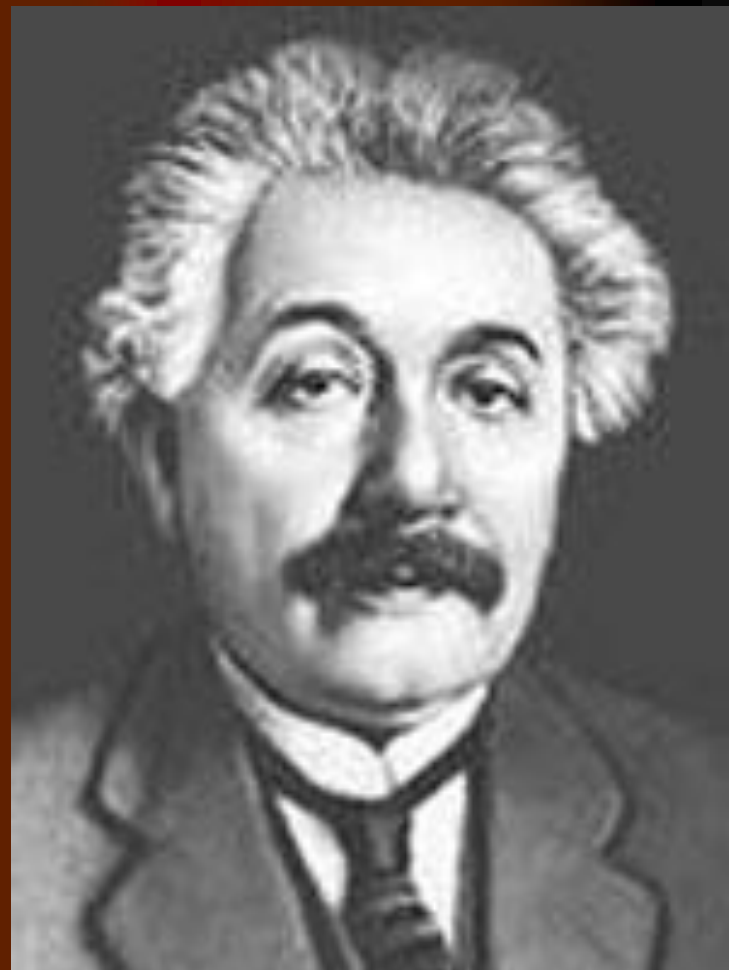


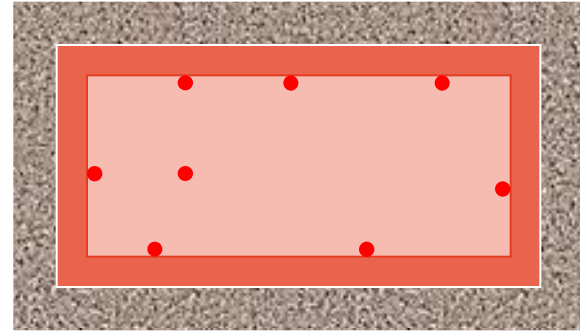
Тема 3. Лазеры (Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation)

- 3.1. Спонтанное и вынужденное излучения фотонов



Эйнштейн Альберт
(14.III.1879–18.IV.1955)

