

# Демонстрационная версия: фрагменты лекций по физике

Профессор, д.т.н. С.К.Камзолов

Московский государственный  
технический университет гражданской  
авиации (МГТУ ГА)

Демонстрационная версия содержит фрагменты лекций из разных разделов курса физики и показывает возможности программы PowerPoint при разработке и применении мультимедиа-конспекта лекций.

### Инструкция по навигации при показе слайдов

Для начала показа с первого слайда следует либо нажать клавишу **F5**, либо выполнить команду **Показ слайдов** (верхняя командная строка).

Для начала показа с текущего слайда следует либо нажать клавиши **Shift+F5**, либо щелкнуть левой кнопкой мыши по кнопке «бокал» слева внизу.

Переход к следующему слайду или запуск следующей анимации внутри данного слайда: клавиши **N, Enter, Page Down**, со стрелкой «вправо», стрелкой «вниз», пробел (или щелкнуть мышью).

Возврат к предыдущему слайду или предыдущей анимации: клавиши **P, Page Up**, со стрелкой «вверх» или стрелкой «влево».

Завершение показа слайдов: клавиша **Esc**.

- Примечание: 1. При перемещении мыши во время показа в левом нижнем углу слайда появляются значки навигации, позволяющие сделать шаг вперёд или шаг назад, вызвать контекстное меню или инструмент **Стрелка**.
2. Нажатие на клавишу **F1** во время показа слайдов открывает список всех команд навигации.

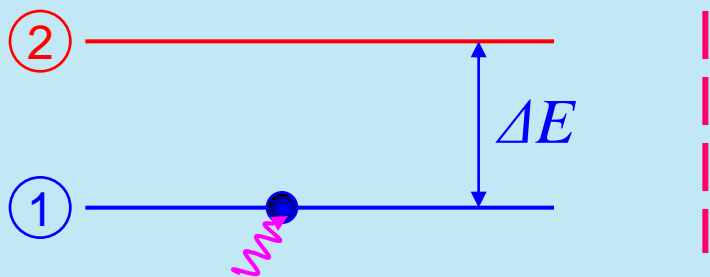
Дополнительная информация: красная штриховая линия справа на слайде или справа от объекта внутри слайда означает, что данный слайд (объект) слушателям перерисовывать в свой конспект не надо: либо это иллюстрация, либо анимационная модель, за которой последует вариант для конспекта.

# Тема 10. Лазеры

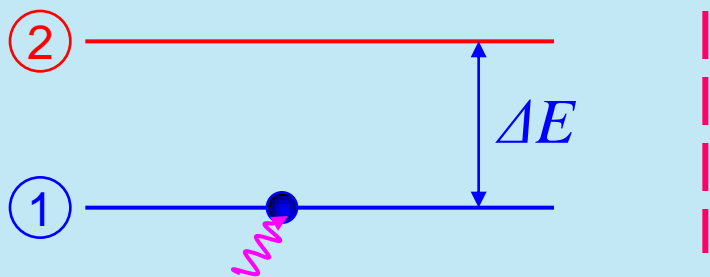
§10.1. Поглощение фотонов атомами.  
Спонтанное и вынужденное  
излучение.

Принцип детального равновесия

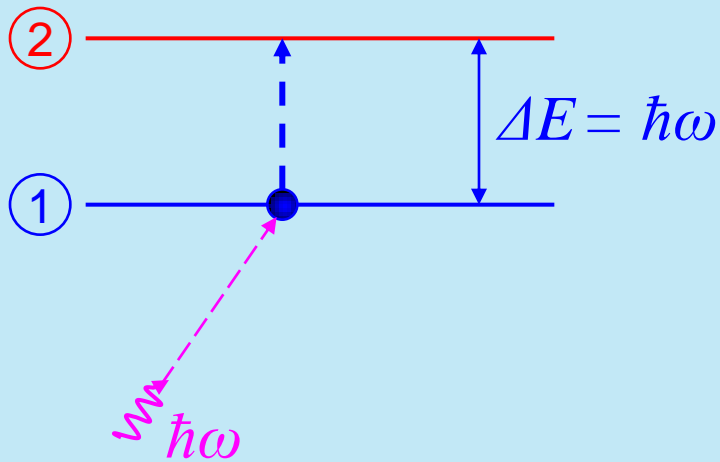
# Поглощение фотона (вынужденное)



# Поглощение фотона (вынужденное)



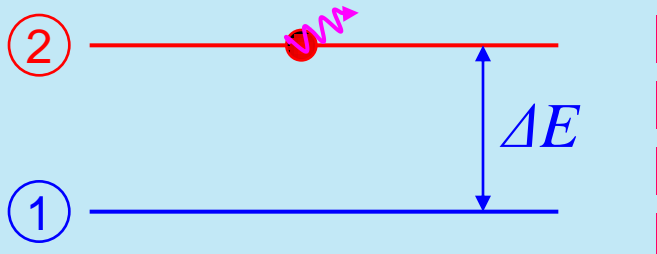
Поглощение фотона  
(вынужденное)



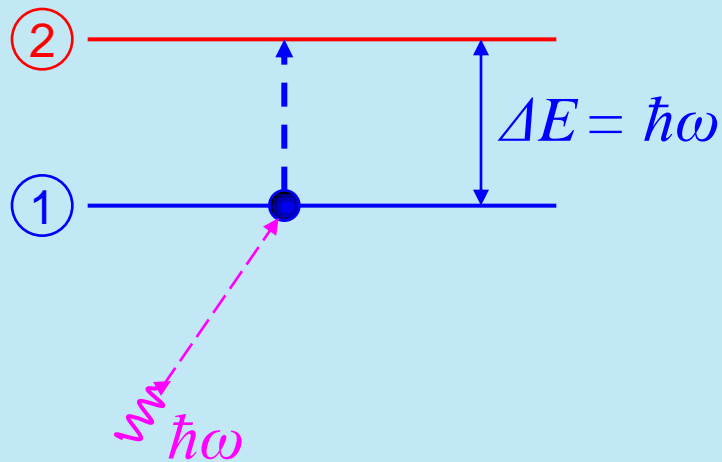
$$N_{12}^{(\text{вблн})} = B_{12} \cdot u_{\omega} \cdot N_1$$

$$u(\omega) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1}$$

Излучение фотона  
(спонтанное)



