

**Состояние электрона в  
многоэлектронном  
атоме. Периодическая  
система элементов  
Менделеева. Спонтанное  
и вынужденное  
излучение. Лазеры.**

# Состояние электрона в многоэлектронном атоме. Периодическая система элементов Менделеева.

1)	$E$	$L^2$	$L_z$	$S$
	↓	↓	↓	↓
	$n$	$l$	$m_l$	$m_s$
	главное квантово число	орбитально квантово число	орбитально магнитное квантово число	спиновое квантово число
	$E = -\frac{mZ^2e^4}{2\hbar^2n^2}$	$L^2 = \hbar^2l(l+1)$	$L_z = \hbar m_l$	$m_s = \pm \frac{1}{2}$

2) **Принцип Паули:** в атоме может существовать только один электрон в состоянии, характеризуемом данными значениями четырех квантовых чисел.

Число состояний с одинаковой энергией называется **кратностью вырождения**.

$n$

$$\ell = 0, 1, \dots, n - 1$$

$$m_\ell = -\ell, \dots, -1, 0, 1, \dots, \ell$$

$$m_s = \pm \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow N = 2 \sum_{\ell=0}^{n-1} (2\ell + 1) = 2n^2.$$

Совокупность электронов атома с заданным значением главного квантового числа  $n$  образует электронный слой или просто **слой**.

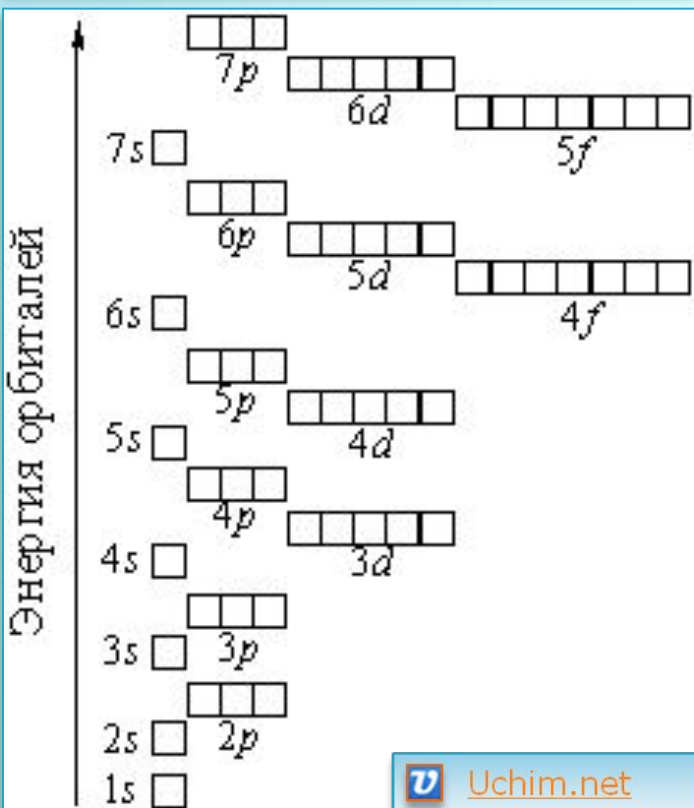
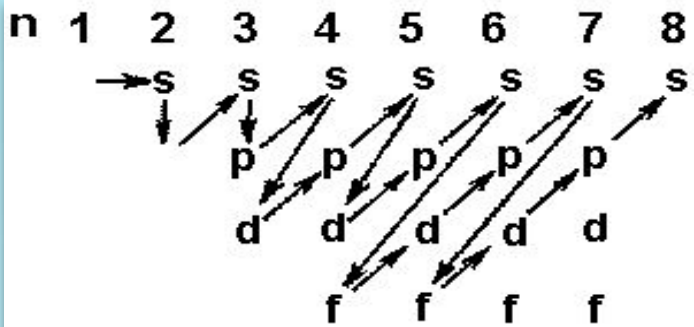
$n$	1	2	3	4	5
Слой	К	L	M	N	O
Максимальное число электронов в слое	2	8	18	32	50

Совокупность электронов с заданными значениями  $n$  и  $l$  образует **оболочку**.