Одноатомный газ в полости с зеркальными стенками



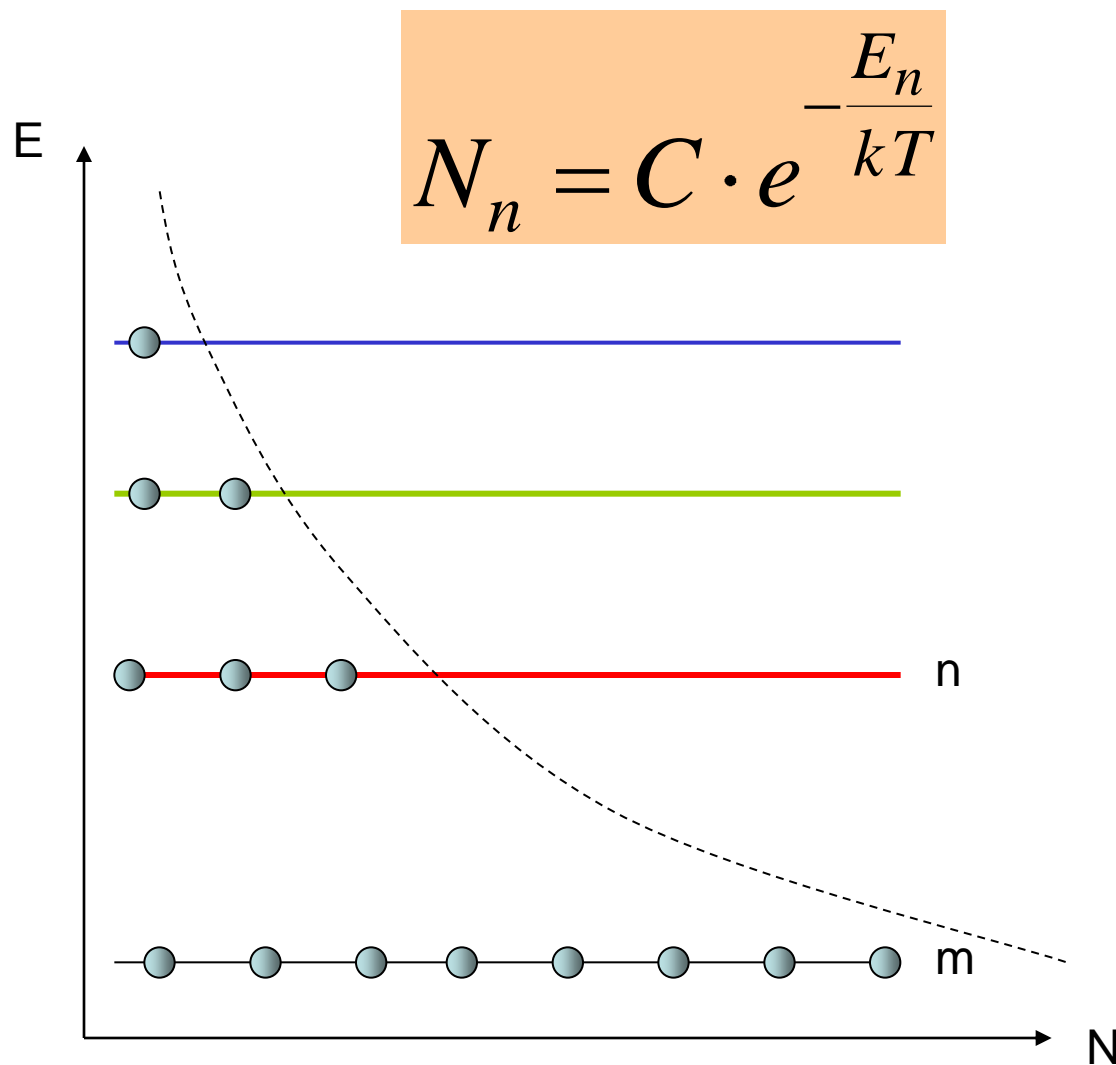
1) Упругие столкновения

$$E_n - E_m \gg \frac{3}{2} kT$$

2) Неупругие столкновения

$$E_n - E_m \leq \frac{3}{2} kT$$

Распределение Больцмана



Спонтанное излучение

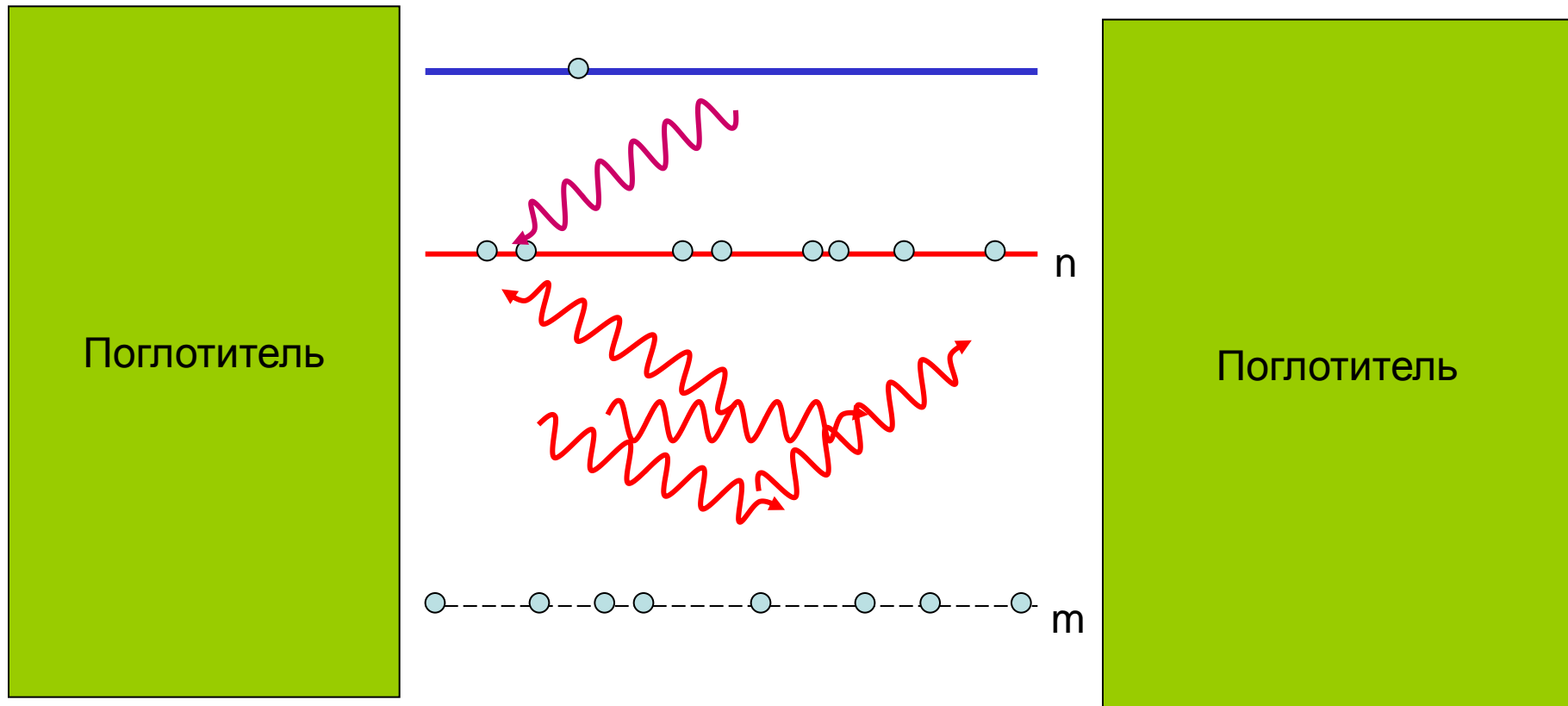
$$\hbar\omega_{kp} = E_2 - E_1$$

Число атомов,
совершающих
переход в ед. вр.

$$N_{nm}^c = A_{nm} \cdot N_n$$

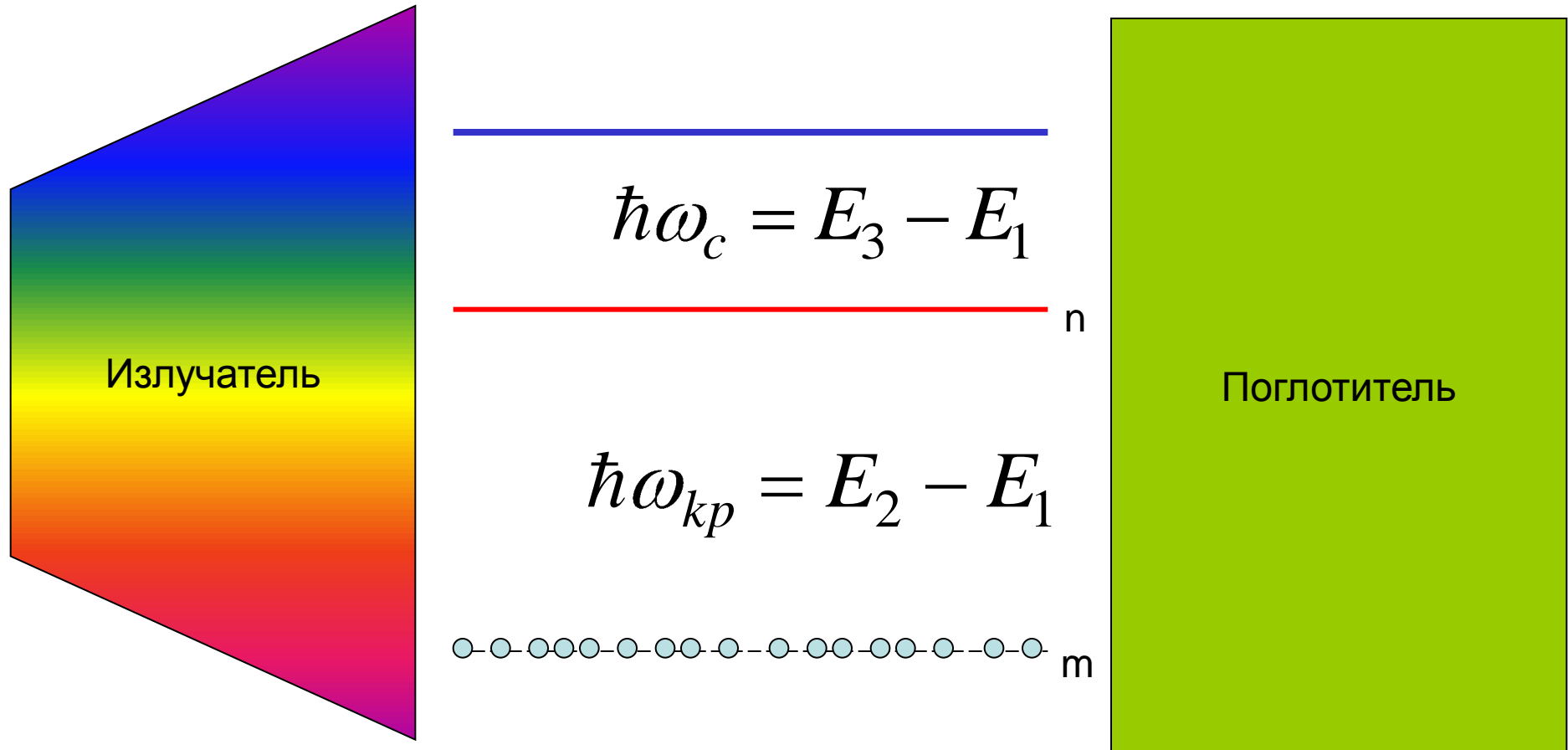
$$\hbar\omega_{ikp} = E_3 - E_2$$

A_{nm} – вероятность спонтанного
перехода одного атома в ед. вр.

