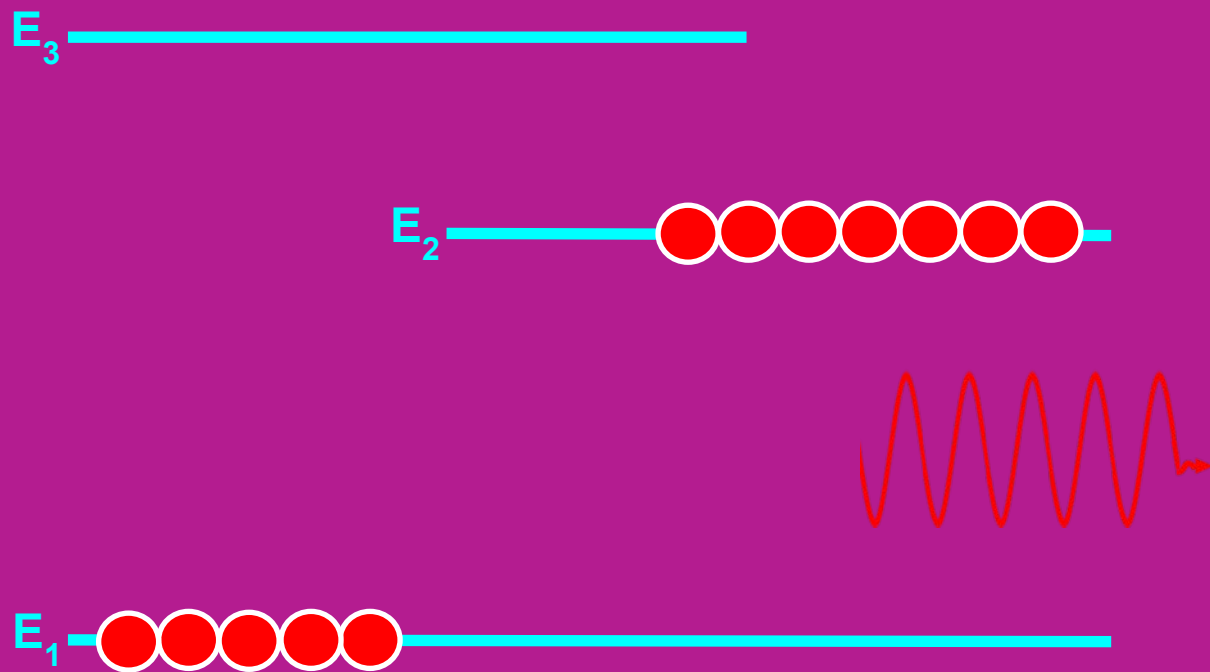
Переход $E_3 \rightarrow E_2$ не сопровождается излучением. Энергия передается тепловыми колебаниями кристаллической решетке.

Небольшое число спонтанных переходов $E_2 \rightarrow E_1$ вызовут лавину таких же, но уже индуцированных лазерных переходов $E_2 \rightarrow E_1$. Число фотонов, порожденных лазерными переходами, стремительно нарастает и создает импульс лазерного излучения.