$l$	0	1	2	3	4
Оболочка	$s$	$p$	$d$	$f$	$g$
Максимальное число электронов в оболочке	2	6	10	14	18

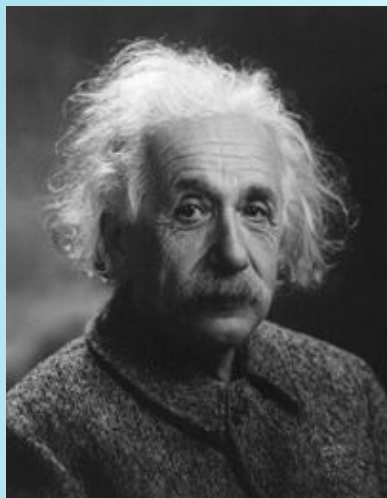
# Энергетическая последовательность орбиталей в изолированных атомах

**Правило Клечковского:** орбитальная энергия последовательно повышается по мере увеличения суммы  $(n+l)$ , при одном и том же значении этой суммы относительно меньшей энергией обладает атомная орбиталь с меньшим значением главного квантового числа  $n$ .



$(n+l)$	$n$	$l$	Атомные орбитали	
1	1	0	1s	1 период
2	2	0	2s	2 период
3	2	1	2p	
3	3	0	3s	3 период
	3	1	3p	
4	4	0	4s	4 период
	3	2	3d	
5	4	1	4p	
	5	0	5s	
6	4	2	4d	5 период
	5	1	5p	
6	6	0	6s	6 период
	4	3	4f	
	5	2	5d	
7	6	1	6p	7 период
	7	0	7s	
	5	3	5f	
8	6	2	6d	Начало 8 периода
	7	1	7p	
	8	0	8s	

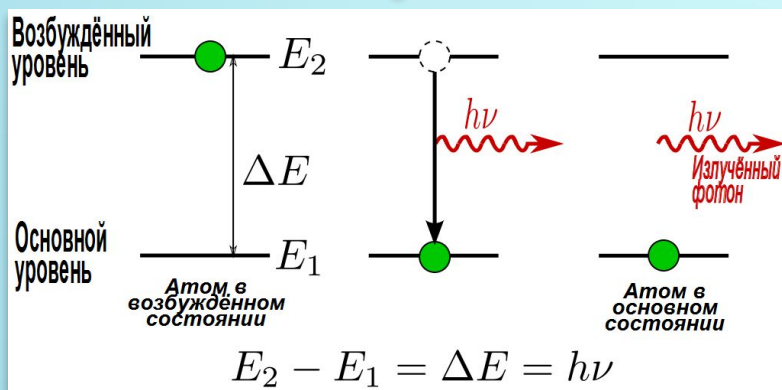
# Спонтанное и вынужденное излучение.



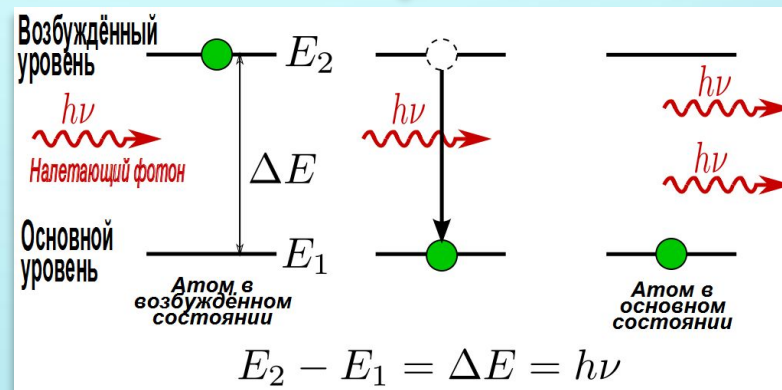
**Принцип детального равновесия:** в условиях теплового равновесия для каждого перехода энергия, поглощаемая системой, должна быть равна энергии, испускаемой системой за то же время.