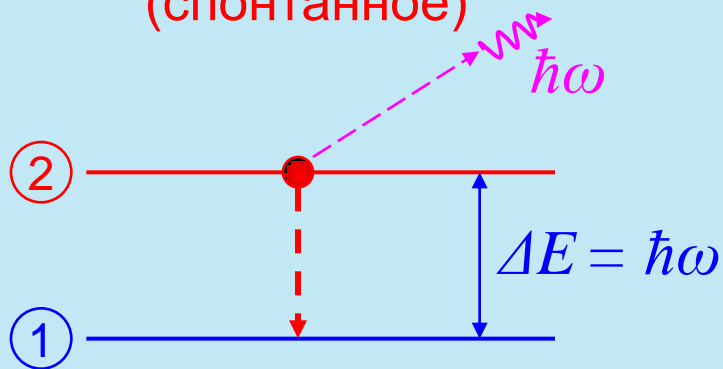
Поглощение фотона  
(вынужденное)



$$N_{12}^{(в\text{ьн})} = B_{12} \cdot u_{\omega} \cdot N_1$$

$$u(\omega) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1}$$

Излучение фотона  
(спонтанное)



$$N_{21}^{(сн)} = A_{21} \cdot N_2$$

$$A_{21} \neq f(\omega)$$

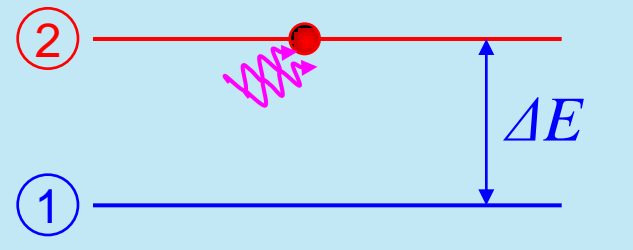
$$N_{12}^{(в\text{ьн})} \neq N_{21}^{(сн)}$$

Принцип детального равновесия: в равновесной системе любой микропроцесс протекает со скоростью, равной скорости обратного процесса.

$$B_{12} \cdot u_{\omega} \cdot N_1 \stackrel{?}{=} A_{21} \cdot N_2$$

Предположение А.Эйнштейна (1918г.): кроме спонтанного существует еще и вынужденное излучение:

$$N_{21}^{(вн)} = B_{21} \cdot u_{\omega} \cdot N_2$$





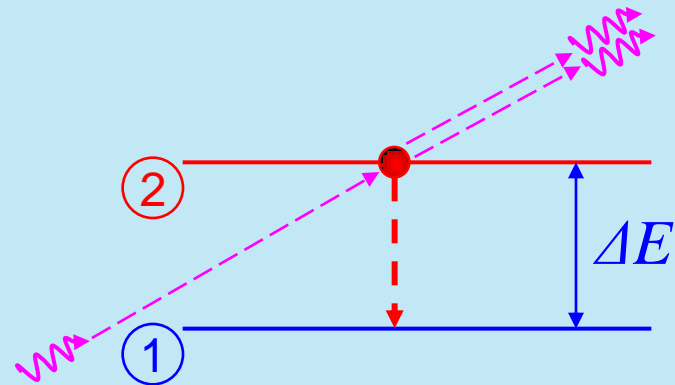
Принцип детального равновесия: в равновесной системе любой микропроцесс протекает со скоростью, равной скорости обратного процесса.

$$B_{12} \cdot u_{\omega} \cdot N_1 = A_{21} \cdot N_2 + X(\omega)$$

Предположение А.Эйнштейна (1918г.): кроме спонтанного существует еще и вынужденное излучение:

$$N_{21}^{(вын)} = B_{21} \cdot u_{\omega} \cdot N_2$$

$$N_{12}^{(вын)} = N_{21}^{(сп)} + N_{21}^{(вын)}$$



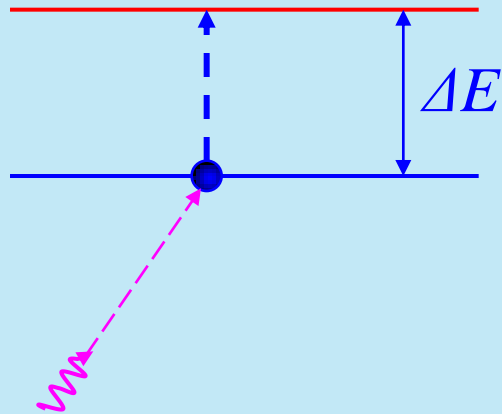
$$B_{12} \cdot u_{\omega} \cdot N_1 = A_{21} \cdot N_2 + B_{21} \cdot u_{\omega} \cdot N_2$$

По принципу  
детального равновесия:

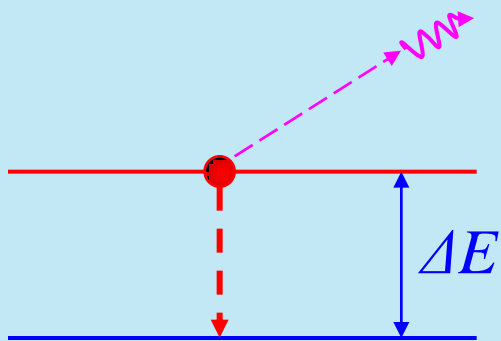
$$B_{12} = B_{21}$$

- коэффициенты  
Эйнштейна

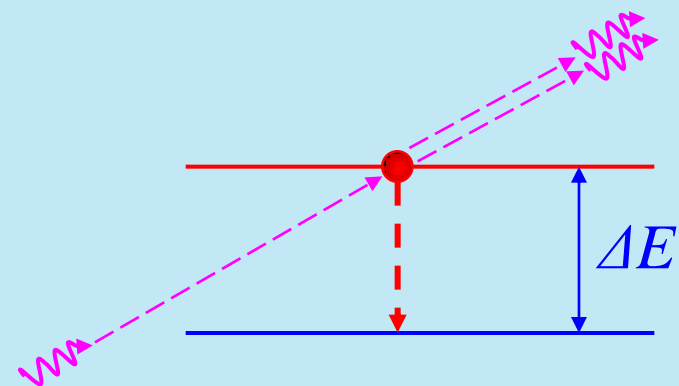
## Поглощение фотона (вынужденное)