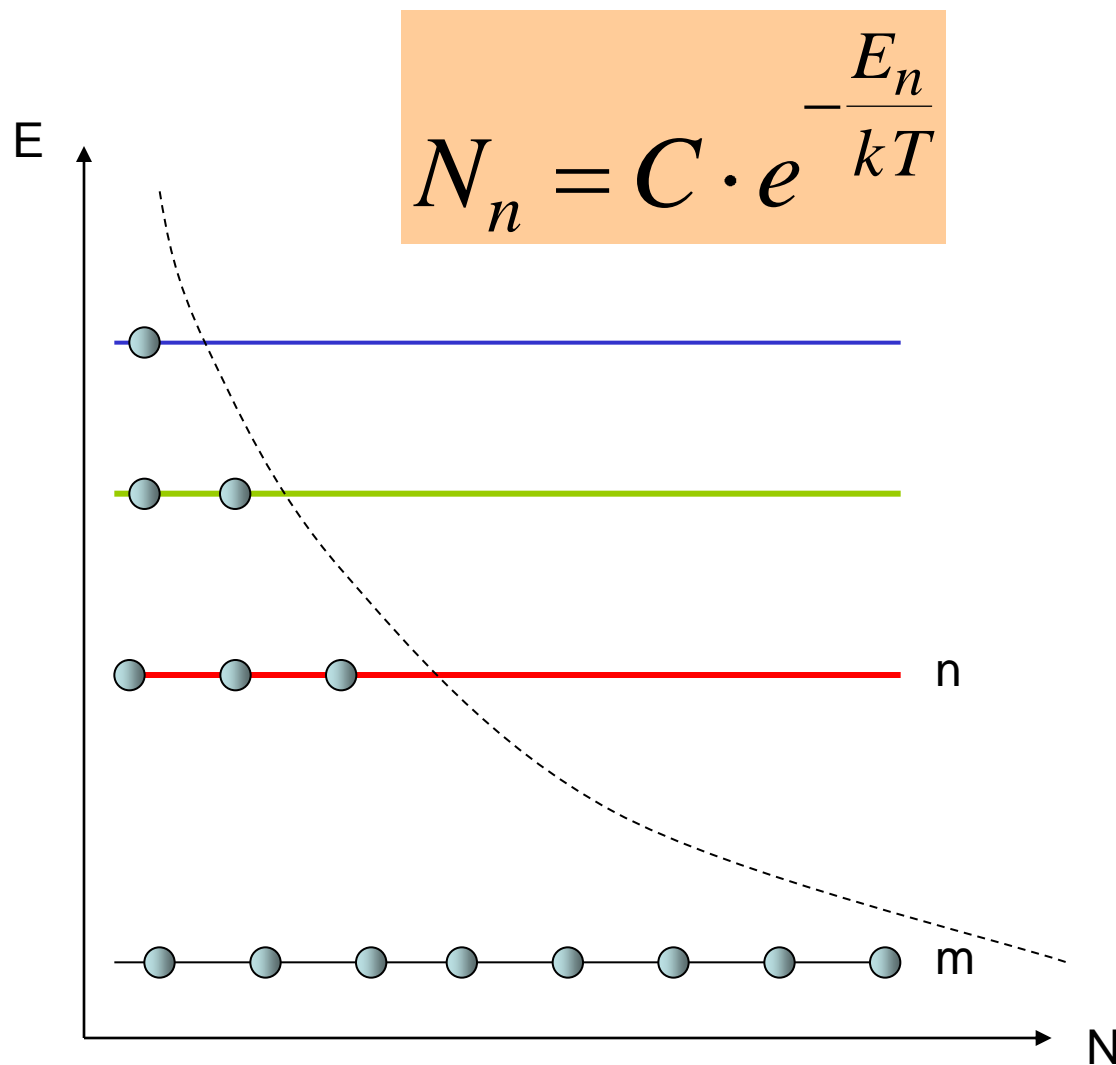


Вынужденное поглощение

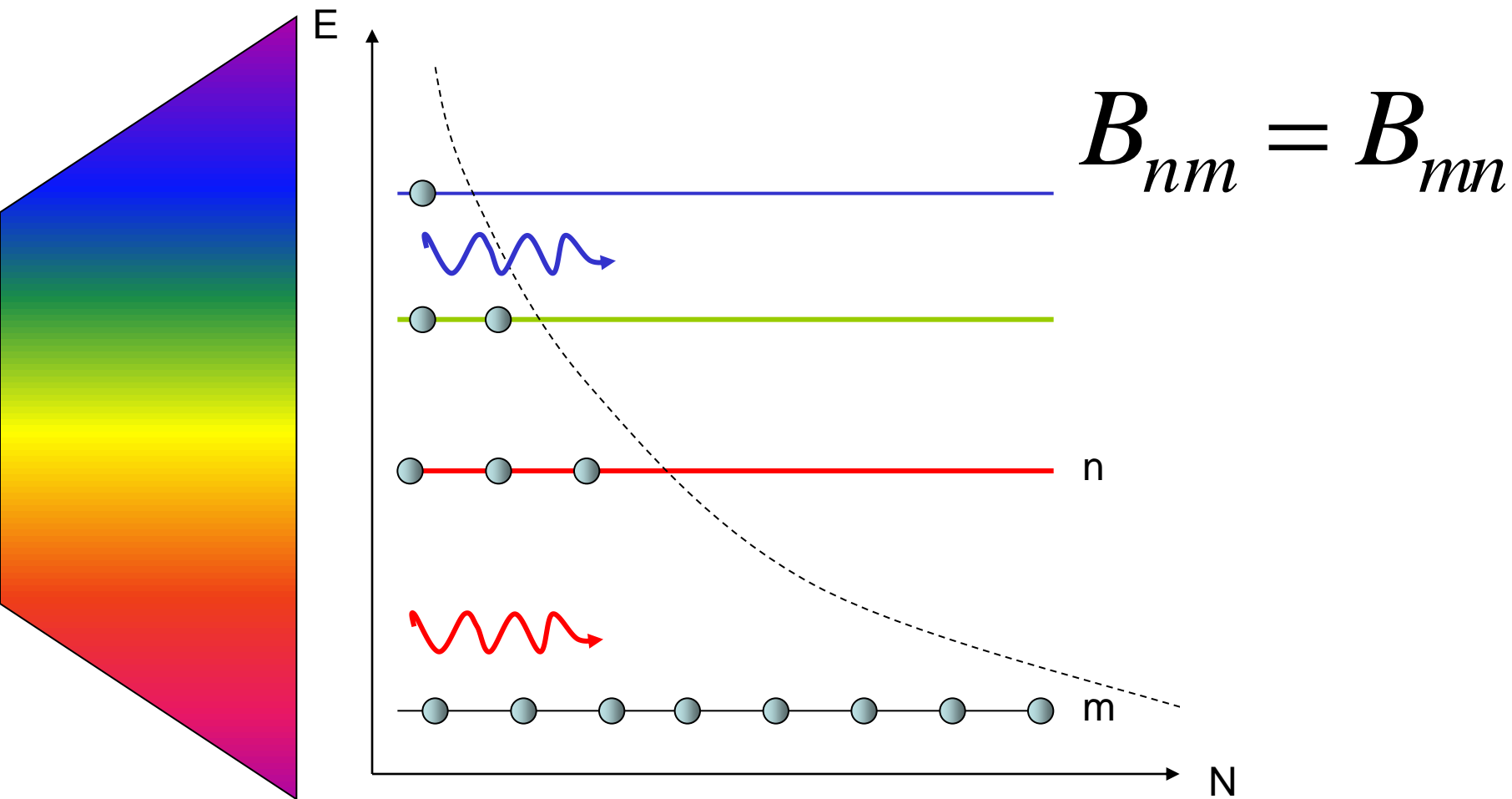
$$N_{mn}^B = B_{mn} \cdot N_m \cdot u \quad \omega_{nm}$$