1917 г. А. Эйнштейн:  
Механизмы испускания света веществом

Спонтанное (некогерентное)



Вынужденное (когерентное)



# Лазеры



А.М. Прохоров

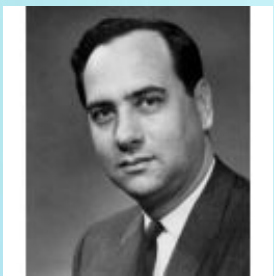


Н.Г. Басов



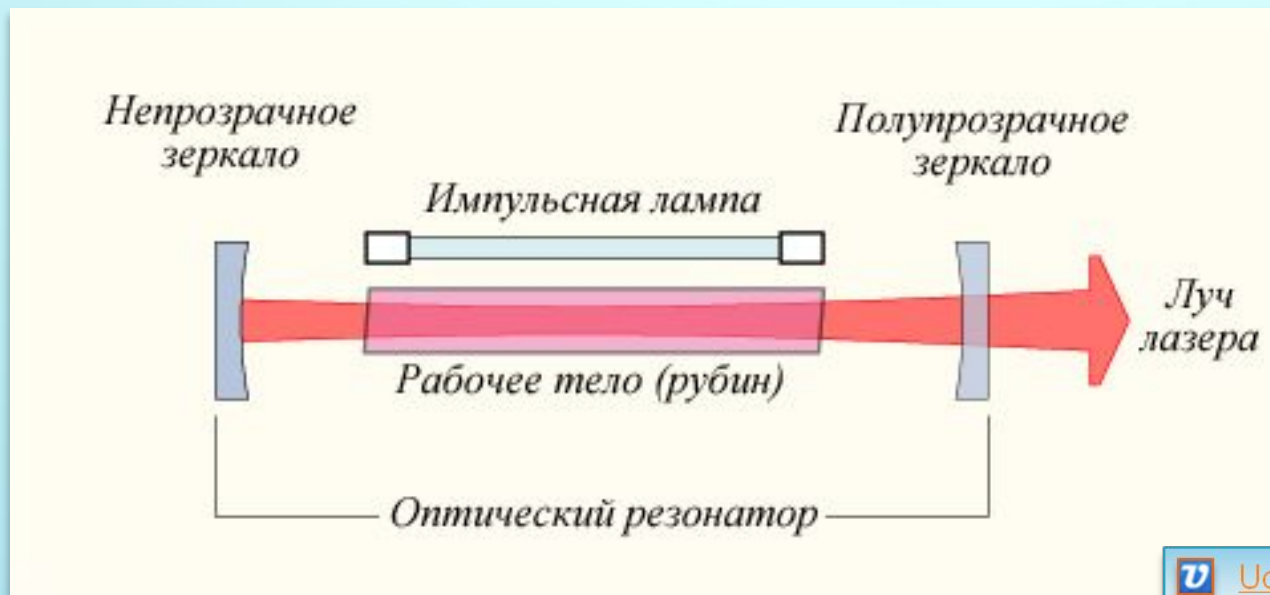
Ч. Таунс

В 1954 г. Впервые создали генераторы электромагнитного излучения, использующие механизм вынужденного перехода.



Т. Мейман

В 1960 г. создал лазер в оптическом диапазоне работающий на рубине.