## Излучение фотона (спонтанное)



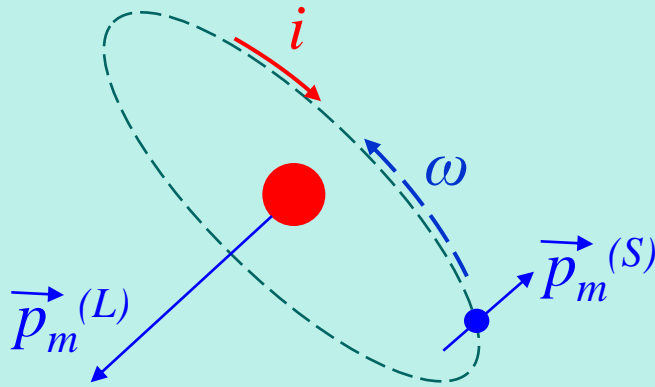
## Излучение фотона (вынужденное)



# Тема 6. Магнитное поле в веществе

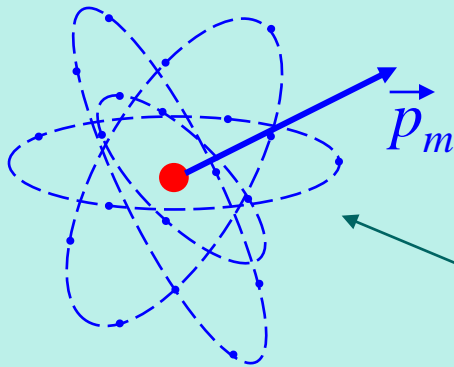
## § 6.1. Атомы и молекулы в магнитном поле

## Магнитный момент атома



$$\vec{P}_m = \vec{P}_m^{(L)} + \vec{P}_m^{(S)}$$

## Для многоэлектронного атома и молекулы



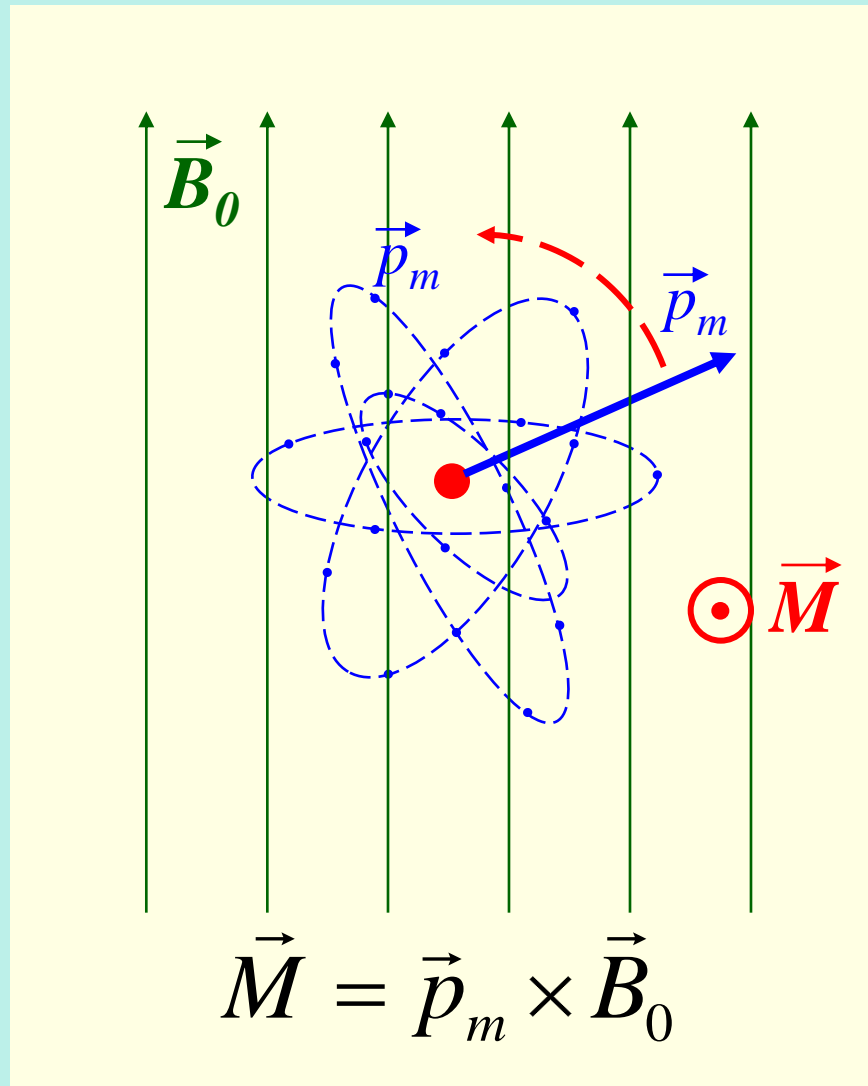
$$\vec{P}_m = \sum_i \vec{P}_{mi}^{(L)} + \sum_i \vec{P}_{mi}^{(S)}$$

(с учетом взаимодействия моментов)