Условия равновесия

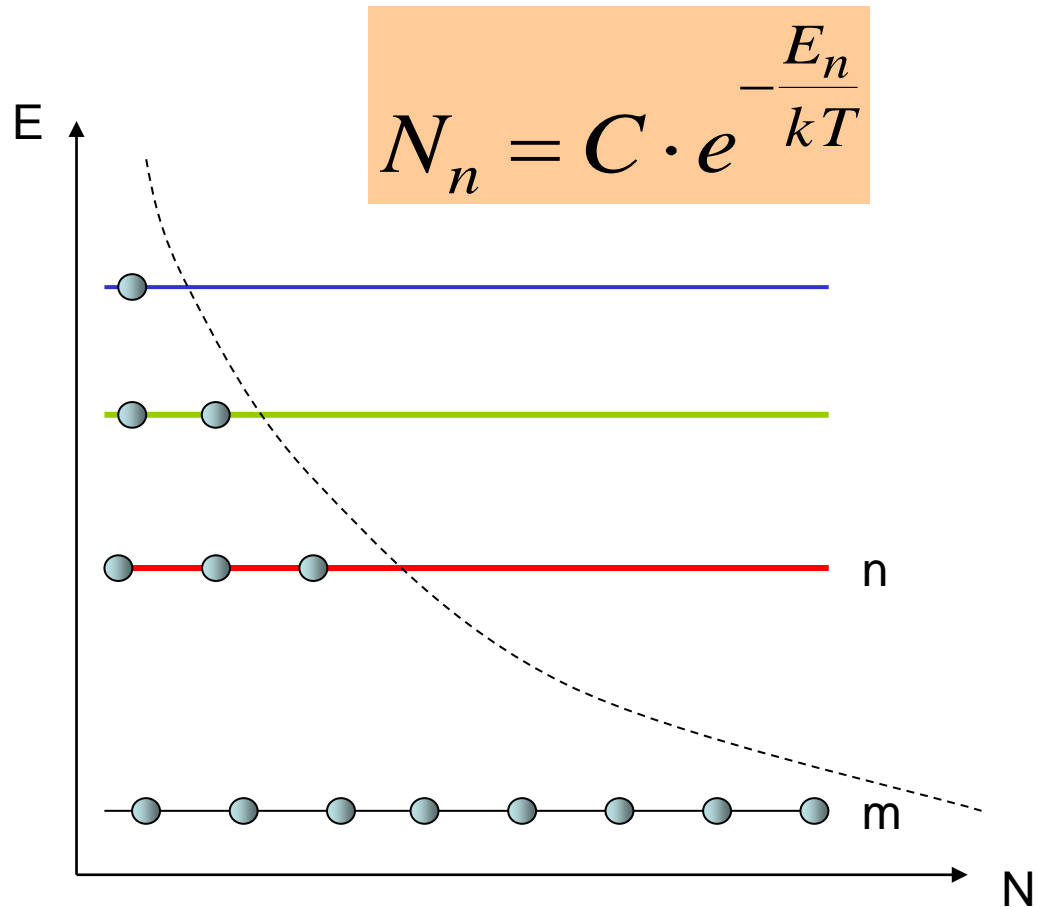


Вынужденное излучение (Эйнштейн 1916 г.)

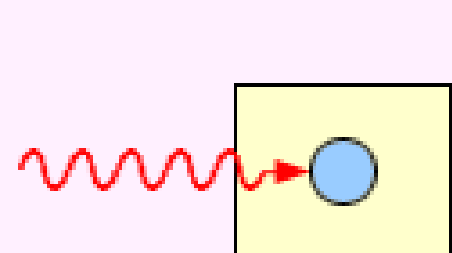
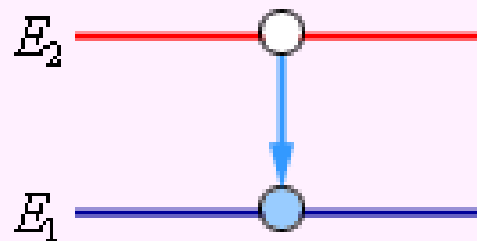
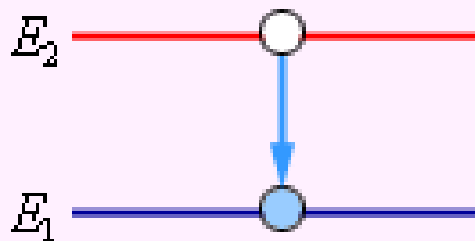
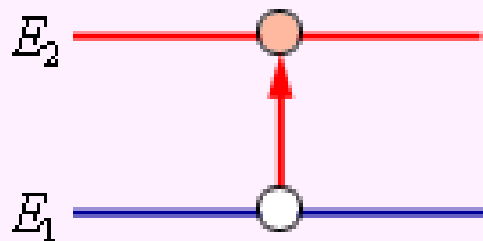


Принцип детального равновесия

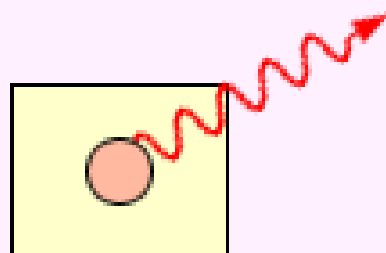
$$A_{nm} \cdot N_n + B_{nm} \cdot N_n \cdot u \cdot \omega_{nm} = B_{mn} \cdot N_m \cdot u \cdot \omega_{nm}$$



