

**Light (Microwave) Amplification  
by  
Stimulated  
Emission of Radiation**



**LASER**

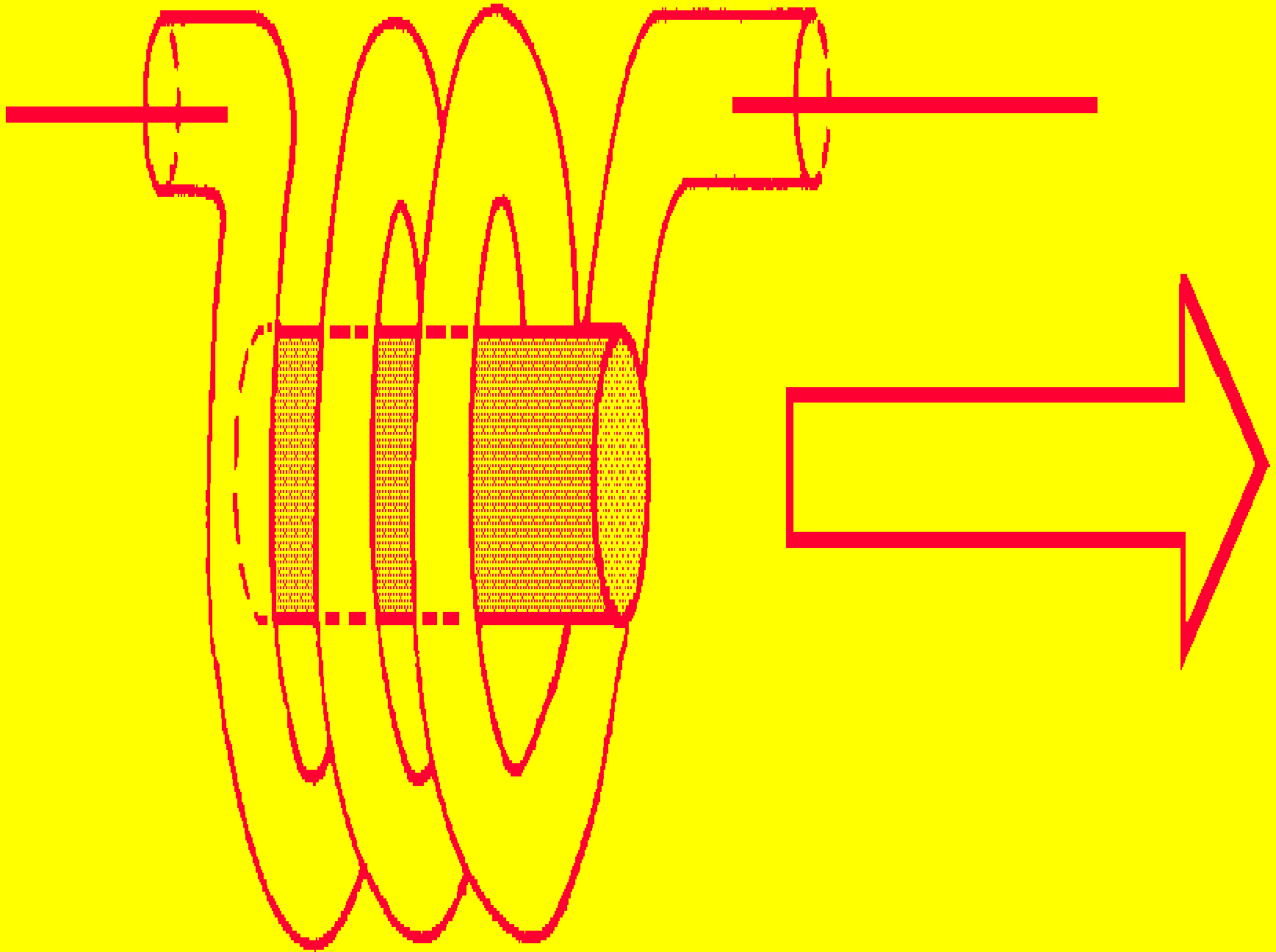
# Фундаментальные идеи

```
graph TD; A[Фундаментальные идеи] --> B[Использование Вынужденного излучения Эйнштейн (1917)]; A --> C[Использование Термодинамических неравновесных систем (В.А. Фабрикант, 1940)]; A --> D[Использование обратной связи (резонатор)];
```

Использование  
Вынужденного излучения  
Эйнштейн (1917)

Использование  
Термодинамических  
неравновесных  
систем (В.А. Фабрикант, 1940)

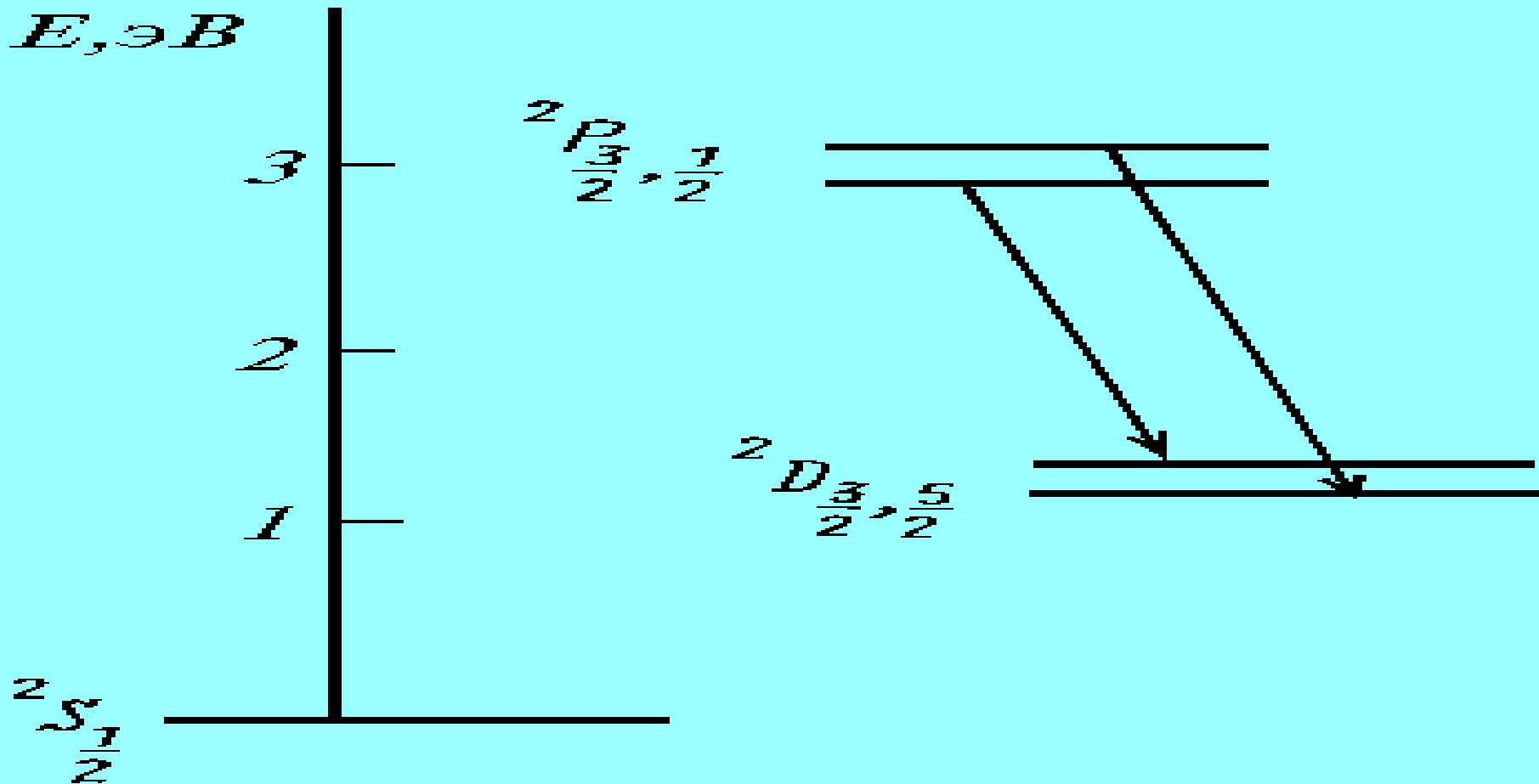
Использование  
обратной связи  
(резонатор)