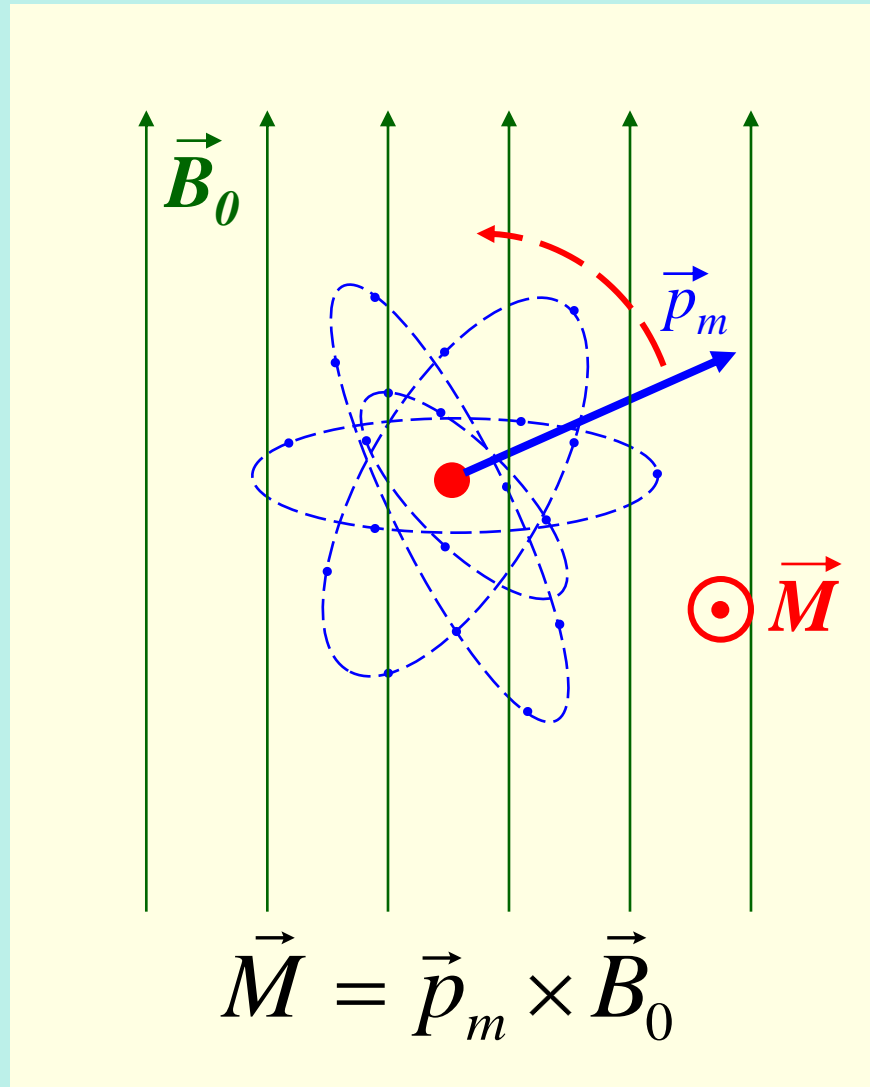
парамагнетик

У молекулы диамагнетика в отсутствие внешнего магнитного поля магнитный момент отсутствует