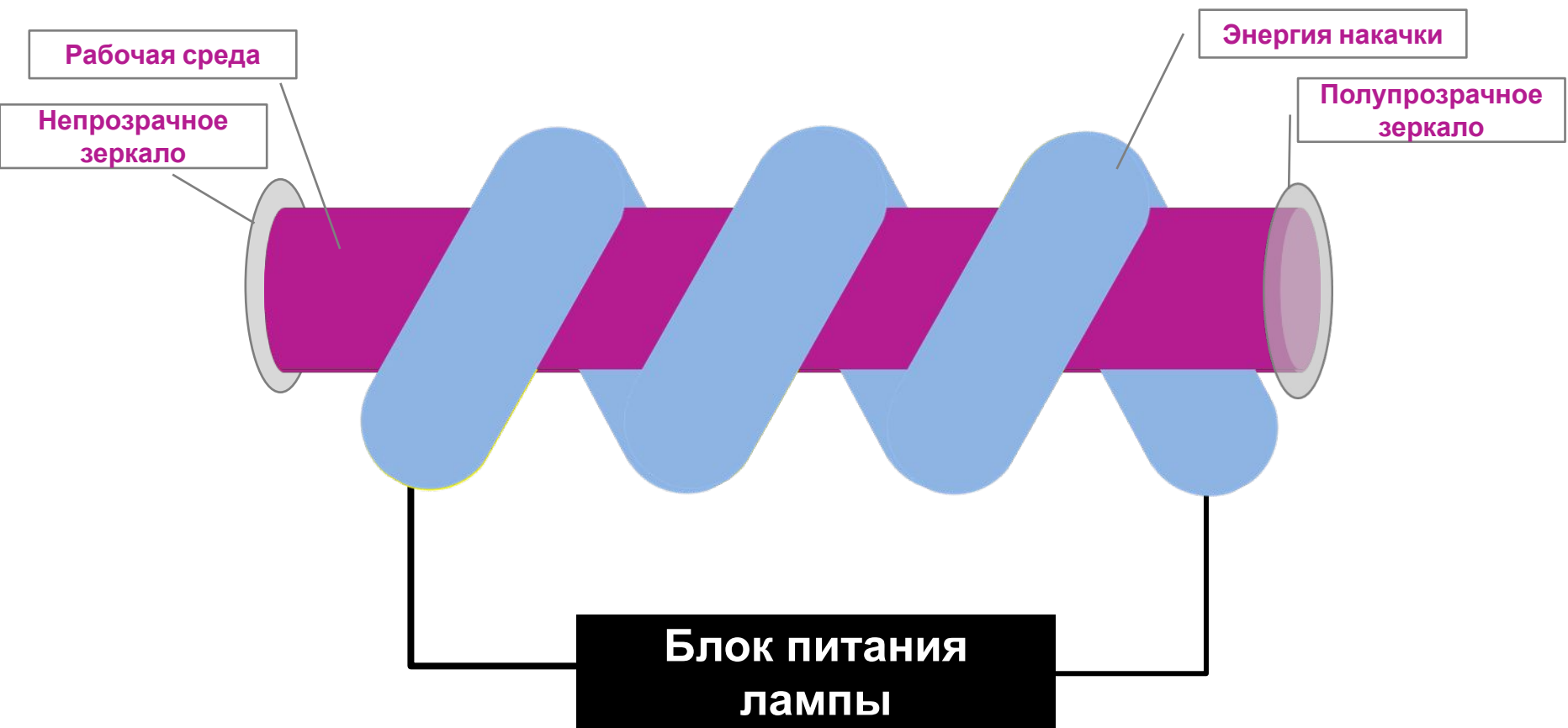
В начальной стадии большинство атомов находится в основном состоянии E_1 .

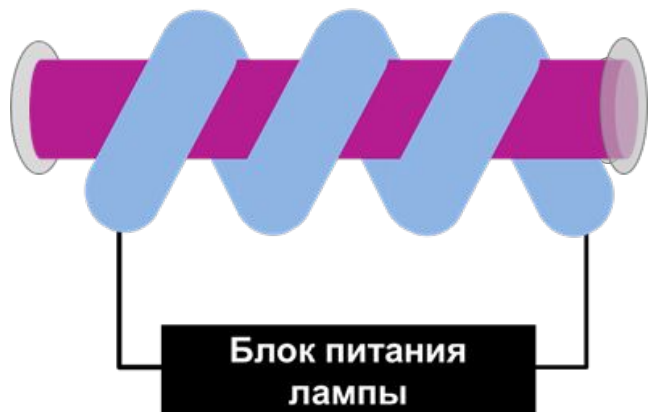
Мощная вспышка лампы переводит большую часть атомов среды в возбужденное состояние с энергией E_3 . Но электроны атомов не задерживаются на этом энергетическом уровне. Состояние E_3 обладает малым временем жизни t . Электрон соскакивают с уровня вниз, но не назад на уровень E_1 , а на промежуточный уровень E_2 .

Трехуровневая система рубина



Устройство рубинового лазера



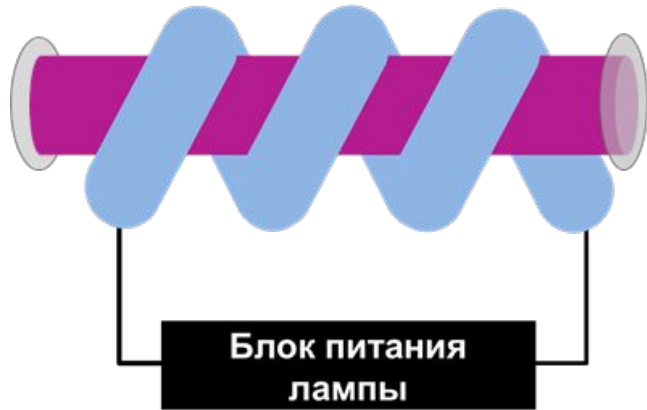


Рассмотрим принцип действия рубинового лазера. Рубин представляет собой кристалл оксида алюминия Al_2O_3 , в котором часть атомов алюминия замещена ионами хрома Cr_3^+ .