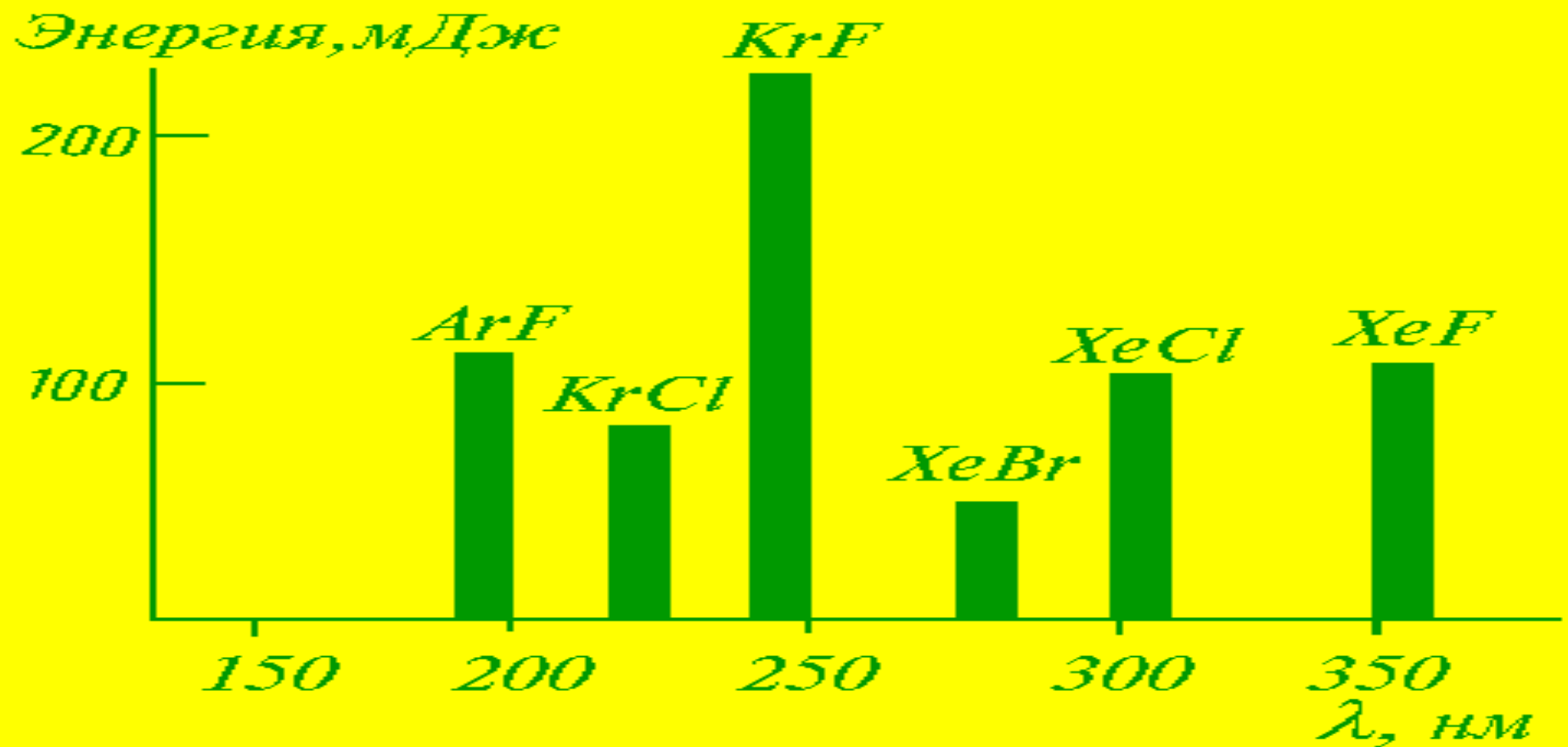
# Типы лазеров

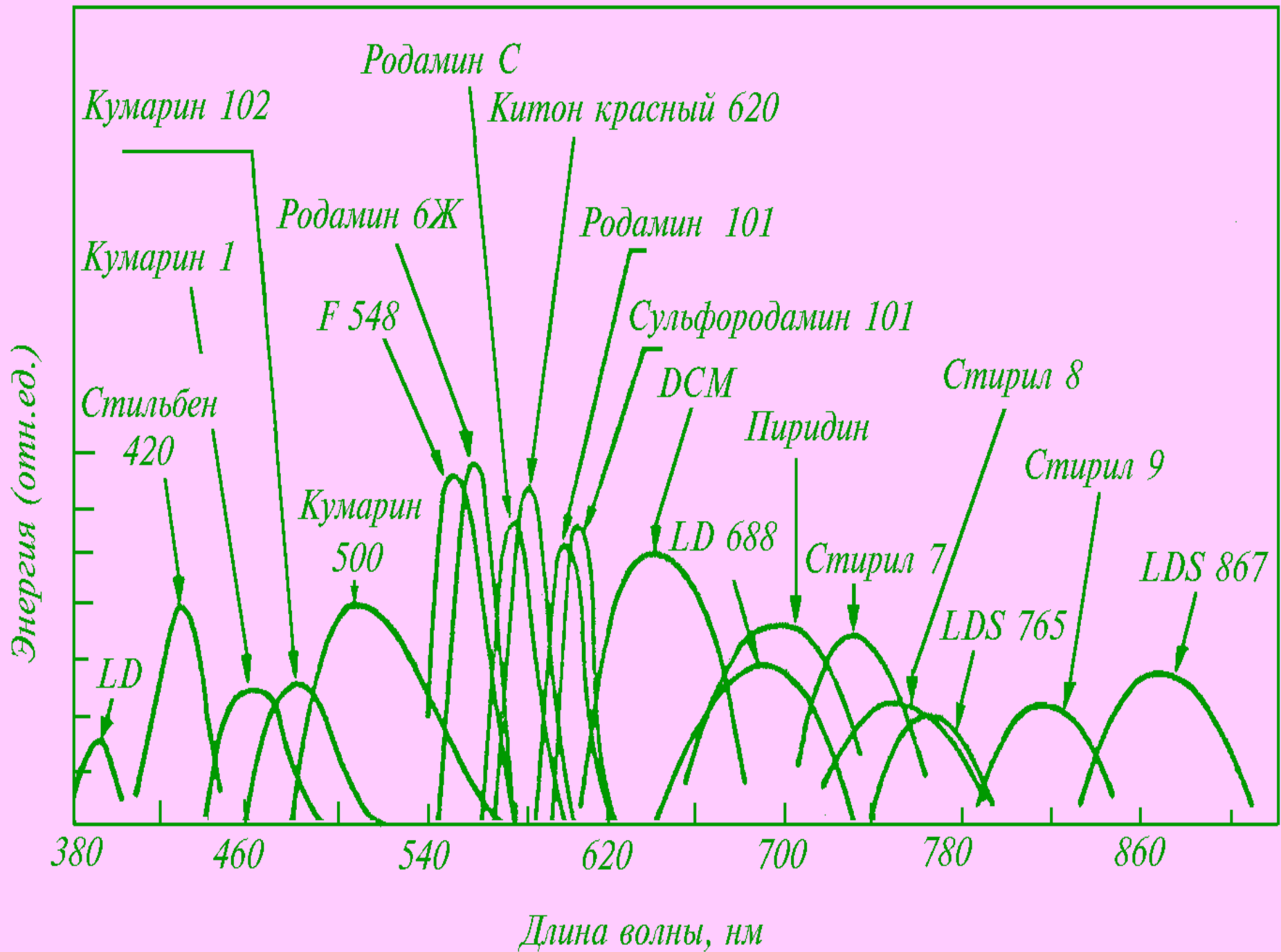
- Ионные



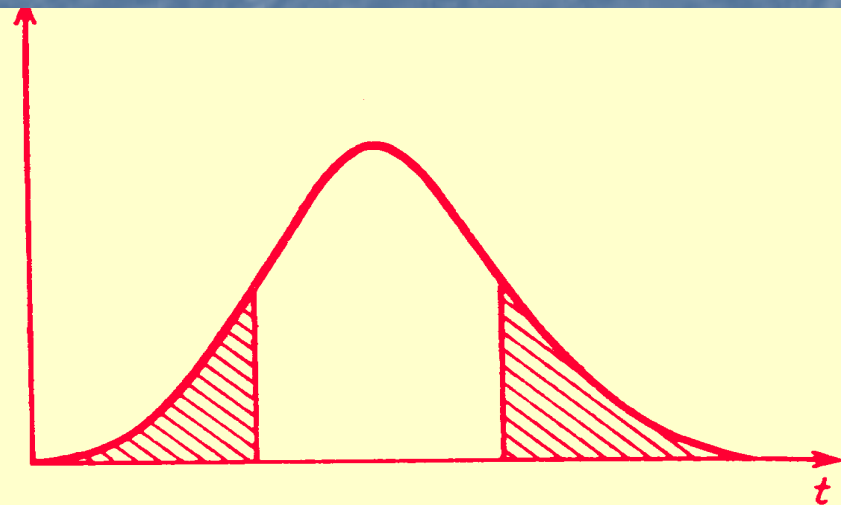
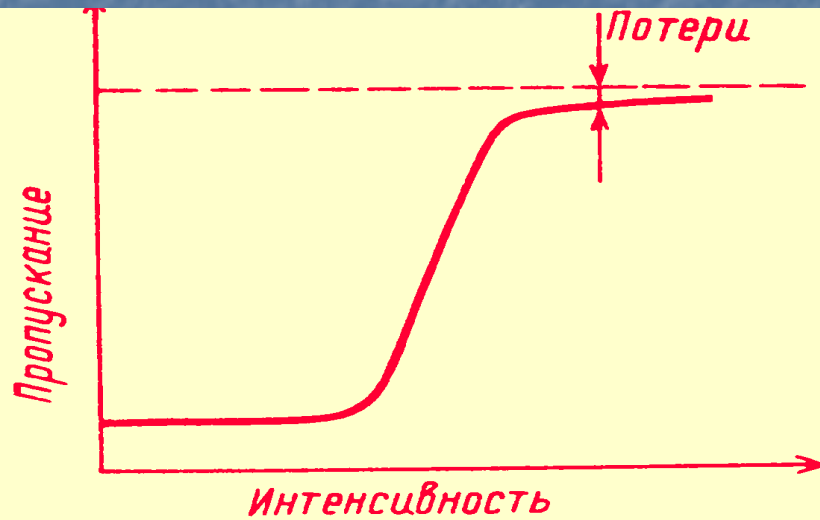
# Типы лазеров

- Эксимерные

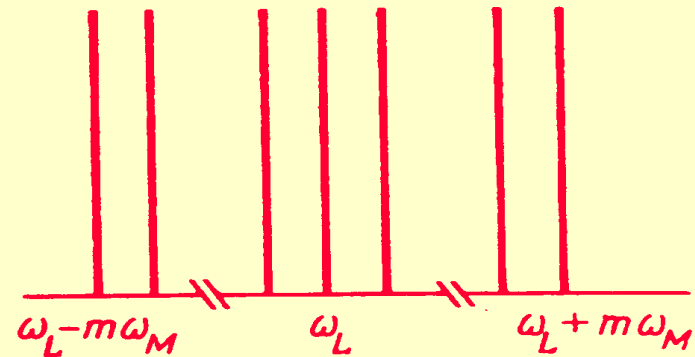
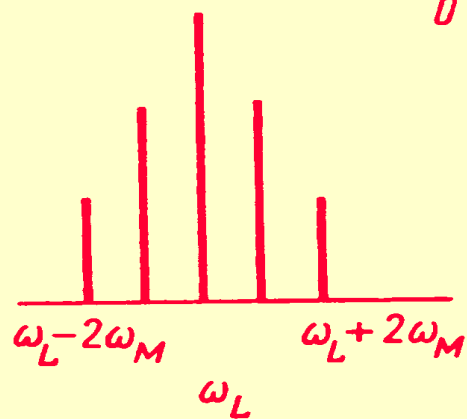
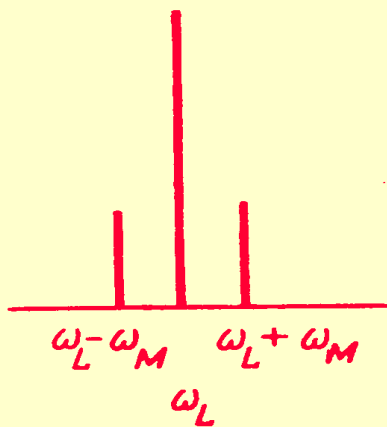