# Молекула парамагнетика во внешнем магнитном поле $B_0$



# Молекула парамагнетика во внешнем магнитном поле $B_0$



# Тема 6. Магнитное поле в веществе

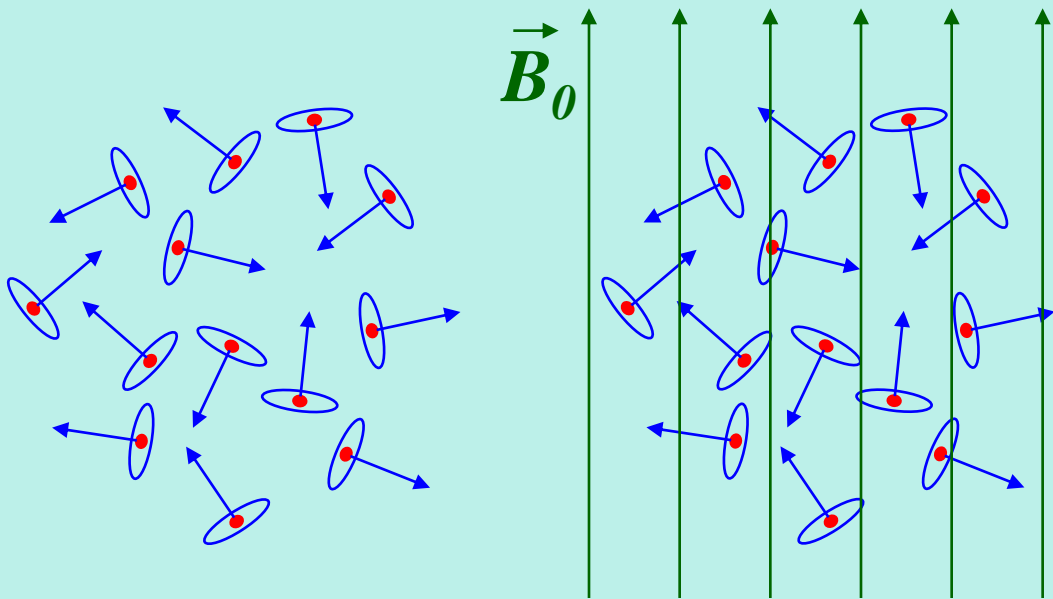
## § 6.2. Парамагнетики и диамагнетики

У молекулы парамагнетика  $p_m \neq 0$

## Модель парамагнетика

1.  $B_0 = 0$ ;  $\langle \vec{p}_m \rangle = 0$

2.  $B_0 \neq 0$ ;  $\langle \vec{p}_m \rangle \neq 0$



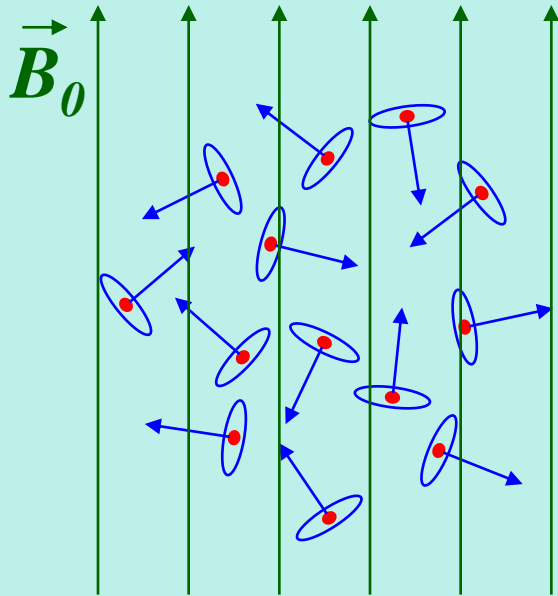
$$\langle \vec{p}_m \rangle \sim \vec{B}_0;$$

$$\langle \vec{p}_m \rangle = \beta_m \frac{\vec{B}_0}{\mu_0}$$

$\beta_m$  - магнитная  
восприимчивость  
молекулы

Для парамагнетика  $\beta_m > 0$





$$\langle \vec{p}_m \rangle = \beta_m \frac{\vec{B}_0}{\mu_0}$$

магнитная восприимчивость молекулы

$$\beta_m = \beta_m(T) \quad \beta_m = \frac{\alpha_m}{T}$$

Молярная магнитная восприимчивость вещества:

$$\chi_m = N_A \beta_m$$

$N_A$  — число Авогадро

Для парамагнетика  $\chi_m > 0$

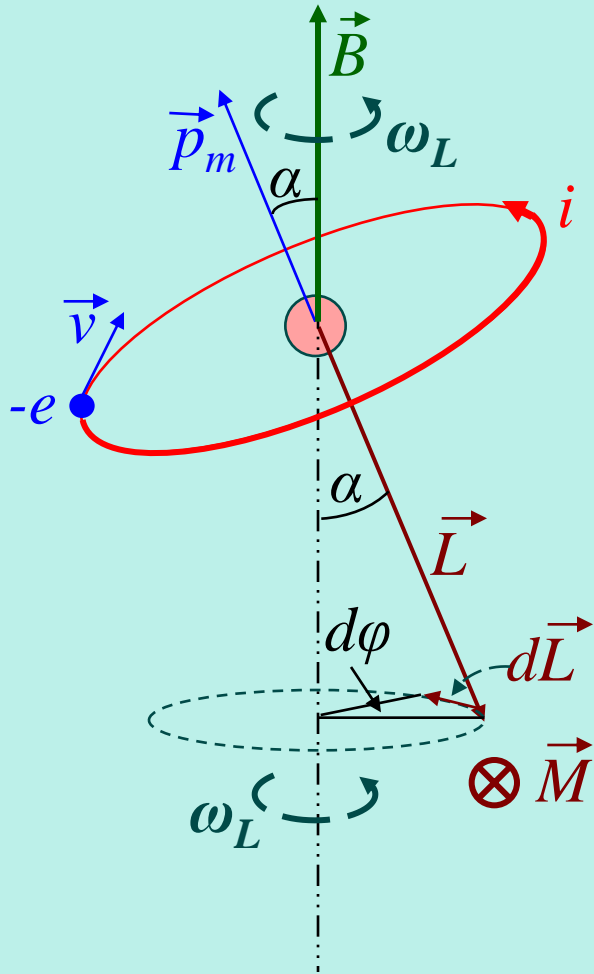
$$\chi_m = \frac{C}{T} \text{ - закон Кюри}$$

$C$  — константа Кюри

Кюри (Curie)  
Пьер  
(1859 - 1906)



# Природа диамагнетизма



$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B} \quad M = p_m B \sin \alpha$$

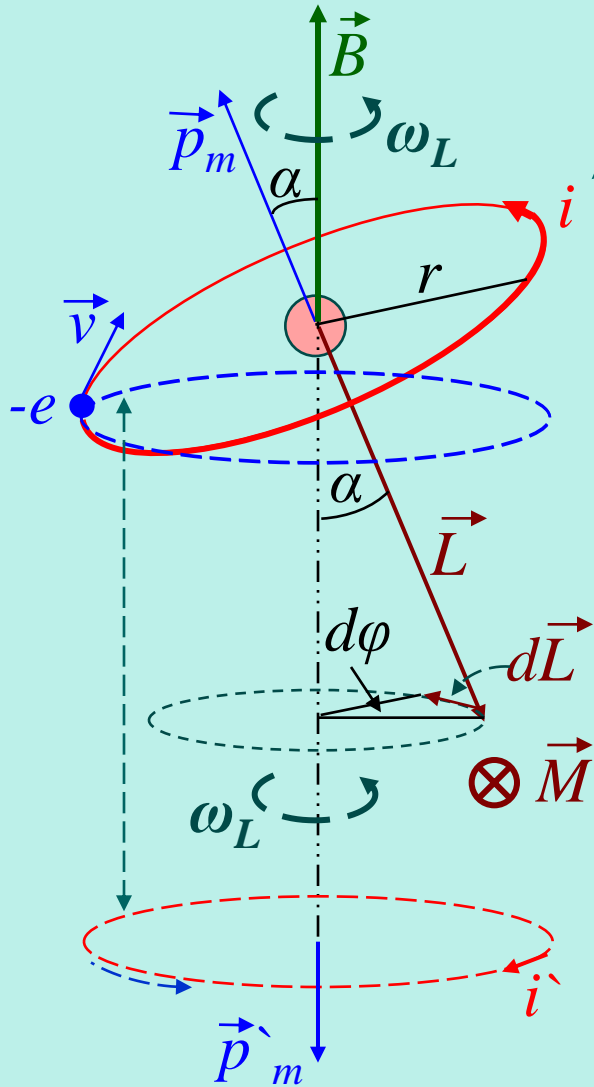
$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad dL = L \sin \alpha \cdot d\varphi$$

$$p_m B = L \frac{d\varphi}{dt} = L \omega_L;$$

Угловая частота прецессии:

$$\omega_L = \frac{p_m}{L} B$$

# Природа диамагнетизма



Угловая частота прецессии:  $\omega_L = \frac{p_m}{L} B$

$$\frac{p_m}{L} = \frac{i \pi r^2}{m v r}; \quad i = \frac{e}{T}; \quad T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$\frac{p_m}{L} = \frac{e v \pi r^2}{2\pi r m v r} = \frac{e}{2m}$$