# Виды лазеров

## Газовые

- гелий-неоновый
- аргоновый
- криптоновый
- ксеноновый
- азотный
- втористо-водородный
- кислородно-йодный
- углекислотный ( $\text{CO}_2$ )
- на монооксиде углерода (CO)
- экимерный

## На парах металлов

- гелий-кадмиевый
- гелий-ртутный
- гелий-селеновый
- на парах меди
- на парах золота

## Твердотельные

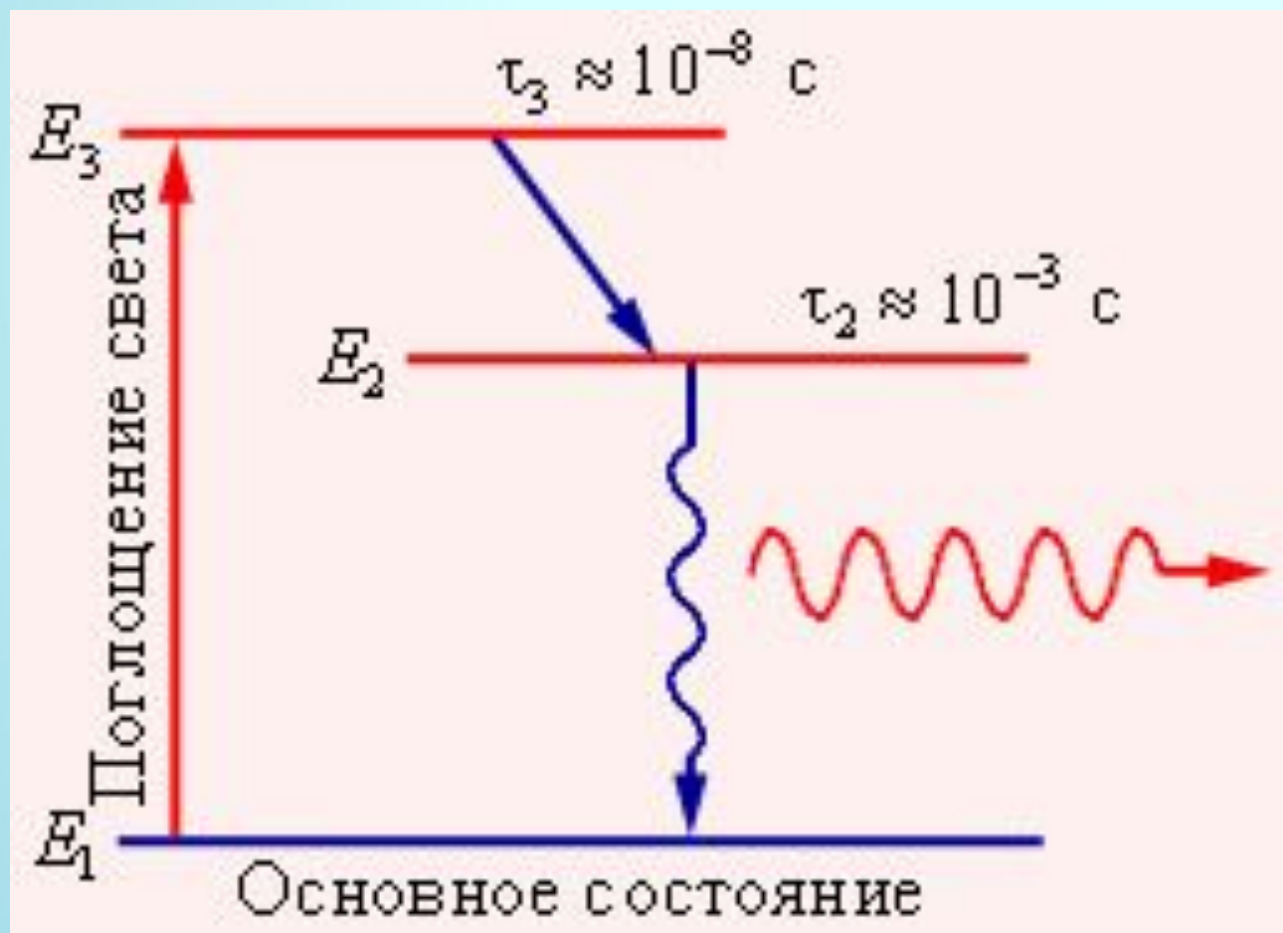
- рубиновый
- алюмо-иттриевые
- на фториде иттрия-лития
- на ванадате иттрия
- на неодимовом стекле
- титан-сапфировые
- александритовый
- оптоволоконный
- на фториде кальция