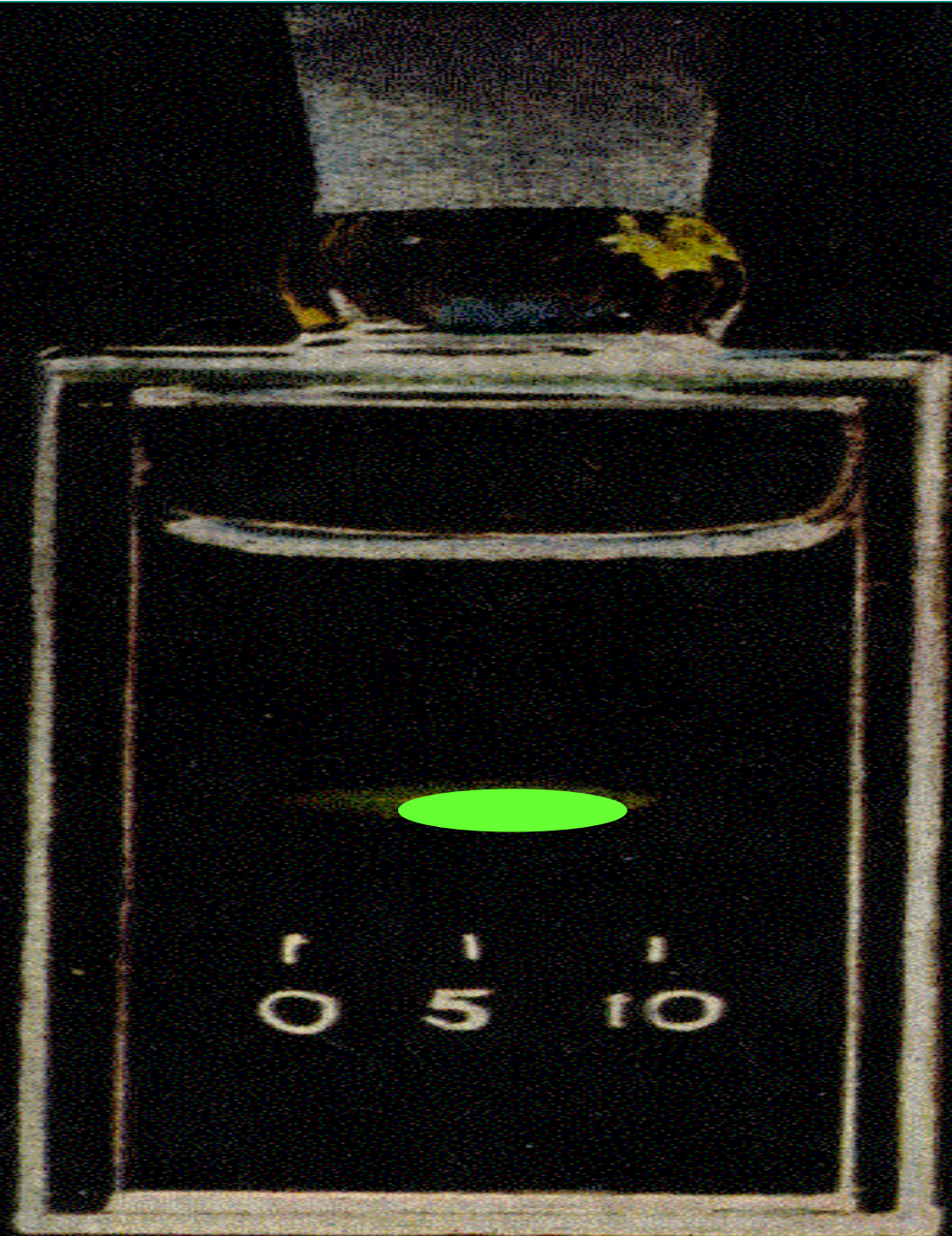
# Получение коротких импульсов



*B*









# Свойство лазерного излучения

- Пространственная когерентность
- Монохроматичность
- Параллельность пучка
- Высокая мощность



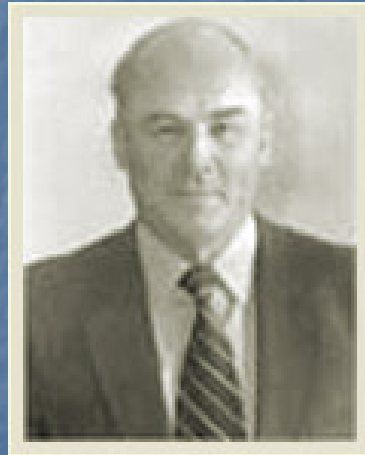
Первый «лазерный»  
нелинейный эффект  
– генерация второй  
гармоники.

(**Peter Franken et al**  
**1961**)





*Rem Khokhlov*



*Sergey Akhmanov*



*Nicolas Bloembergen*



# Нелинейная восприимчивость

Дипольный момент единицы объема или поляризация

$$P_i = P_i^0 + \chi_{ij} E_j$$

Общая поляризация

$$P_i = P_i^0 + \chi_{ij}^{(1)} E_j + \chi_{ijk}^{(2)} E_j E_k + \chi_{ijkl}^{(3)} E_j E_k E_l + \dots$$

# Нелинейная поляризация

$$P_i^0$$

$$P_i^1 = \chi_{ij}^{(1)} E_j$$

$$P_i^2 = \chi_{ijk}^{(2)} E_j E_k$$

$$P_i^3 = \chi_{ijkl}^{(3)} E_j E_k E_l$$

# 1. Нелинейная теория дисперсии

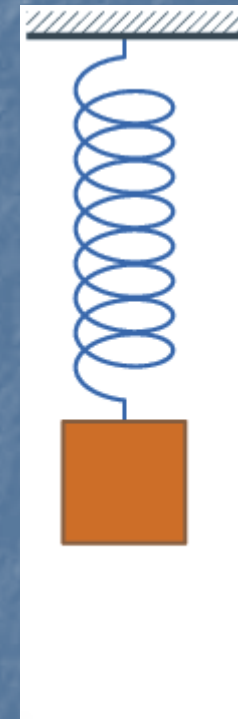


- Простой гармонический осциллятор

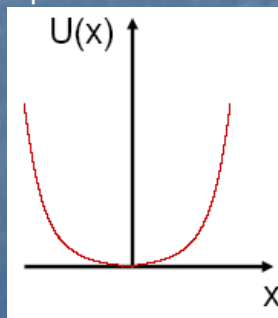
$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{-eE(t)}{m}$$

↓ damping    ↓ restoring    ↓ driving

Линейная поляризация

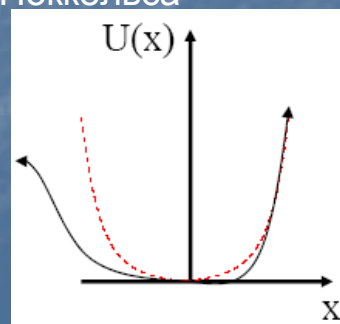


Линейная поляризация: параболический потенциал



$$F = kx$$

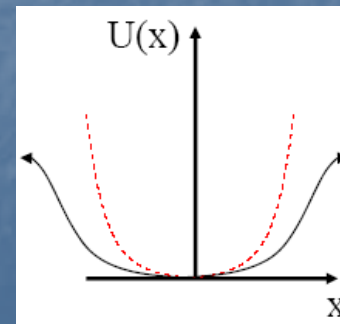
2<sup>nd</sup> порядок нелинейности  
Поккельса



$$F = kx + k_2x^2$$

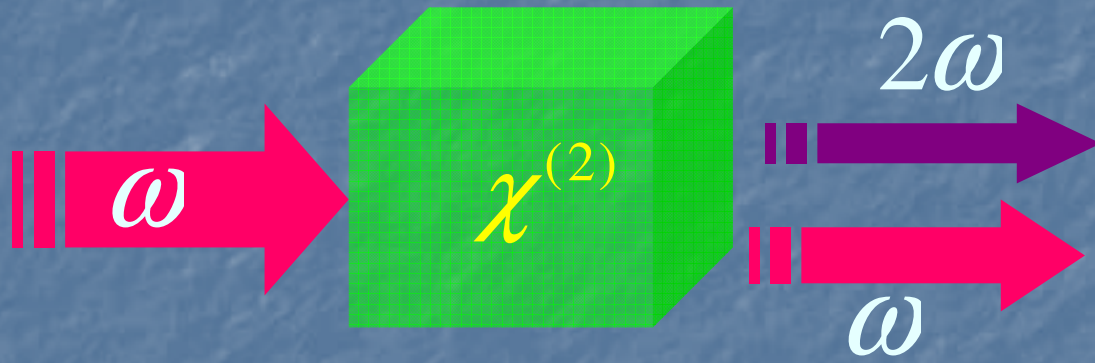
нелиней-Среды

3<sup>rd</sup> порядок симметрии: керровские среды

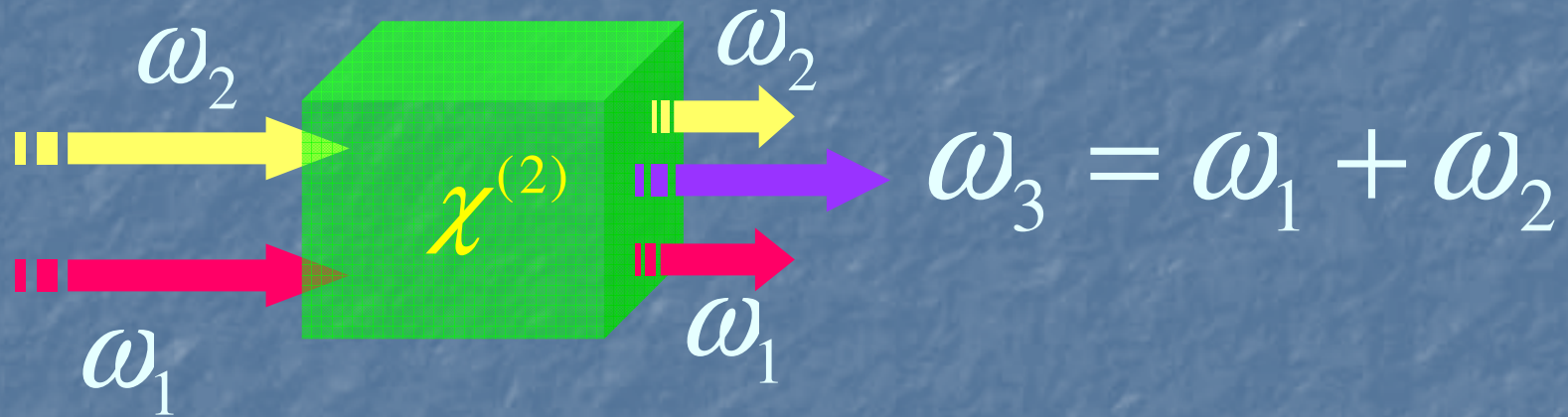


$$F = kx + k_3x^3$$

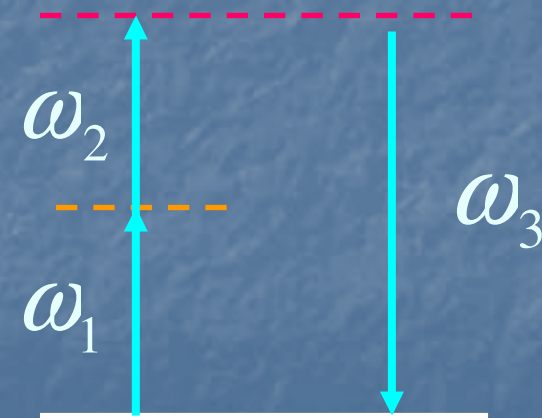
2<sup>nd</sup> порядок нелинейности отсутствует в кристаллах с центральной симметрией!