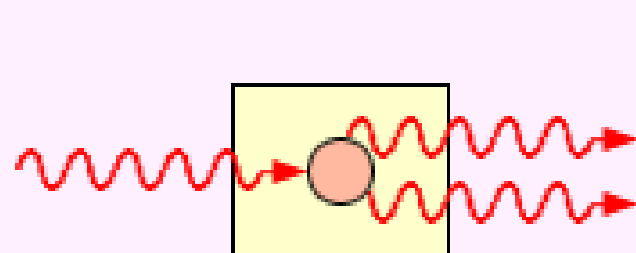
Процессы (а) поглощения,
(b) спонтанного испускания и
(c) вынужденного испускания кванта



(a)

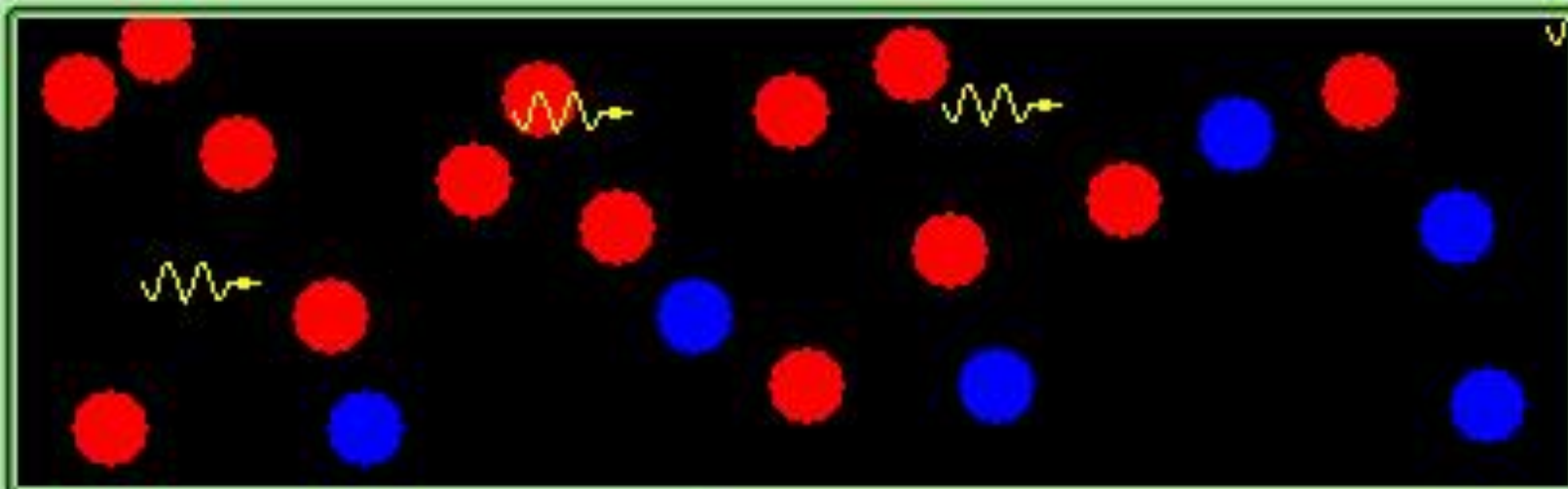
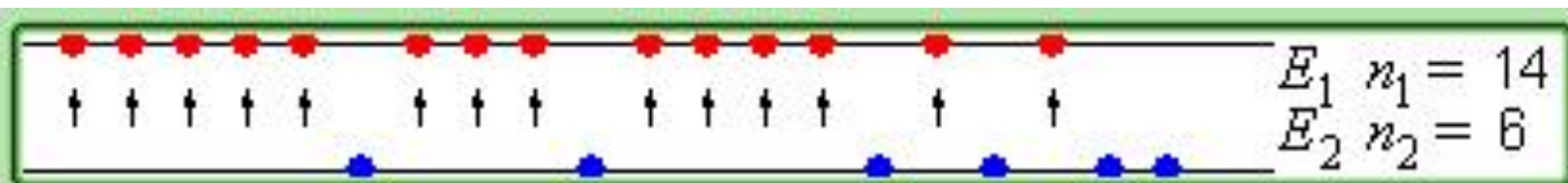


(b)



(c)

Лазер, двухуровневая модель



- Поглощение
- Спонтанное излучение
- Вынужденное излучение
- Усилитель света

$N_{\text{ВХ}}$ - число фотонов на входе
 $N_{\text{ВЫХ}}$ - число фотонов на выходе
 P - уровень накачки
 $N_{\text{ВХ}} = 19$
 $N_{\text{ВЫХ}} = 1$