С помощью мощного импульса лампы - вспышки ("оптической накачки") ионы хрома переводятся из основного состояния E_1 в возбужденное E_2 .



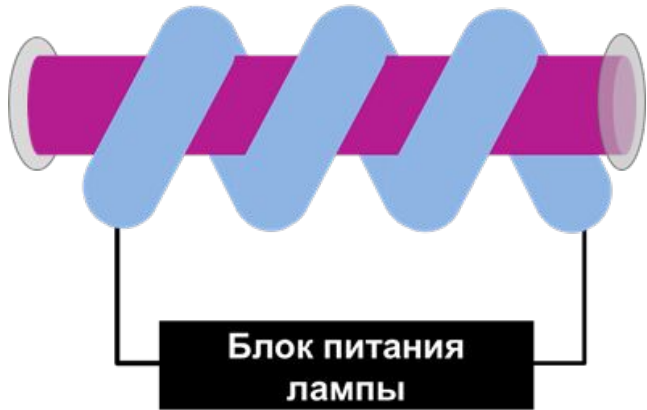
Световой импульс (вспышка лампы)



Через 10^{-8} с ионы, передавая часть энергии кристаллической решетке, переходят на метастабильный энергетический уровень $E_2 < E_3$, на котором они начинают накапливаться. Малая вероятность спонтанного перехода с этого уровня в основное состояние приводит к инверсной населенности: $n_2 > n_1$.

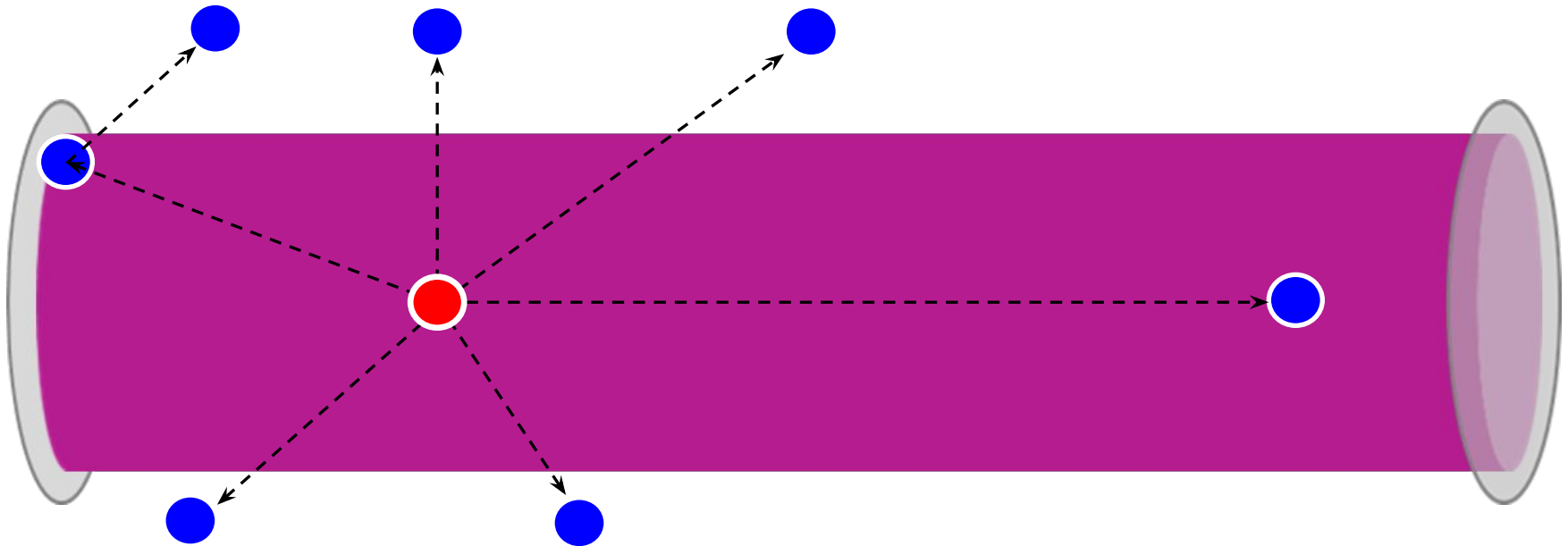
Случайный фотон с энергией $h\nu = E_2 - E_1$ может вызвать лавину индуцированных когерентных фотонов.