# Генерация суммарных частот

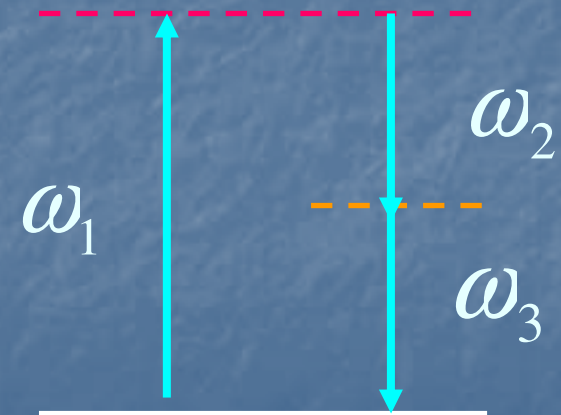
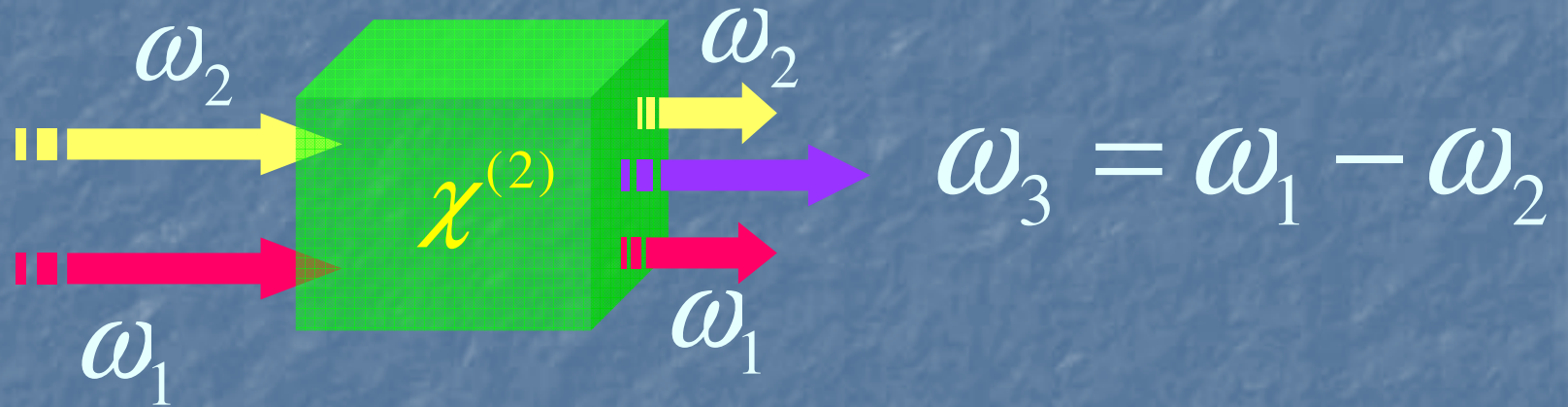


Применение:  
Импульсное излучения  
в УФ области.