## Другие типы

- полупроводниковый лазерный диод
- на красителях
- на свободных электронах
- псевдо-никелево-самариевый



# Трехуровневая схема оптической накачки.



# Гелий-неоновый лазер

Осенью 1960 г. Джават Беннет и Эрриот продемонстрировали работу газового лазера, в котором инверсная населенность создавалась в смеси двух газов – гелия и неона.

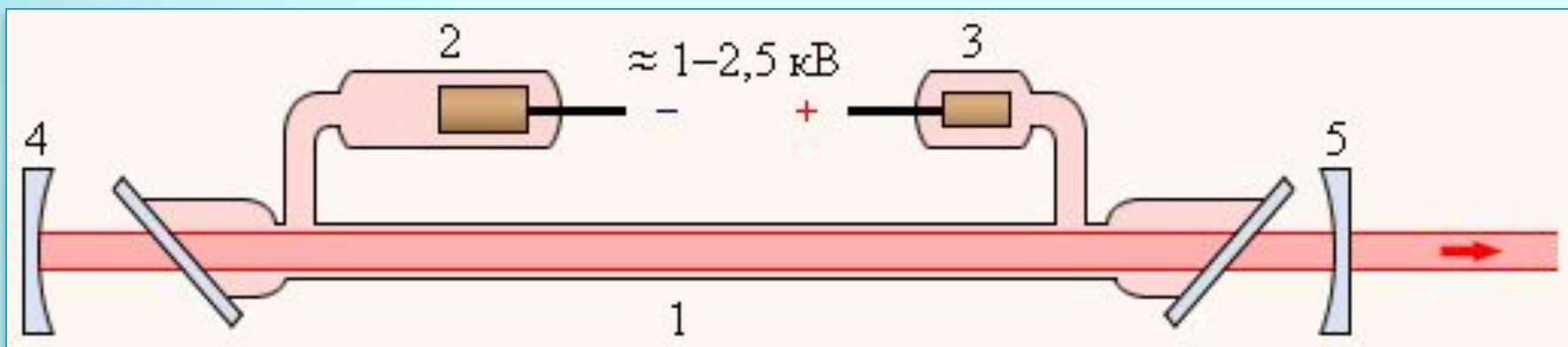
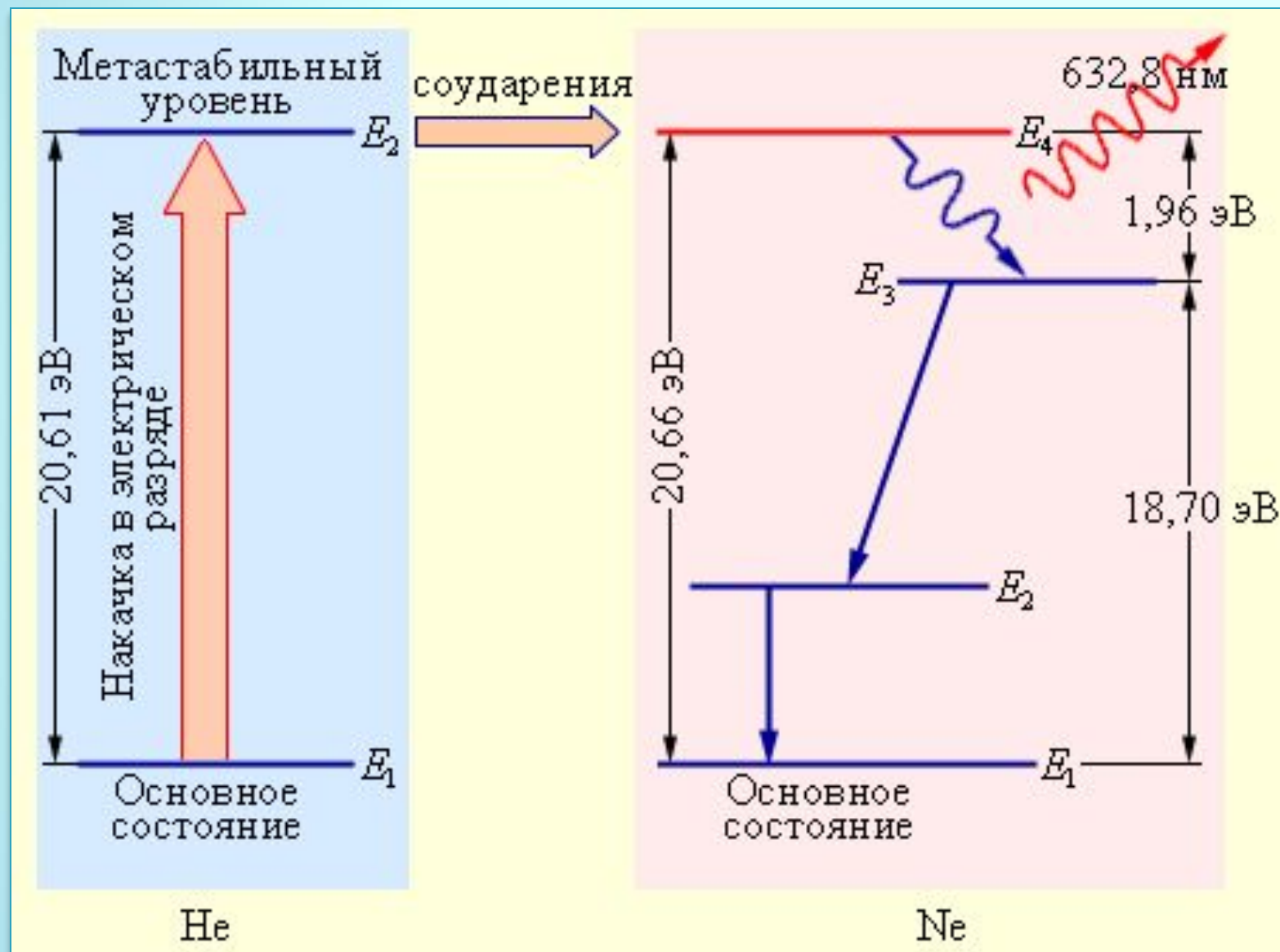
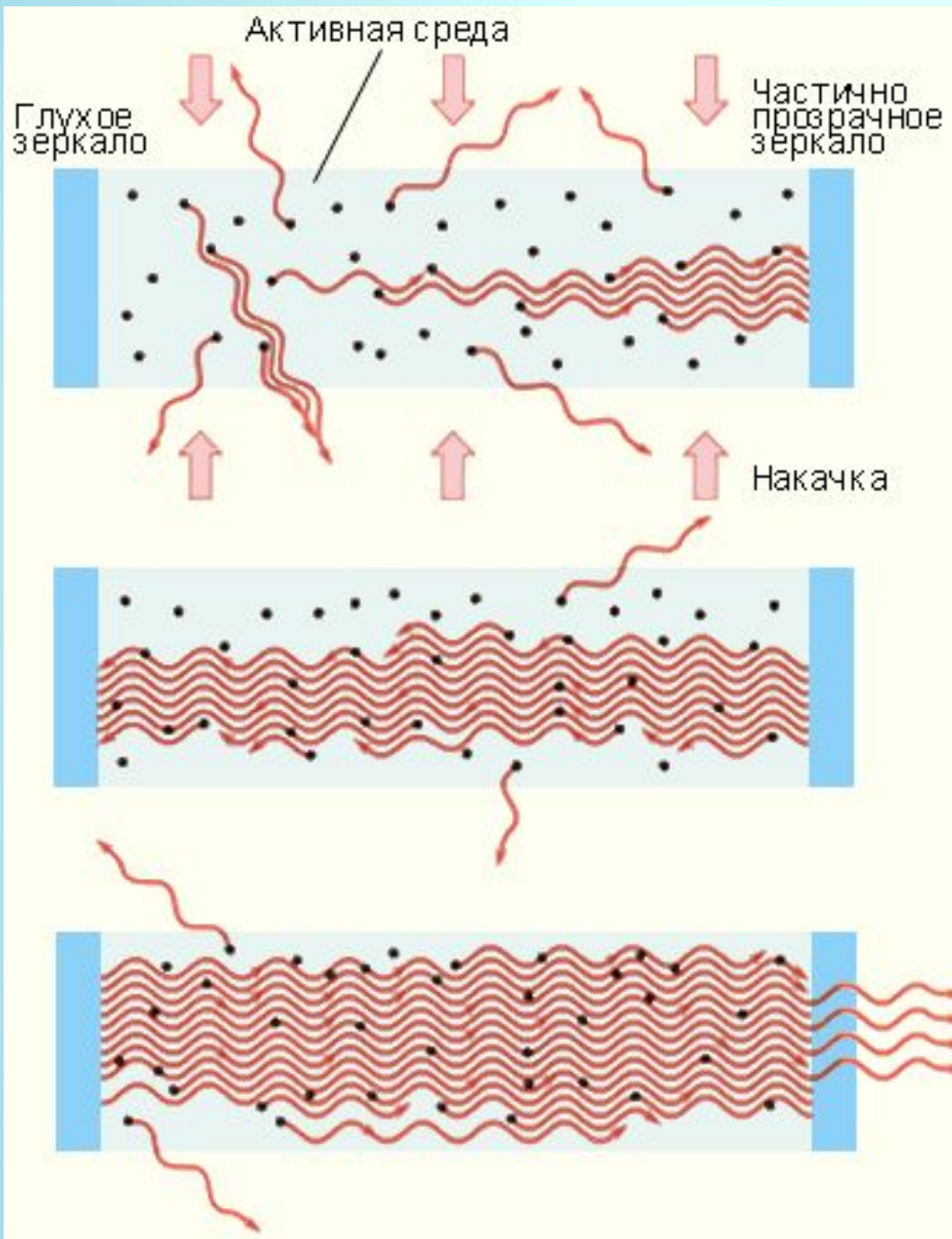


Схема гелий-неонового лазера: 1 – стеклянная трубка со смесью гелия и неона, в которой создается высоковольтный разряд; 2 – катод; 3 – анод; 4 – глухое сферическое зеркало с пропусканием менее 0,1 %; 5 – сферическое зеркало с пропусканием 1–2 %



Механизм накачки He–Ne лазера. Прямыми стрелками изображены спонтанные переходы в атомах неона



Развитие лавинообразного процесса генерации в лазере.

# Применение лазеров

## Наука

Спектроскопия

Измерение расстояний

Фотохимия

Намагничивание

Интерферометрия

Голография

Охлаждение

Термоядерный синтез

## Вооружение

Лазерное оружие

«Звездные войны»

Целеуказатели

Лазерный прицел

Лазерное наведение

## Медицина

Скальпель

Точечная сварка тканей

Хирургия

Диагностика

Удаление опухолей

## Промышленность и быт

Резка, сварка, маркировка, гравировка

CD, DVD-проигрыватели, принтеры, дисплеи

Фотолитография, считыватель штрихкода

Оптическая связь, системы навигации (л.гироскоп)

Манипуляции микрообъектами