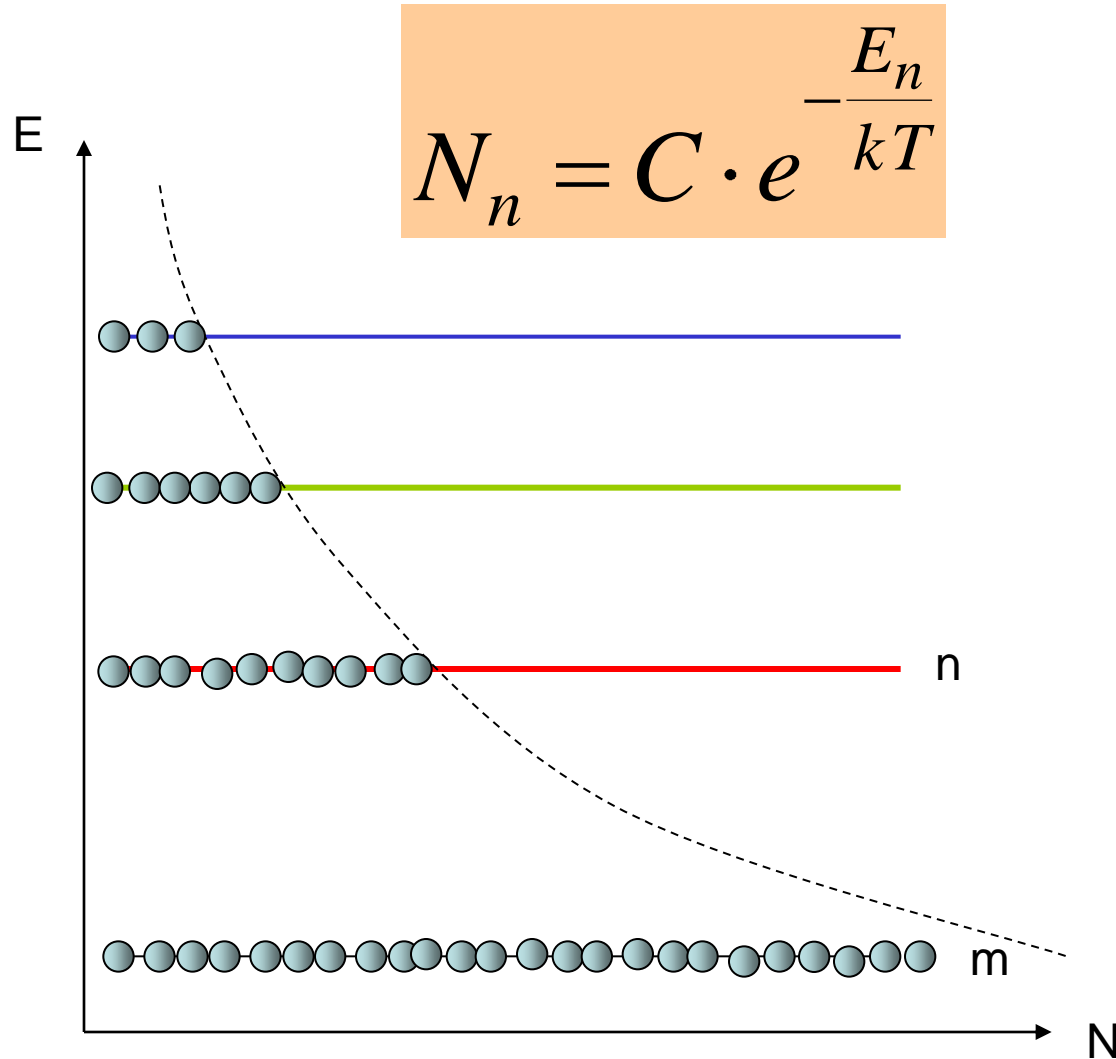
Стоп

Сброс

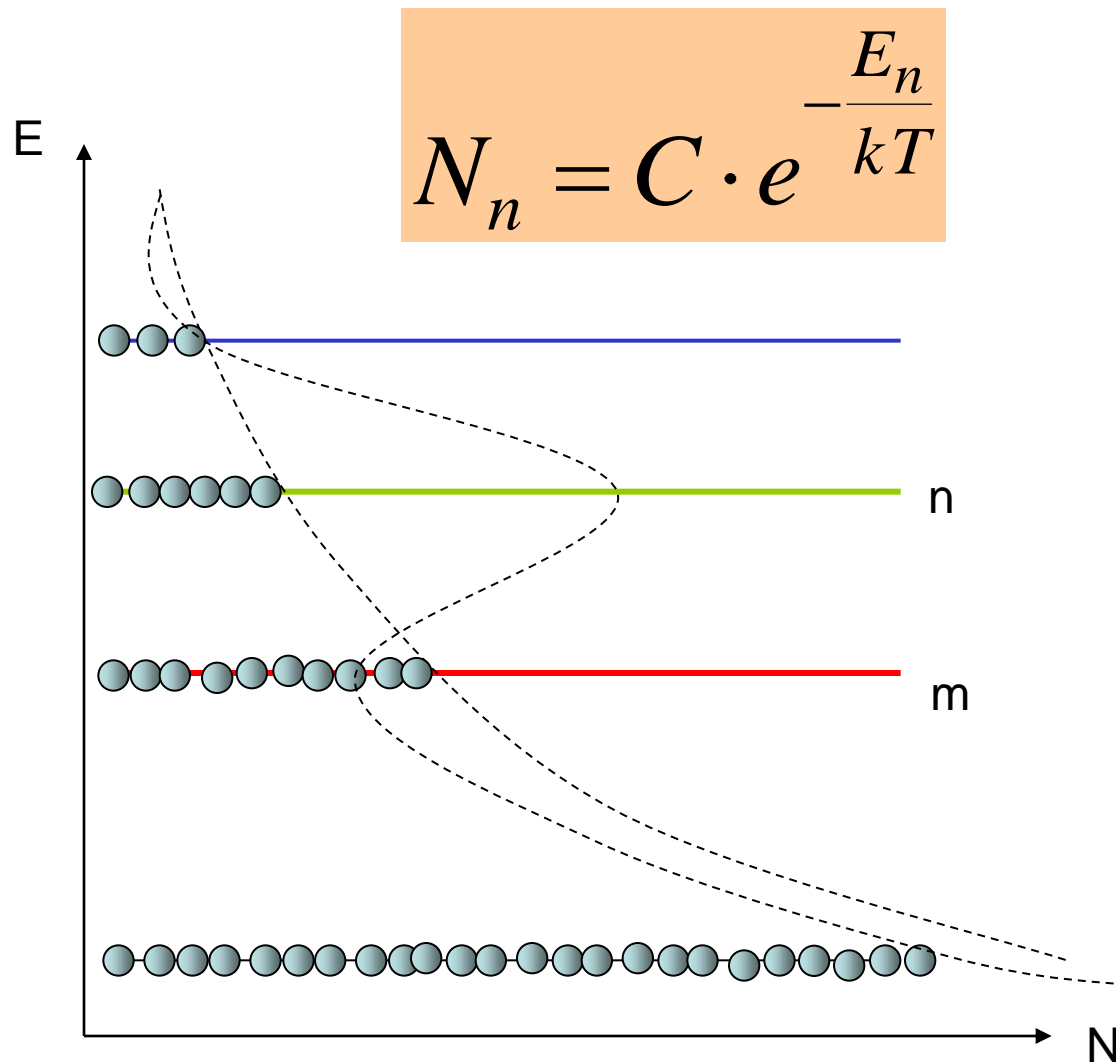
Тема 3. Лазеры

- 3.2. Инверсия населенности

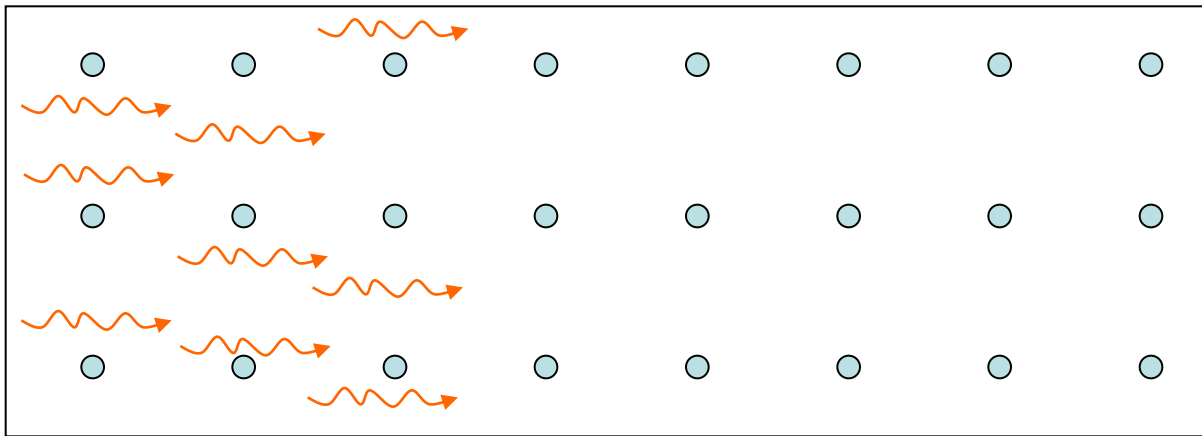
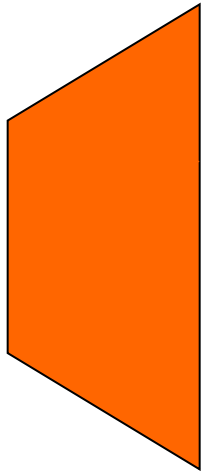
Распределение Больцмана (нормальная заселенность)



Инверсная (обратная) заселенность



Идея усилителя света (В.А. Фабрикант 1940 г.)