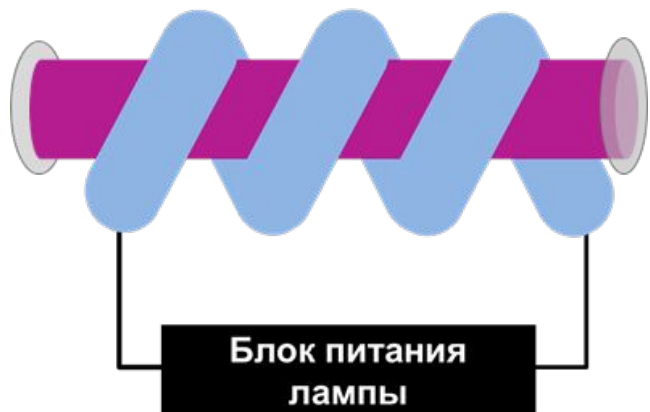




Через 10^{-8} с ионы, передавая часть энергии кристаллической решетке, переходят на метастабильный энергетический уровень $E_2 < E_3$, на котором они начинают накапливаться. Малая вероятность спонтанного перехода с этого уровня в основное состояние приводит к инверсной населенности: $n_2 > n_1$.

Случайный фотон с энергией $h\nu = E_2 - E_1$ может вызвать лавину индуцированных когерентных фотонов.





Индукцированное излучение, распространяющееся вдоль оси цилиндрического кристалла рубина, многократно отражается от его торцов и быстро усиливается.

Один из торцов рубинового стержня делают зеркальным, а другой - частично прозрачным. Через него выходит **мощный импульс когерентного монохроматического излучения красного цвета** с длиной волны 694,3 нм.



Основные особенности лазерного излучения

- ❖ лазерное излучение обладает исключительной монохроматичностью и когерентностью;
- ❖ пучок света лазера имеет очень маленький угол расхождения (около 10^{-5} рад), на луне такой пучок, испущенный с Земли, дает пятно диаметром 3 км;
- ❖ лазер - наиболее мощный искусственный источник света. Напряженность электрического поля в электромагнитной волне, излучаемой лазером, превышает напряженность поля внутри атома. В узком интервале спектра кратковременно (в течение промежутка времени продолжительностью порядка 10^{-3} с) у некоторых типов лазеров достигается мощность излучения 10^{17} Вт/см², в то время как мощность излучения Солнца равна только 7×10^3 Вт/см², причем суммарно по всему спектру.

Применение лазеров

Лазеры нашли применение в различных областях науки, техники и медицины. Очень перспективно применение лазерного излучения для космической связи, в светолокаторах, измеряющих большие расстояния с точностью до миллиметров, для передачи телевизионных и компьютерных сигналов по оптическому волокну. Лазеры используются при считывании информации с компакт-дисков, со штрих-кодов товаров. С помощью луча лазеров малой интенсивности можно проводить хирургические операции, например "приваривать" отслоившуюся от глазного дна сетчатку, делать сосудистые операции. Излучение мощных лазеров сваривает и разрезает металлические листы. Перспективно использование мощного лазерного излучения для осуществления управляемой термоядерной реакции.

Лазеры применяются также для топографической съемки, потому что луч лазера задает идеальную прямую линию. Направление тоннеля под проливом Ла-Манш задавалось лазерным лучом. С помощью лазерного излучения получают голографические трехмерные объемные изображения.

Создание лазеров - результат использования фундаментальных физических законов в прикладных исследованиях. Оно привело к гигантскому прогрессу в различных областях техники и технологии.

Локация Луны с помощью рубиновых лазеров и специальных уголковых отражателей, доставленных на Луну, позволила увеличить точность измерения расстояний Земля - Луна до нескольких см.

Время (1,255 секунды), за которое свет, пущенный с Земли, достигает Луны.

Среднее расстояние между центрами Земли и Луны - 384 467 км.