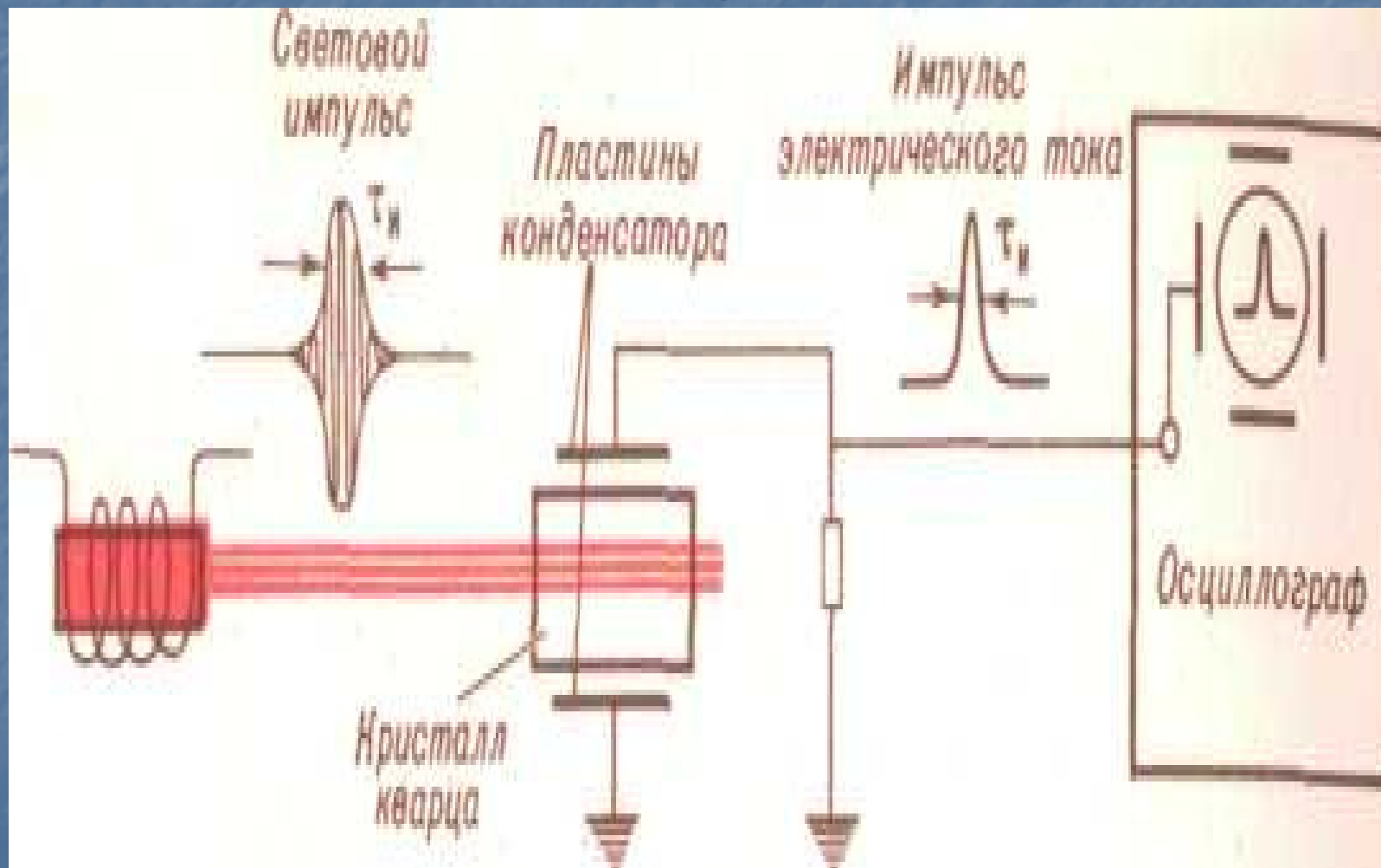




# Генерация разностных частот

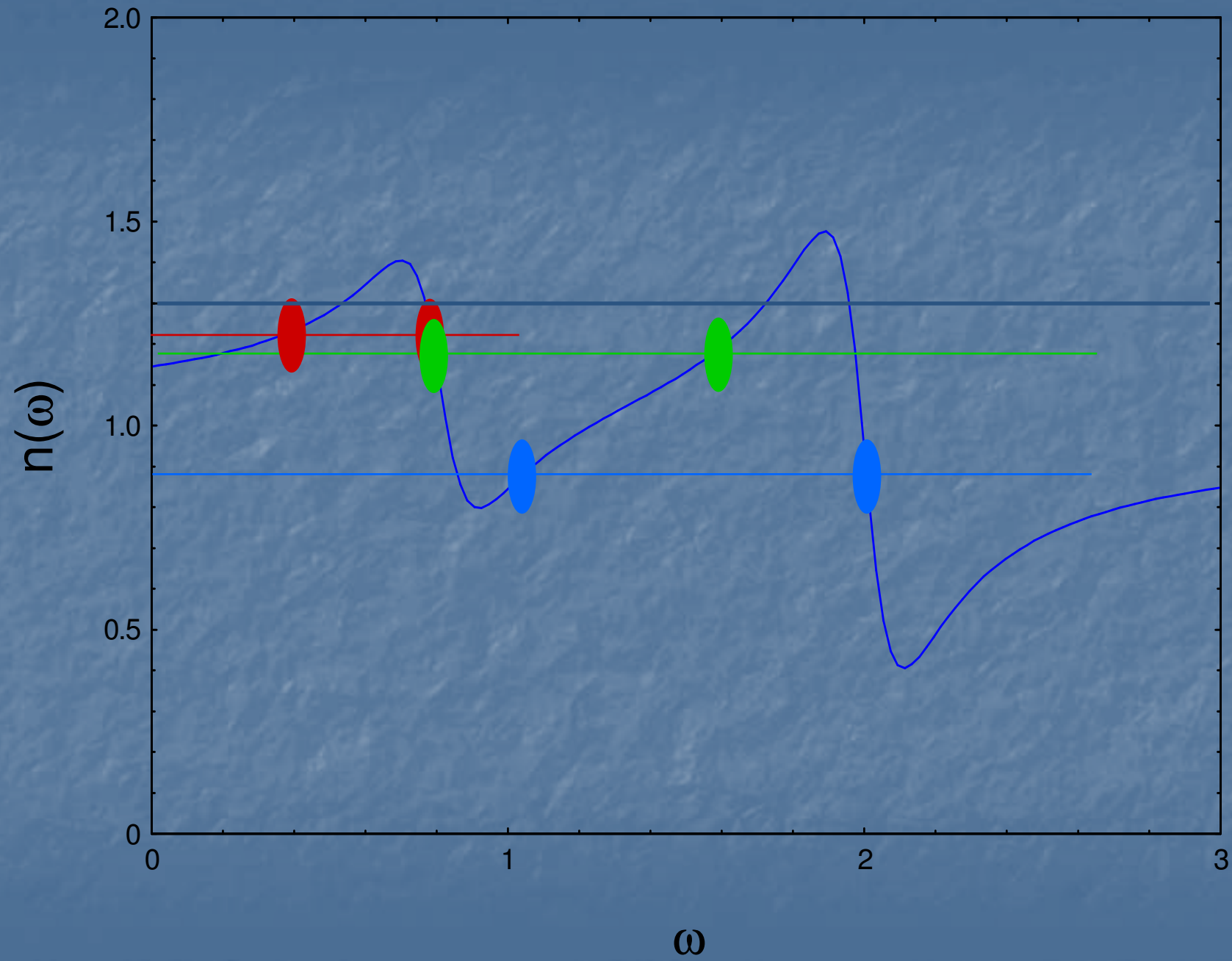


# Схема опыта по наблюдению оптического детектирования.



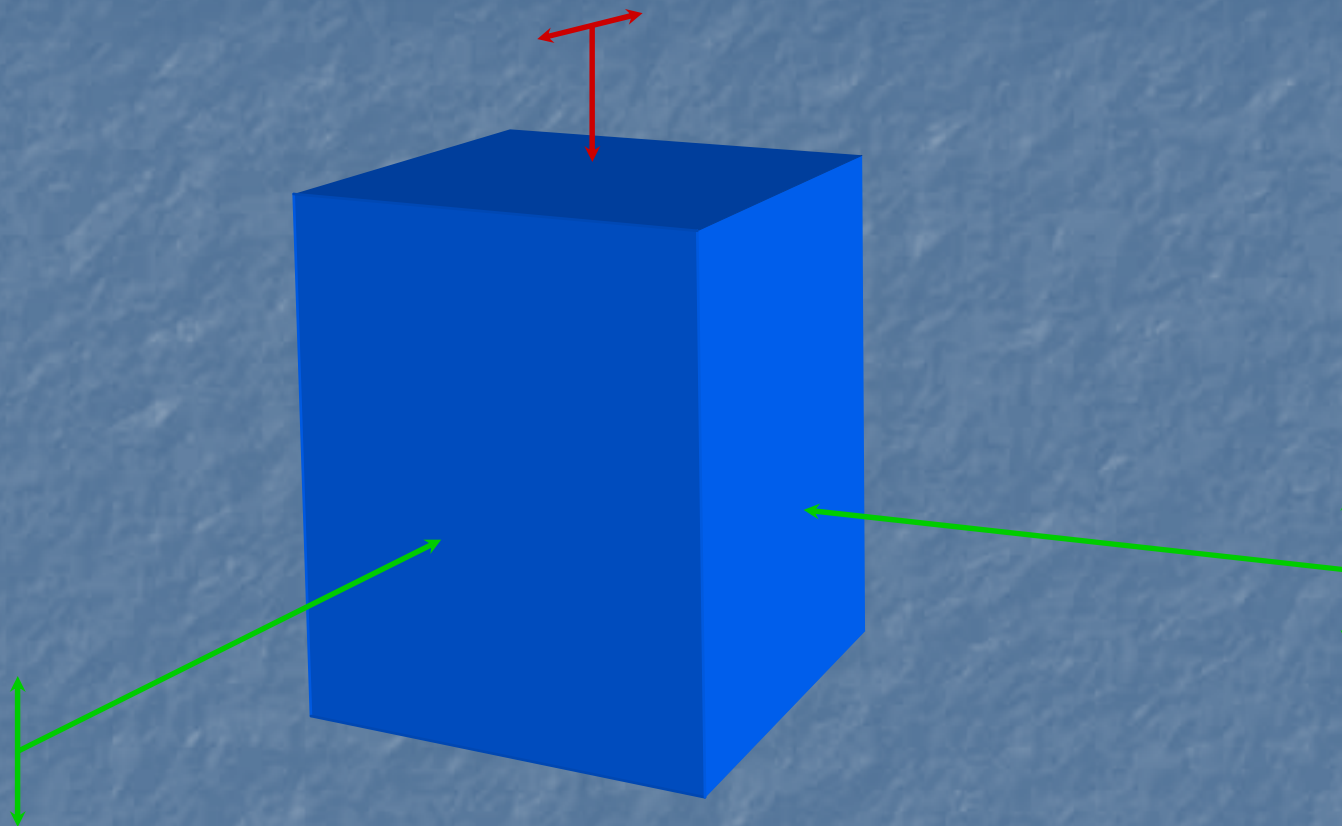
## 2. Нелинейные эффекты на квадратичной нелинейности

- Генерация второй гармоники





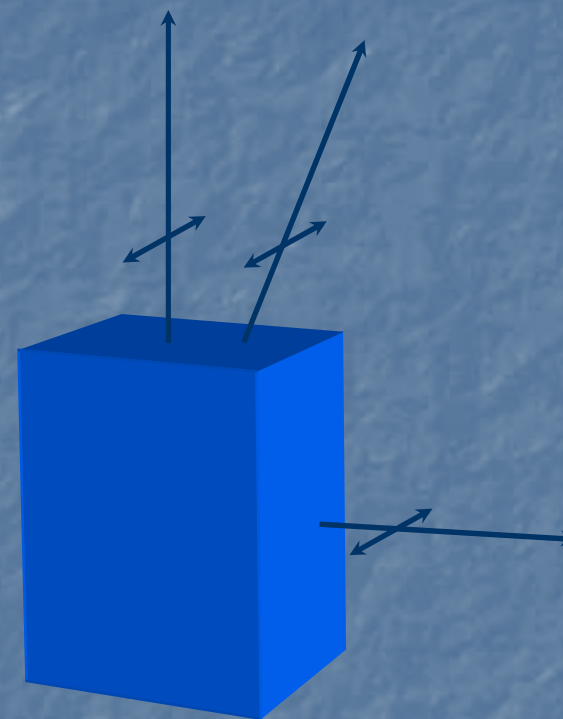
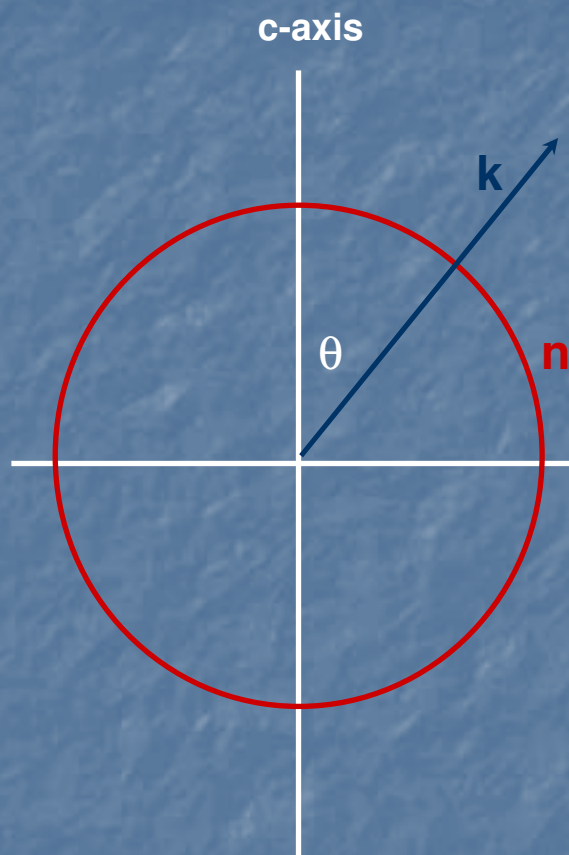
$n(\omega)$  зависит от поляризации и направления прохождения света



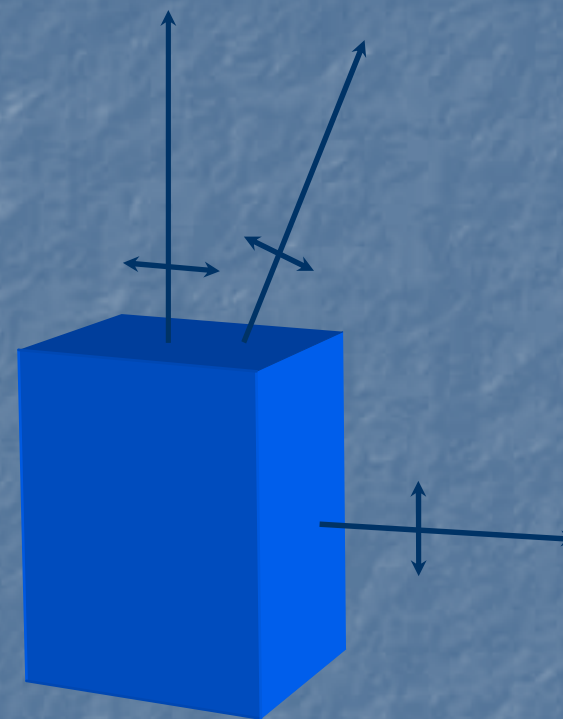
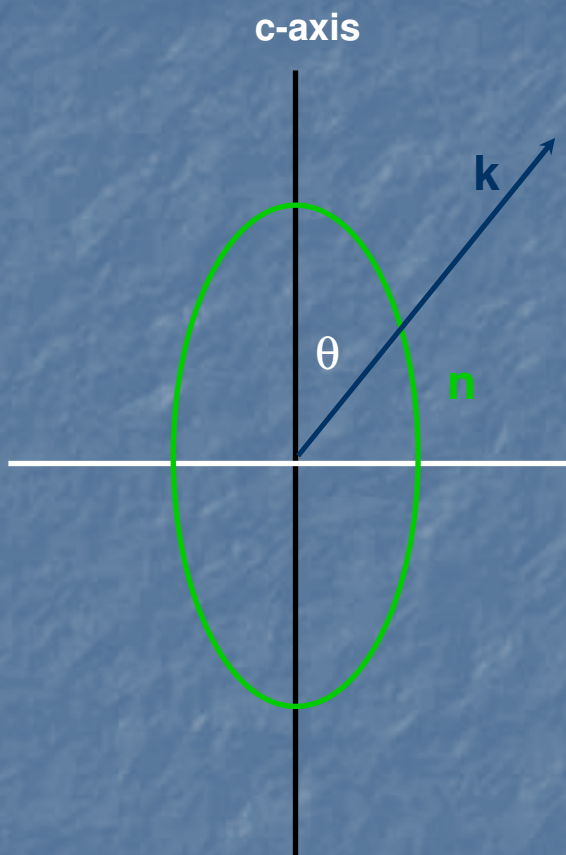
Отрицательный одноосный кристалл  $n_{\text{ordinary}}(\omega) > n_{\text{extraordinary}}(\omega)$