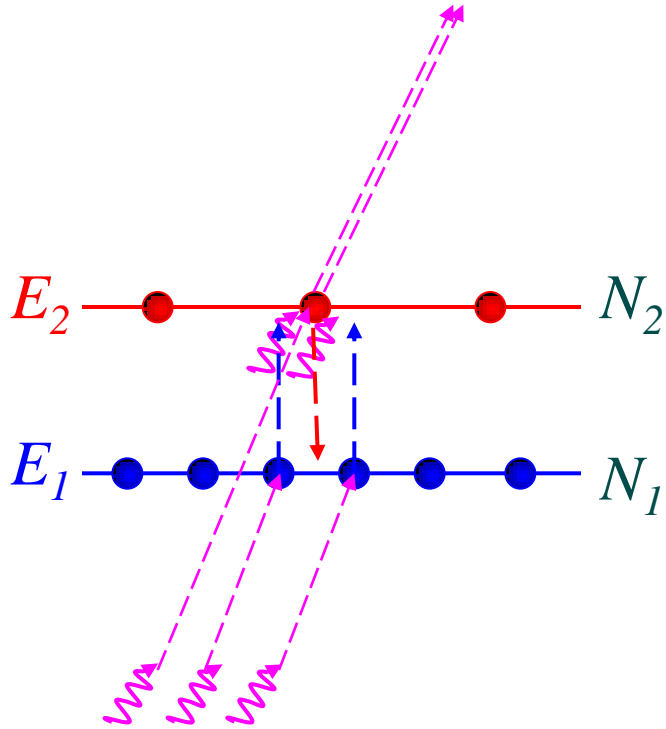


Закон Бугера

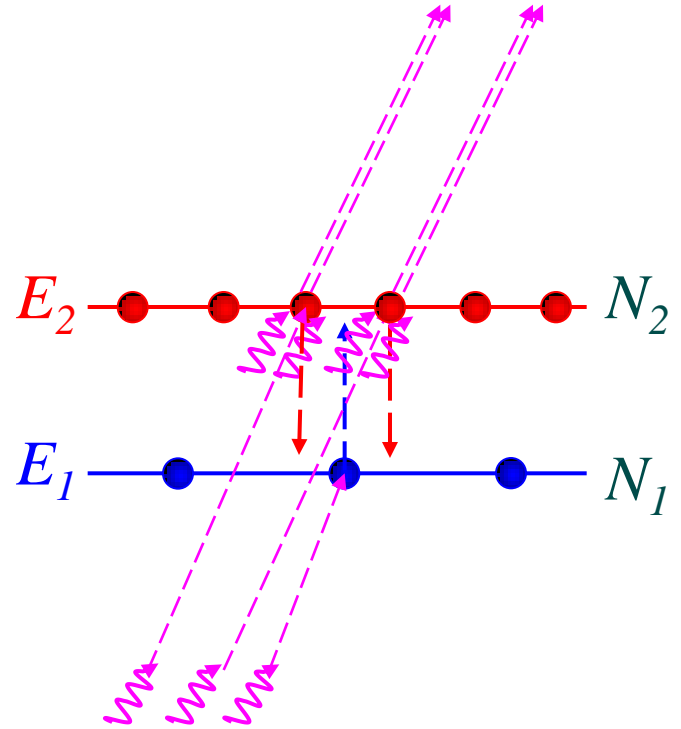
$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Коэффициент поглощения $\mu < 0$

Естественная населенность



Инверсная населенность



Мазеры (1953 г.)

$\lambda \approx 1$ см (microwave)



Басов

Николай Геннадьевич
(14.XII.1922–1.VII.2001)



Прохоров

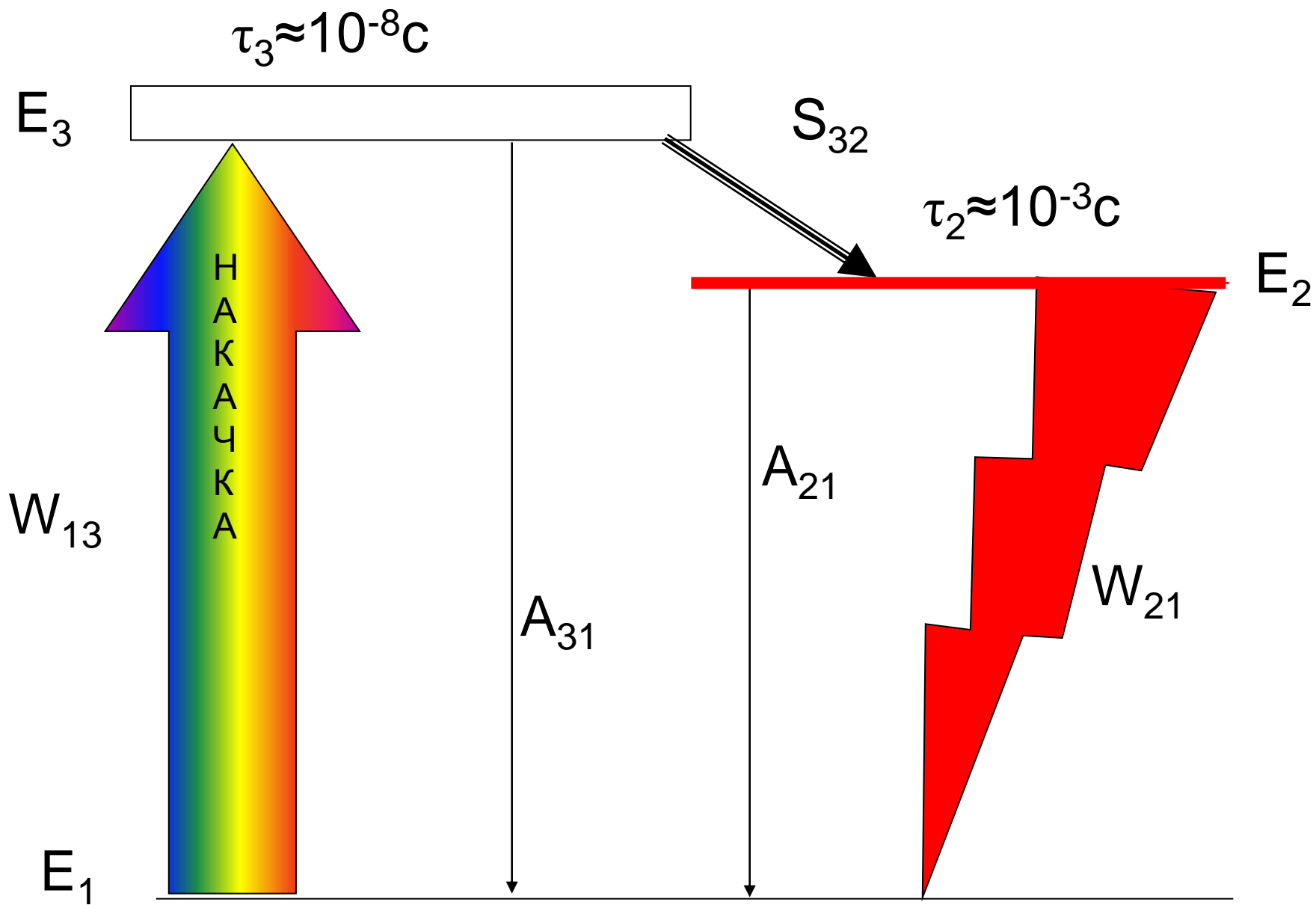
Александр Михайлович
(28.VI.1916–8.I.2002).