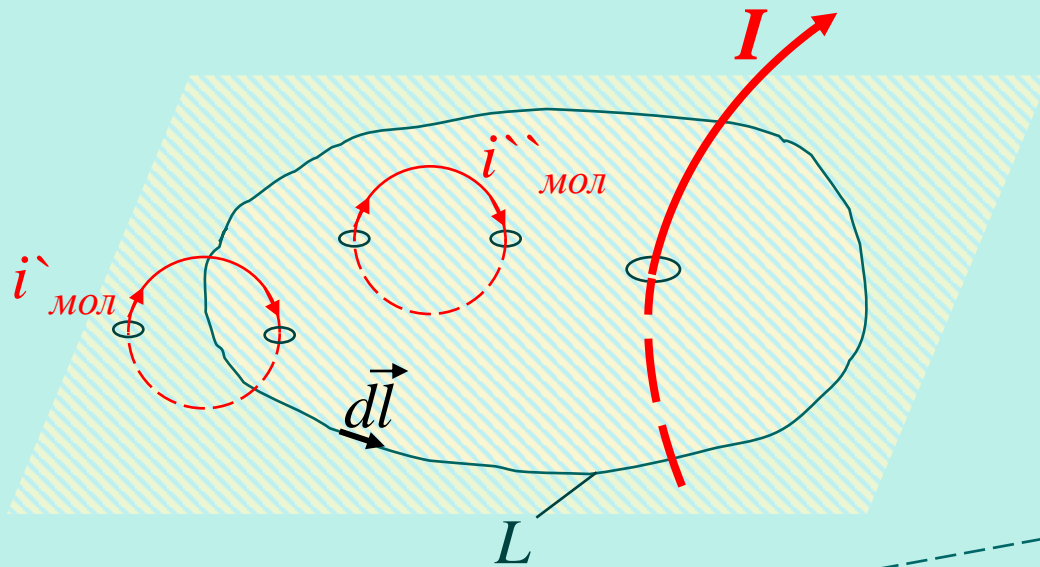
$$\frac{p_m}{L} = \frac{e}{2m} \quad \text{гиромагнитное (магнитомеханическое) отношение}$$

$$\omega_L = \frac{e}{2m} B \quad \text{- ларморова частота}$$

для диамагнетика:  $\vec{p}_m \sim -\vec{B}$

# Тема 6. Магнитное поле в веществе

§ 6.5. Магнитная проницаемость вещества.  
Напряженность магнитного поля  
(фрагмент лекции)

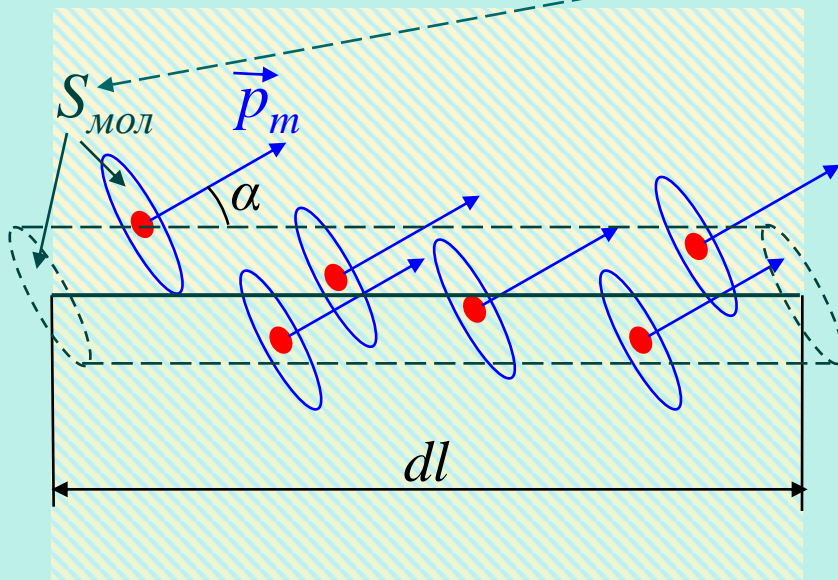


$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i$$

$$I_{\text{мол}} = \oint_L i_{\text{мол}} dN$$

$$dN = n S_{\text{мол}} \cos \alpha dl$$

*концентрация молекул*



$$\begin{aligned} I_{\text{мол}} &= \oint_L i_{\text{мол}} S_{\text{мол}} n \cos \alpha dl = \\ &= \oint_L n p_m dl \cos \alpha = \oint_L n \vec{p}_m \cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

$\vec{J} = n \langle \vec{p}_m \rangle$  - вектор намагненности

$$I_{\text{мол}} = \oint_L \vec{J} \cdot d\vec{l}$$

# **Использование иллюстрационного материала**

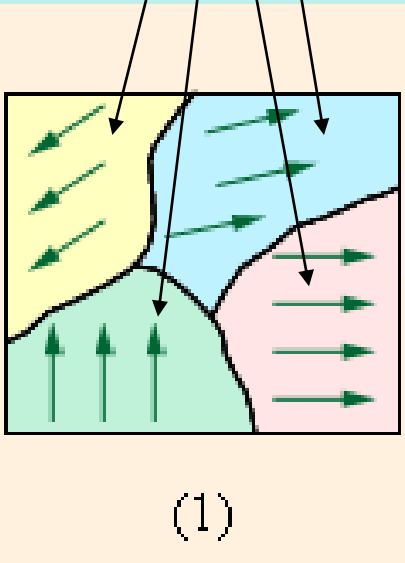
# Тема 6. Магнитное поле в веществе

§ 6.6. Ферромагнетики.  
Петля гистерезиса

# Ферромагнетики

Fe, Ni, Co, Gd + сплавы, соединения; сплавы и соединения Mn, Cr

домены (размеры  $\sim 1 - 10$  мкм)