Свет поляризованный вдоль с-оси: меньший  
коэффициент преломления





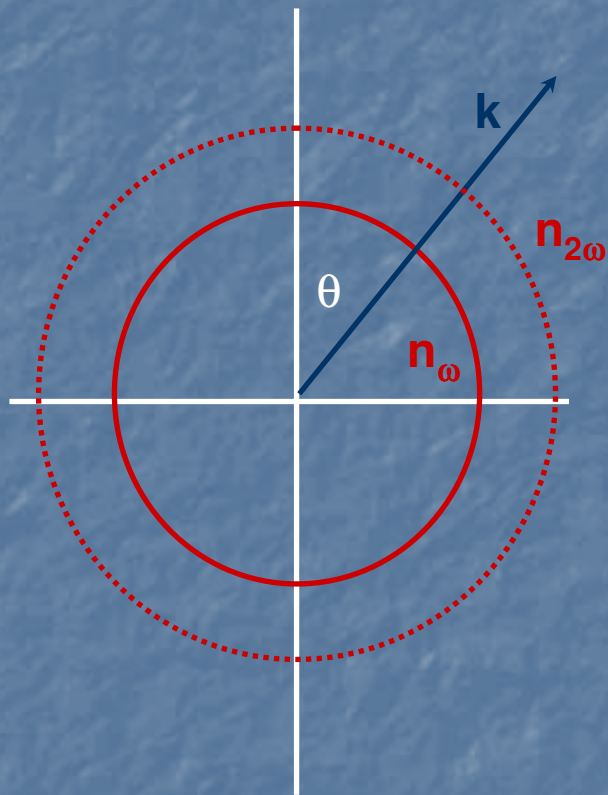
Свет поляризовал нормально к с-оси Высокий коэффициент преломления  
одинаков по всем направления



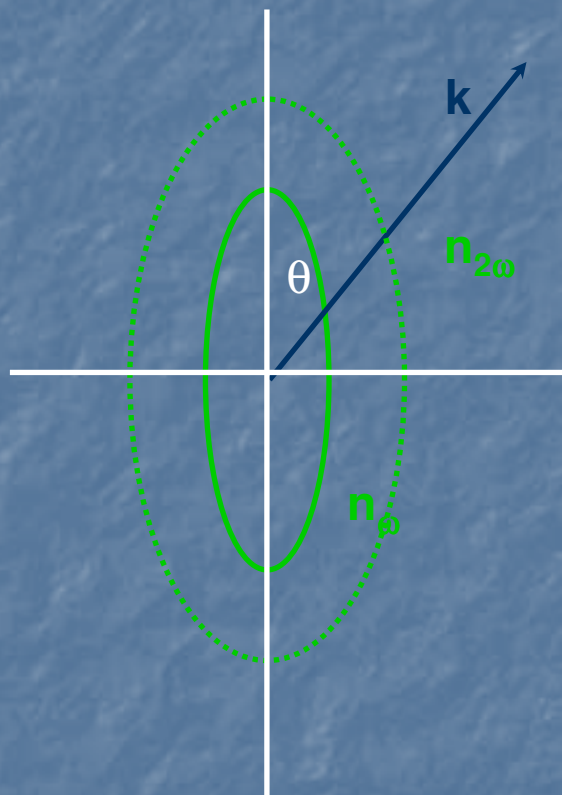
Меньший коэффициент преломления, различный для разных углов