Таунс Чарльз Хард
(р.28. VII.1915)

Тема 3. Лазеры

- 3.3. Трехуровневый (рубиновый) лазер (1960 г.)

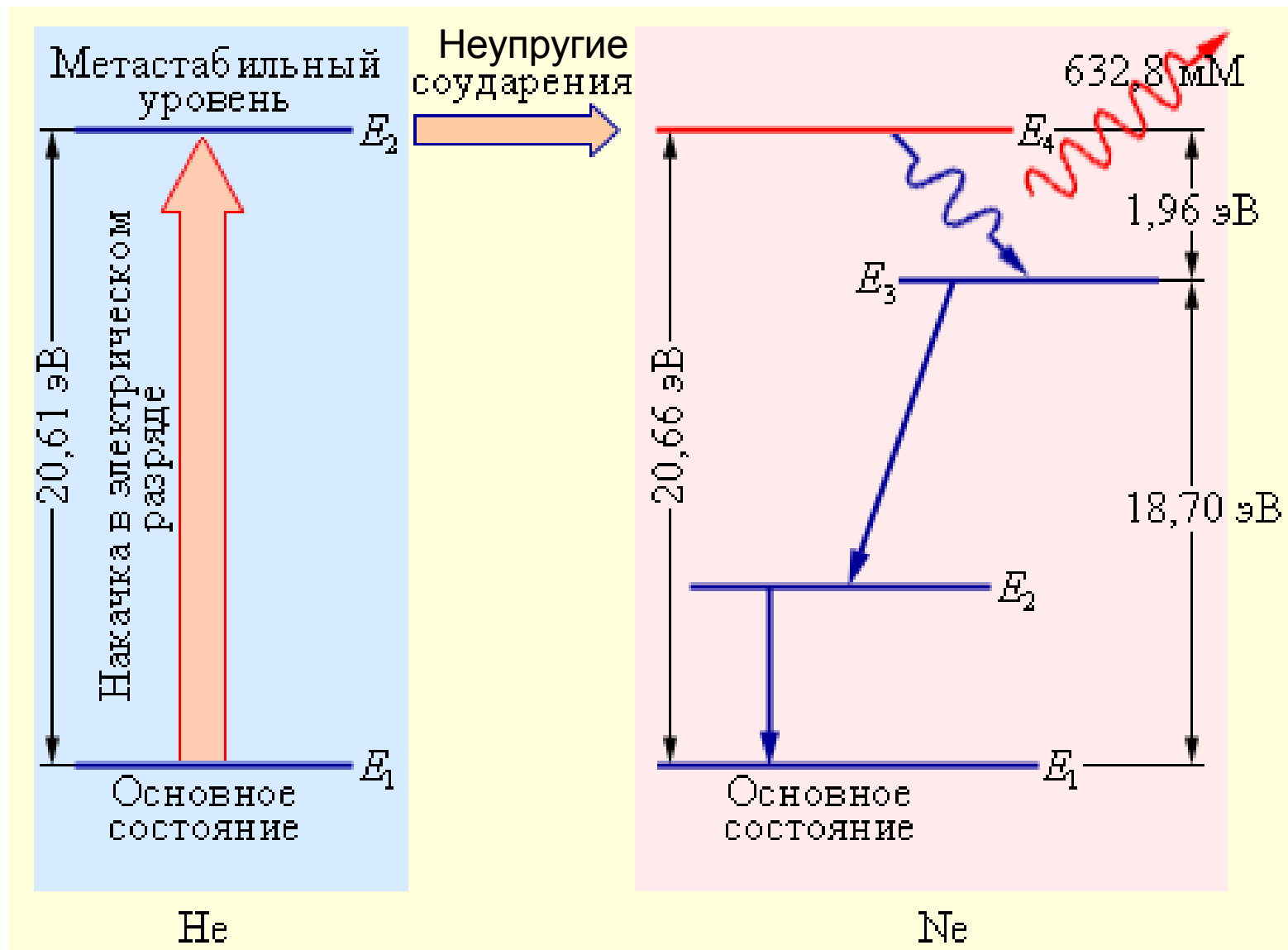
Мейман Теодор Гарольд
(р. 11.VII.2027)



Тема 3. Лазеры

- 3.4. Газовые лазеры

Механизм накачки He–Ne лазера (He:Ne = 10:1)



Прямыми стрелками изображены *спонтанные* переходы в атомах неона.

Свойства излучения лазера:



- 1. Строгая монохроматичность ($\Delta\lambda \sim 0,1 \text{ \AA}$)
- 2. Высокая когерентность
- 3. Большая интенсивность
- 4. Узость пучка
- 5. Поляризованность





Накачка электрическим разрядом

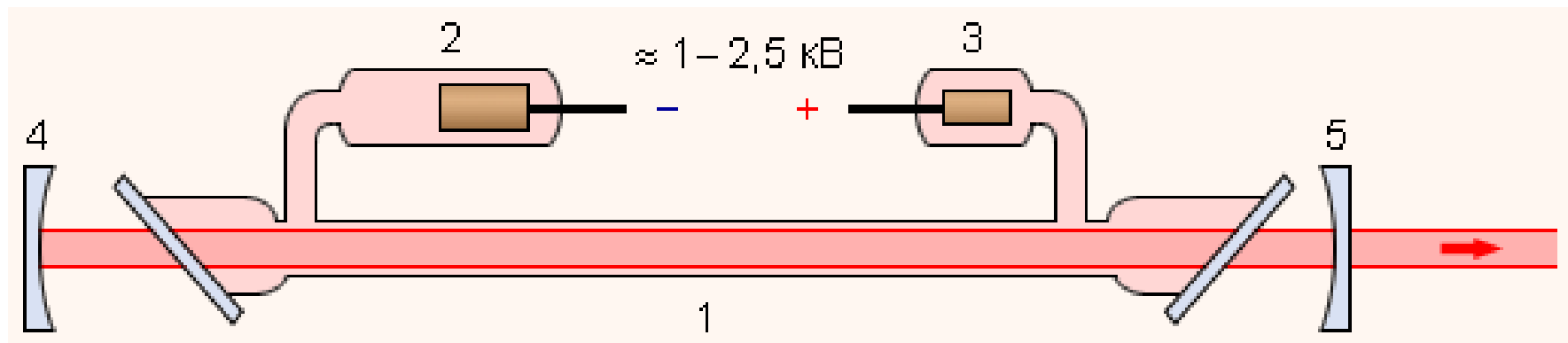


Схема гелий-неонового лазера:

- 1 – стеклянная кювета со смесью гелия и неона, в которой создается высоковольтный разряд;
- 2 – катод; 3 – анод;
- 4 – глухое сферическое зеркало с пропусканием менее 0,1 %;
- 5 – сферическое зеркало с пропусканием 1–2 %.

Другие виды накачки

Химическая накачка

Ядерная накачка