$\theta$

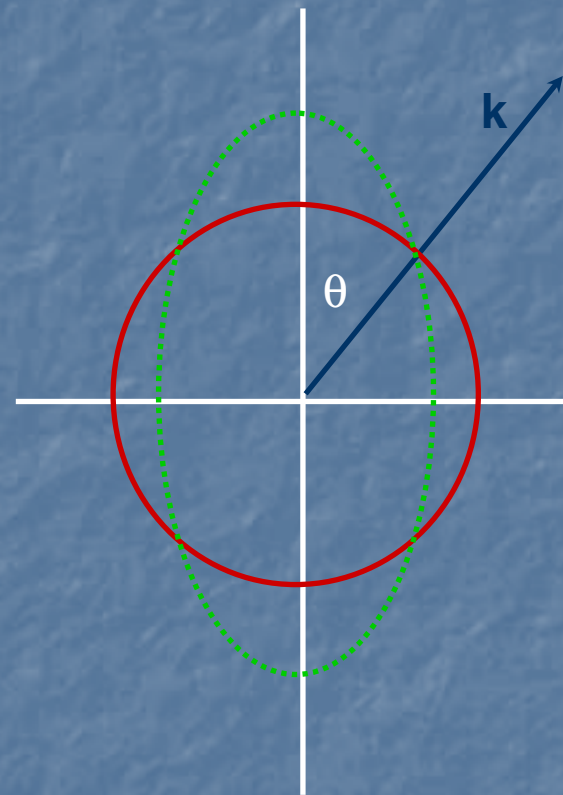
c-axis

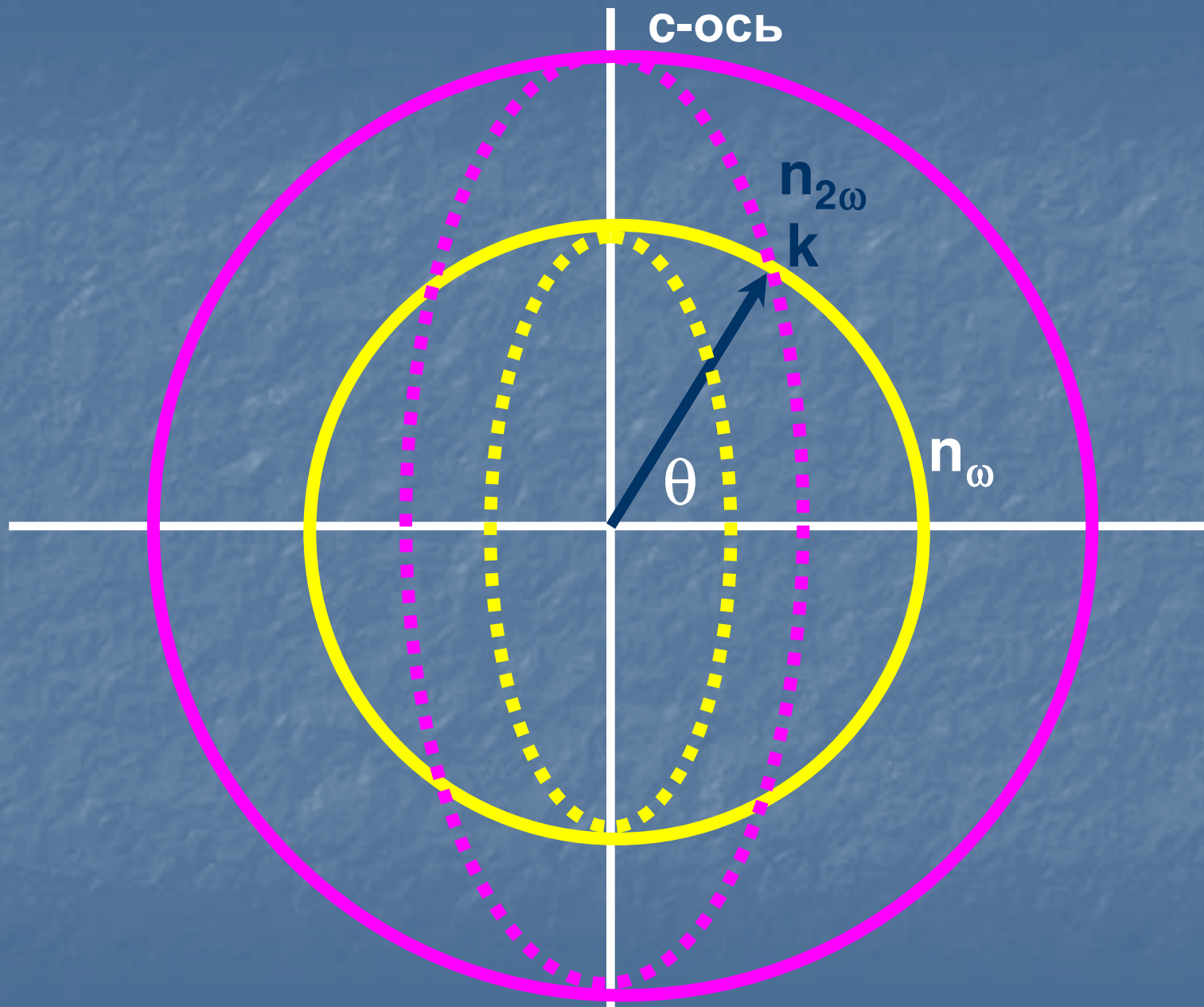


c-axis

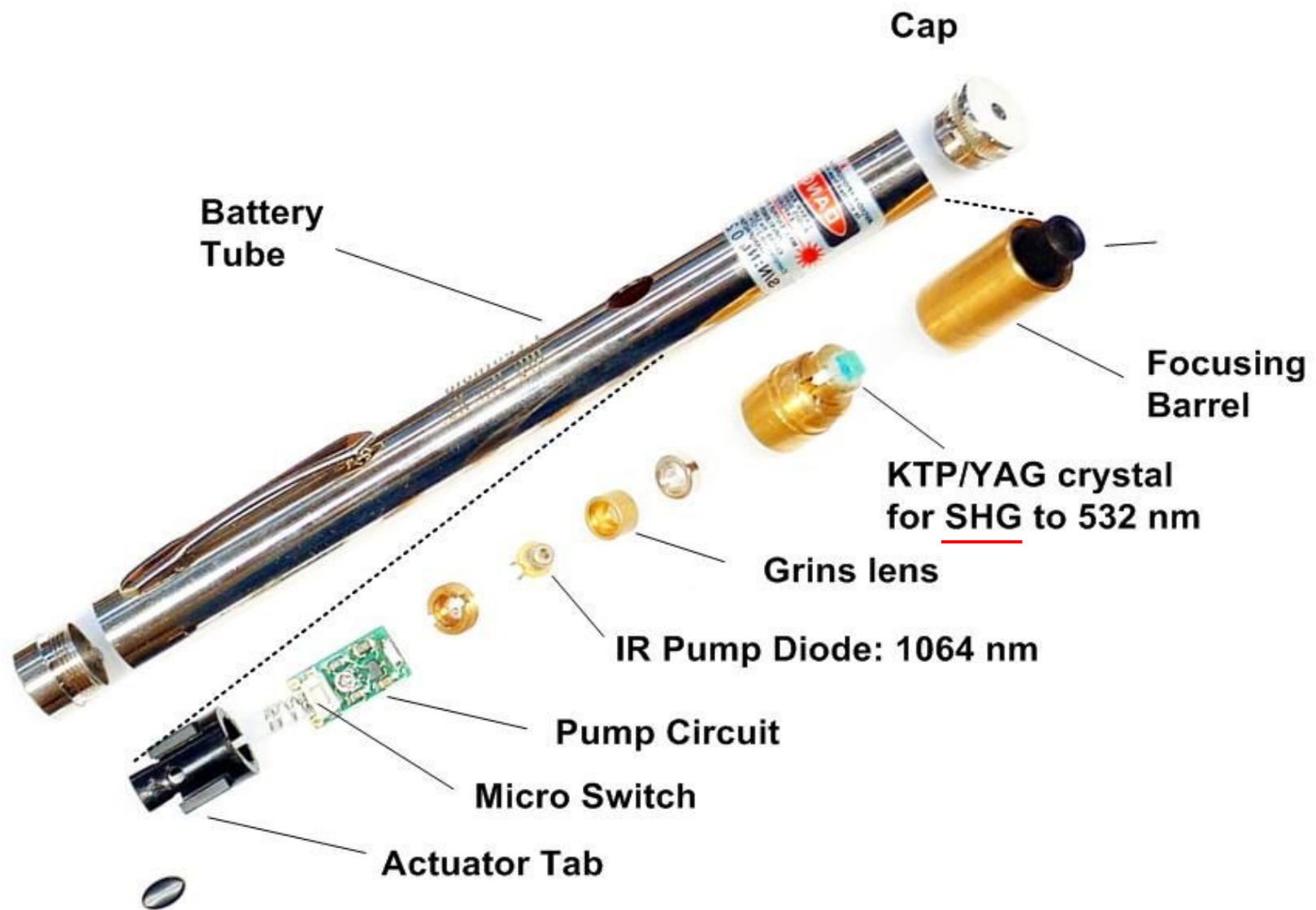


c-axis





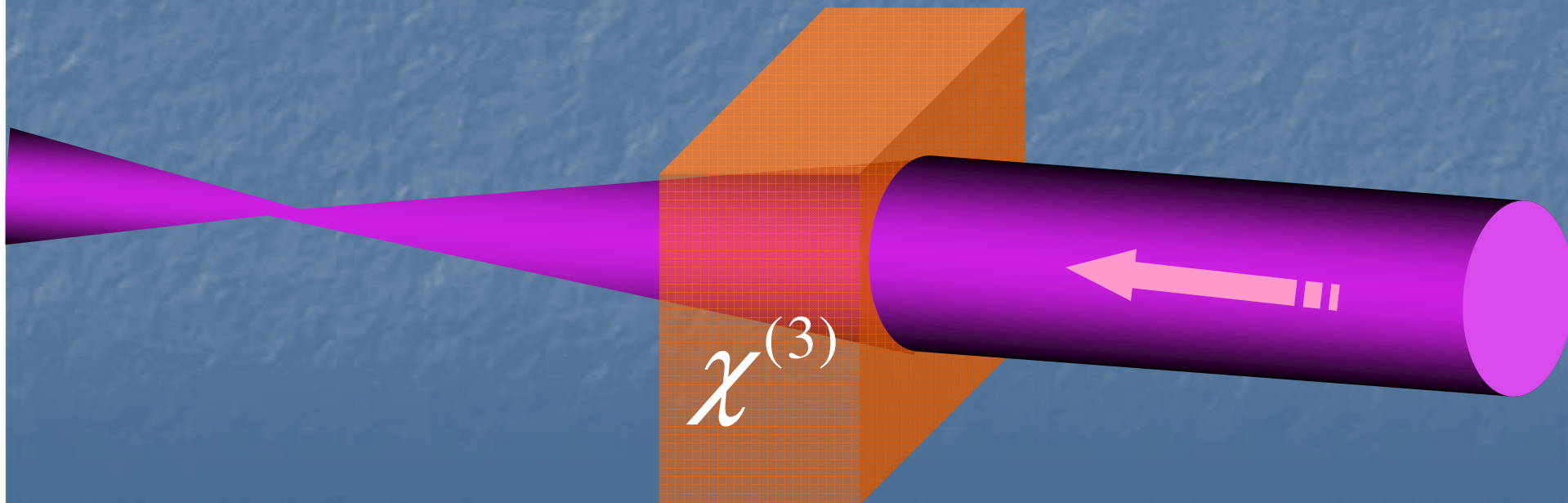


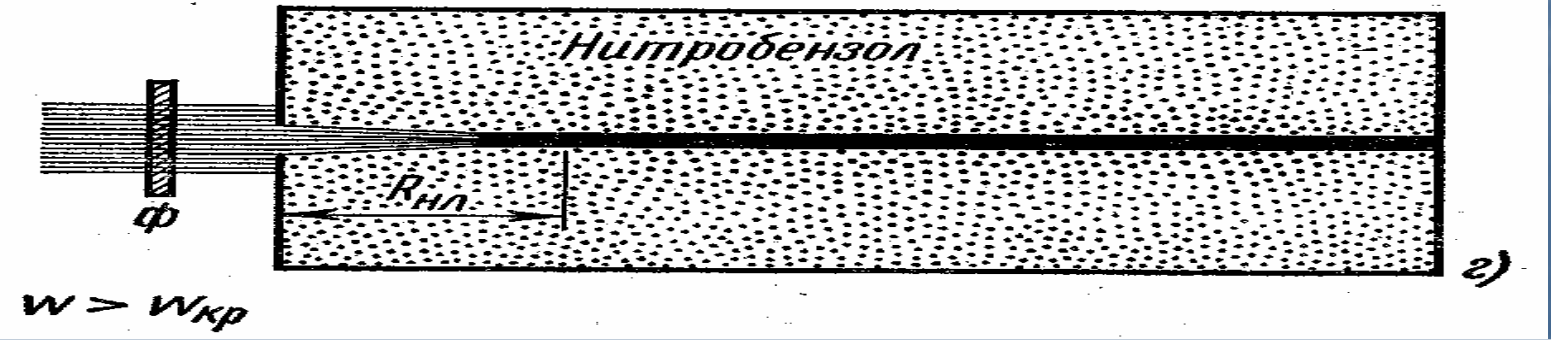
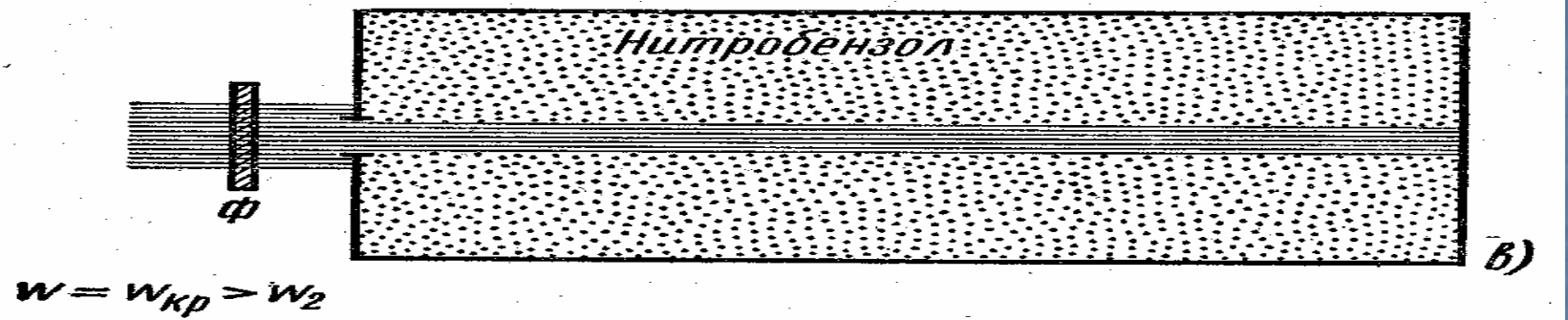
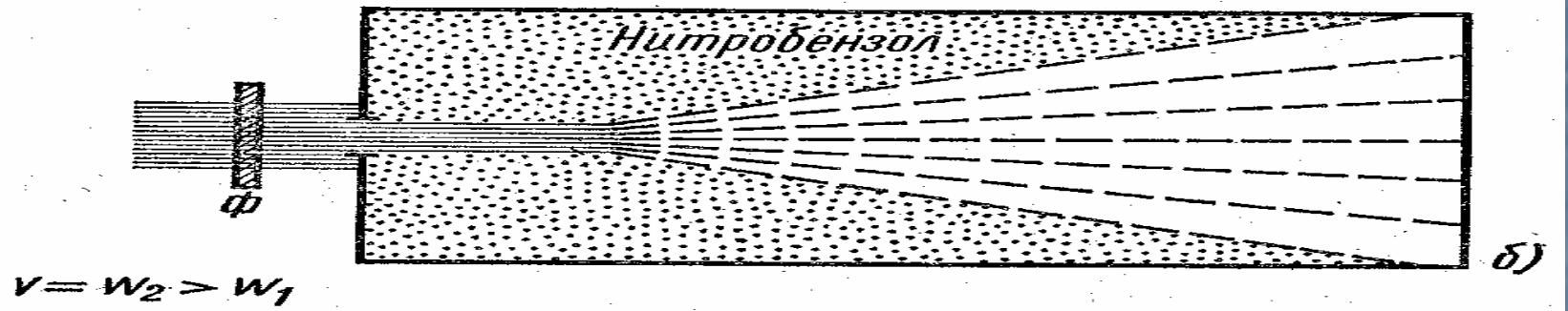
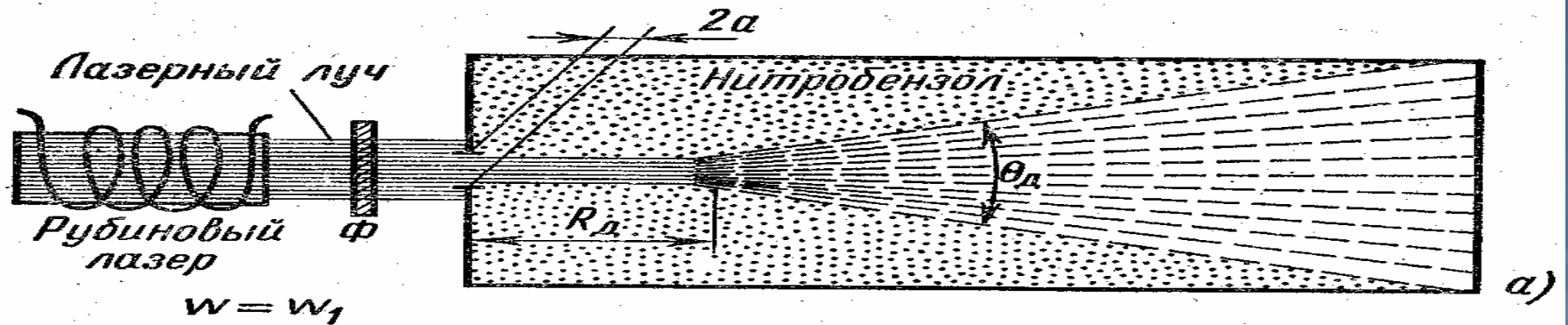


# 3. Нелинейные эффекты на кубической нелинейности

- Самофокусировка света

$$n = n_0 + n_2 I$$

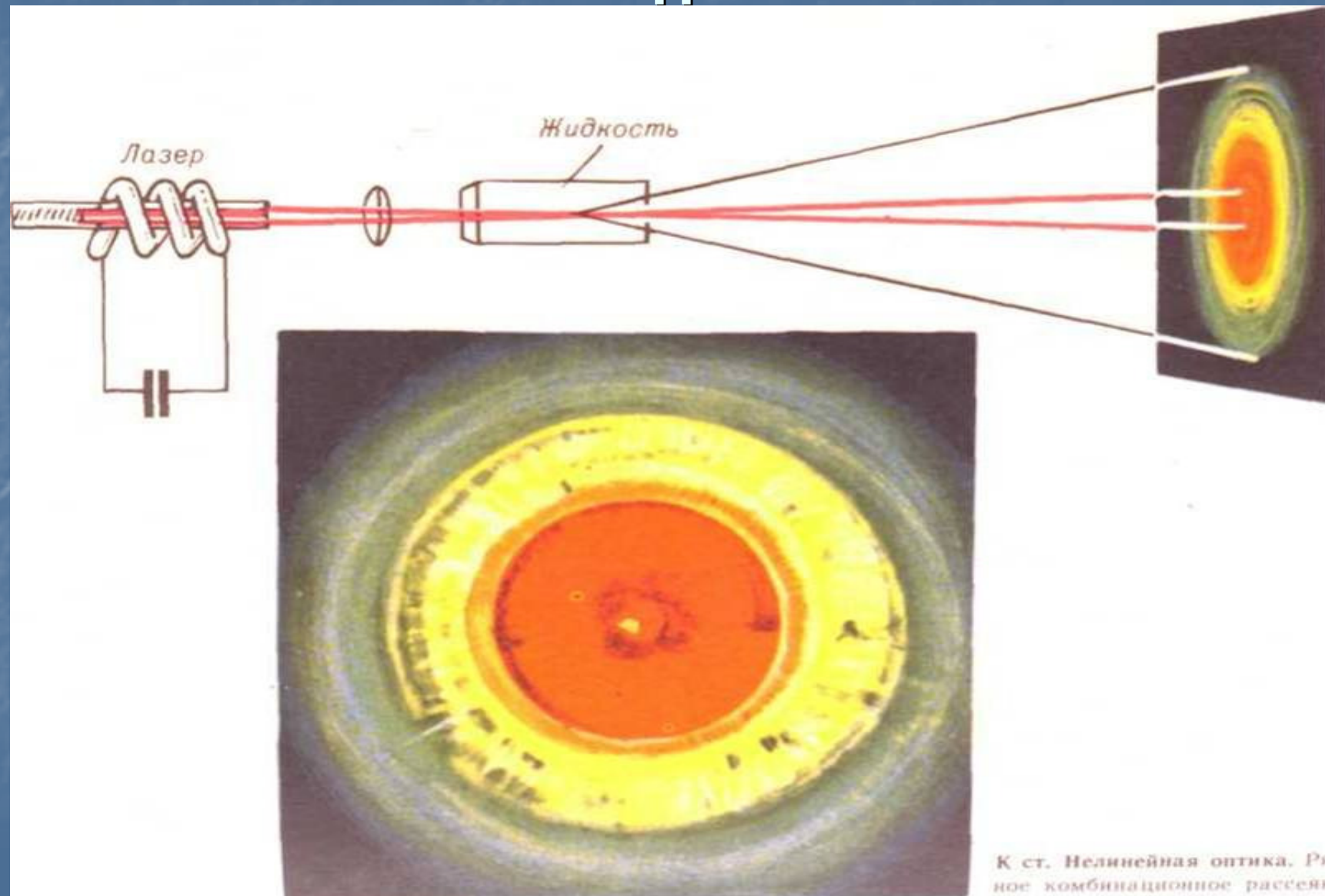




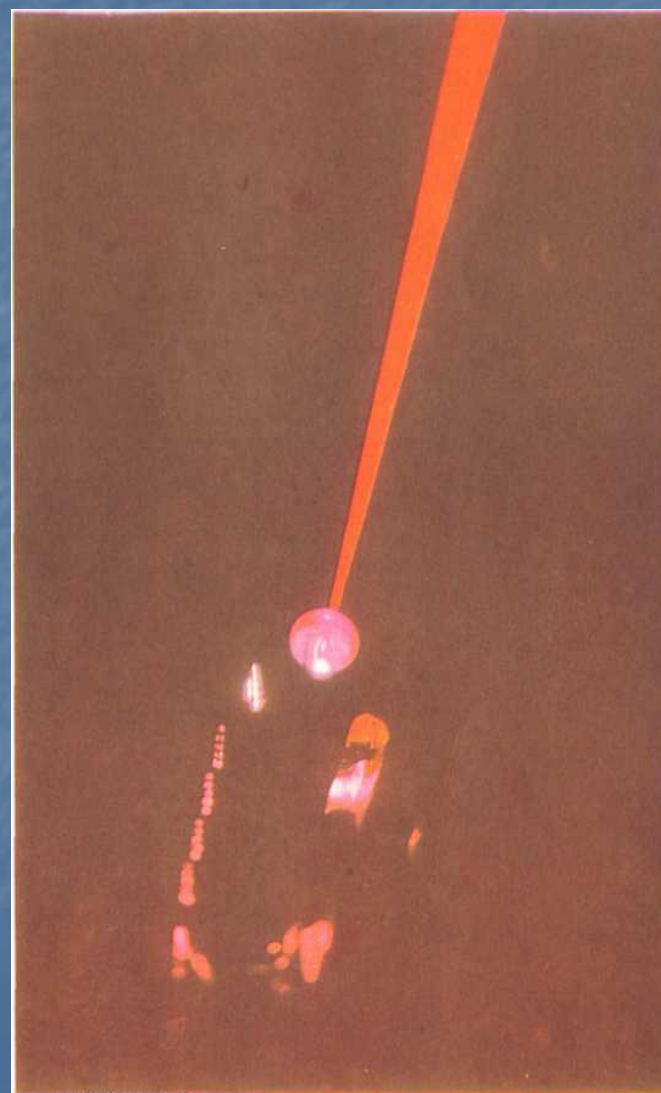


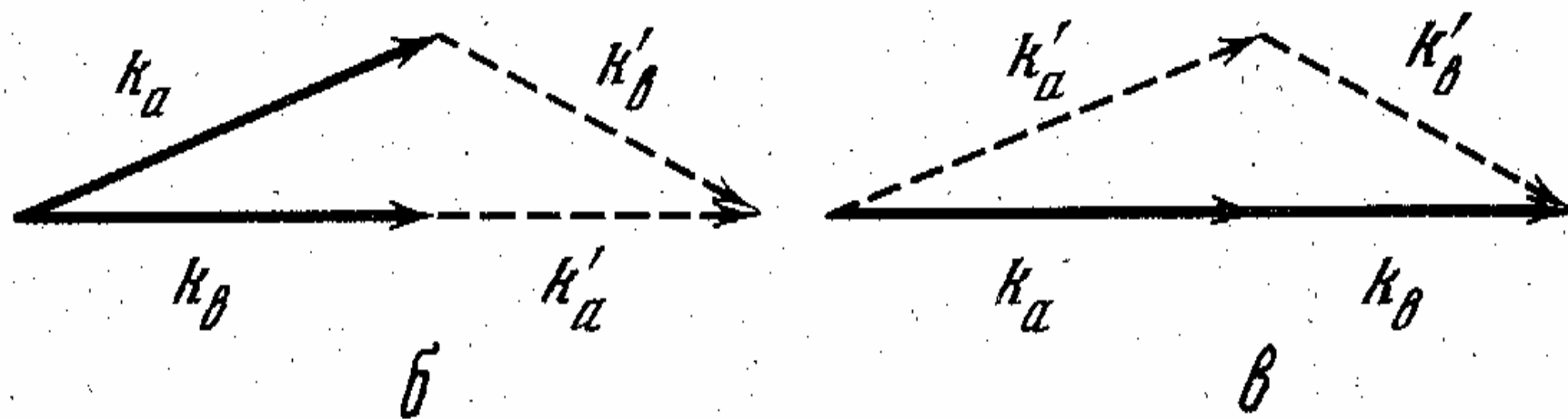
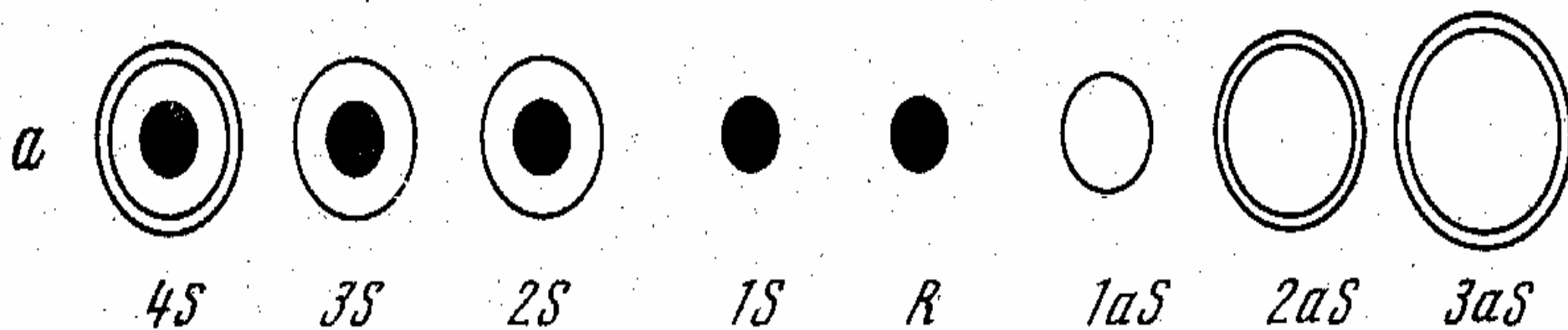
# 4. Вынужденное комбинационное рассеяние света

# Вынужденное комбинационное рассеяние в жидкости



# Спектр вынужденного комбинационного рассеяния в бензоле







**Оптика была и (сколько бы еще лет не прошло!) останется быть может самым изящным разделом всей физической науки, позволяющим обнаруживать глубокие истины самыми простыми средствами**

*Сэмюэл Толански*

# МГУ

## Физический факультет

*кафедра оптики и спектроскопии*

*Кафедра общей физики и волновых процессов*

*кафедра квантовой радиофизики*

*кафедра общей физики и молекулярной электроники*

*кафедра общей физики*

# До встречи на экзаменах