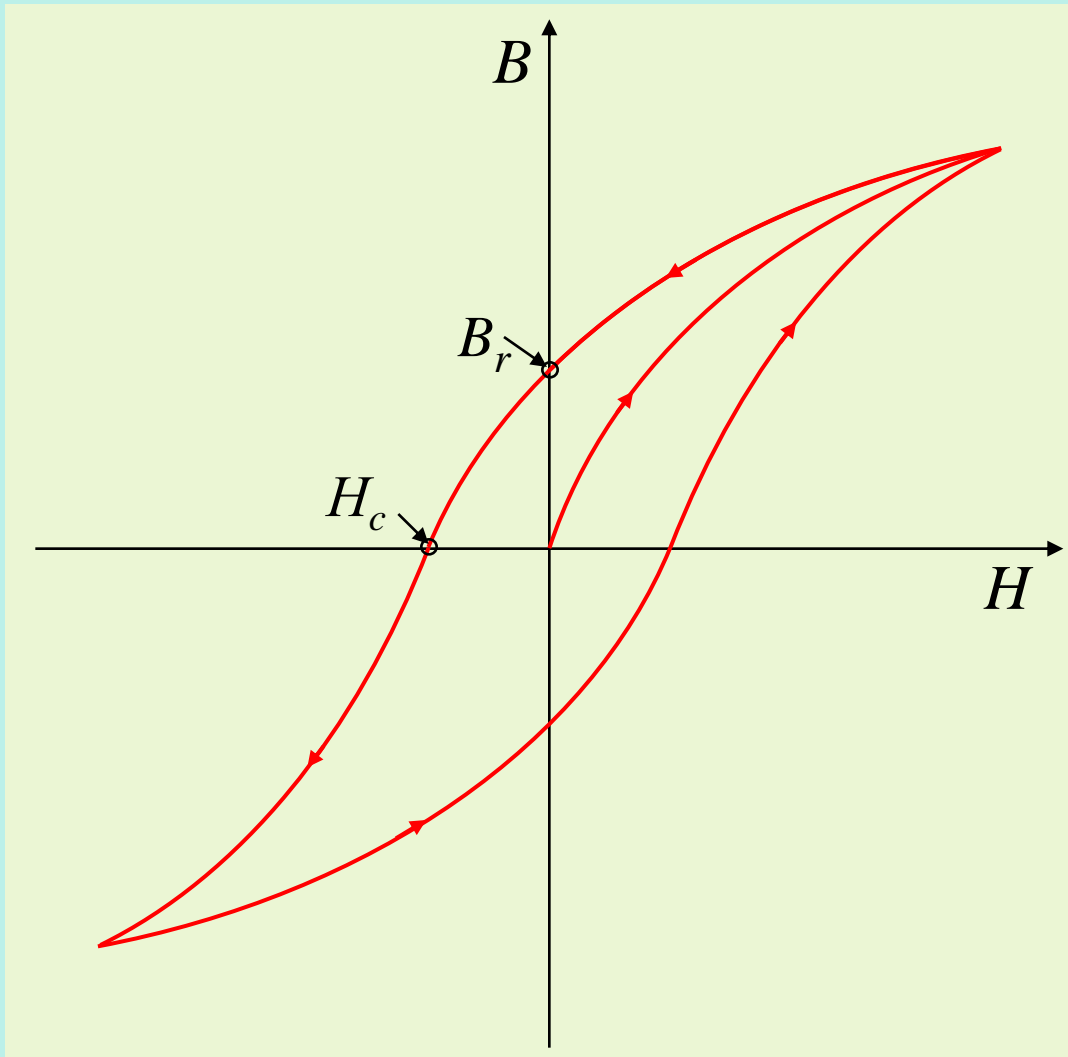


$$B_0 = 0$$

Точка Кюри:  $T_C^{(Fe)} = 768$  °C;  $T_C^{(Ni)} = 365$  °C



# Петля гистерезиса ферромагнетика



$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J})$$

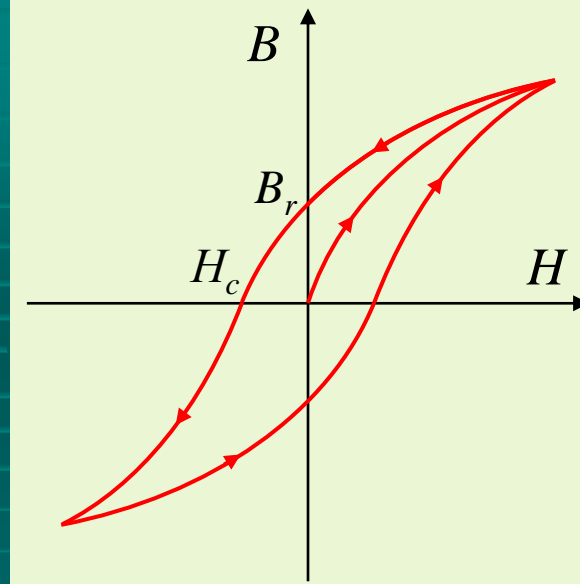
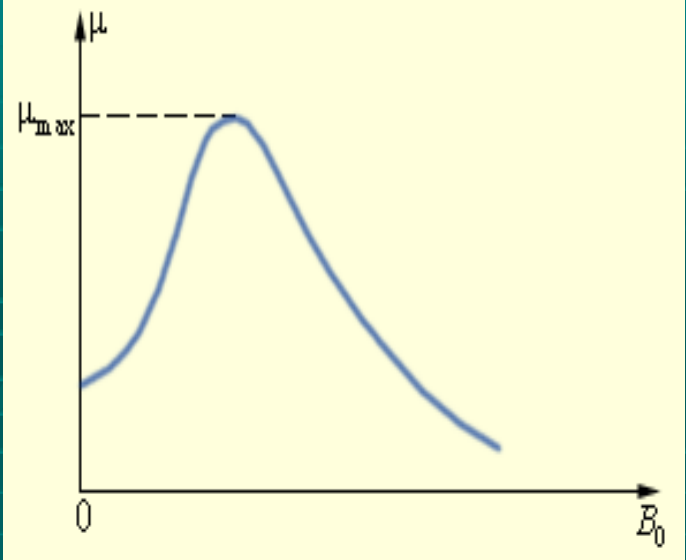
Остаточная индукция:

$$B_r = \mu_0 \underset{\substack{\uparrow \\ \text{остаточная} \\ \text{намагниченность}}}{J_r}$$

$H_c$  - коэрцитивная сила

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

$$\mu = \mu(H)$$



Материал	Состав	$\mu_{\max}$	$B_r$ , Тл	$H_c$ , А/м
Железо	99,9% Fe	5 000	-	80
Супермаллой	79% Ni, 5% Мо, 16% Fe	800 000	-	0,3
Алнико	10% Al, 19% Ni, 18% Со, 53% Fe	-	0,9	52 000

# Лекционные демонстрации

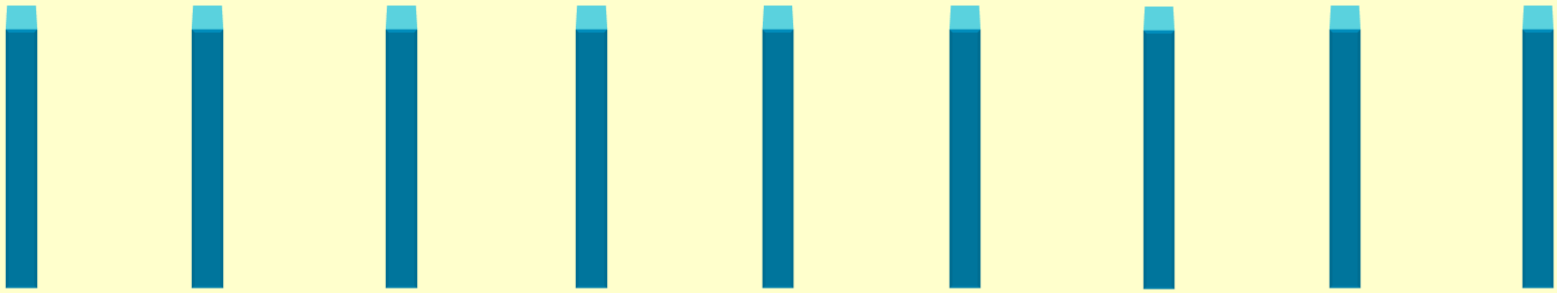
Почка

Кюри

# Использование анимационных моделей

(фрагменты лекций)

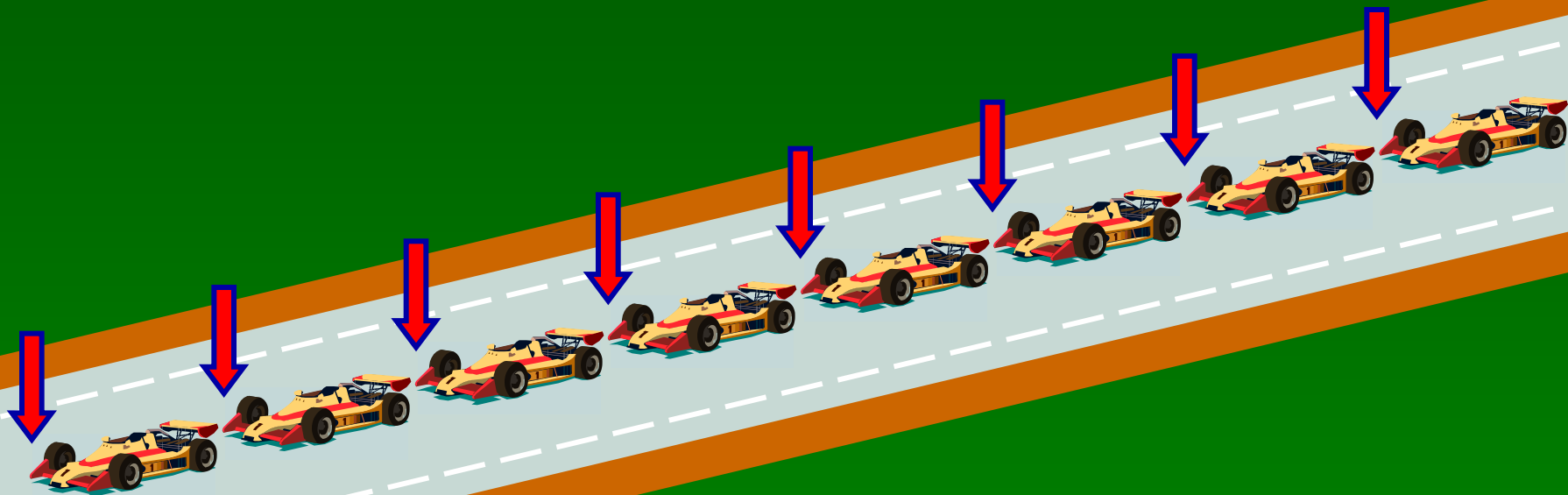
Пример волнового процесса –  
***эффект домино***



Пример волнового процесса –  
*пусковая волна*

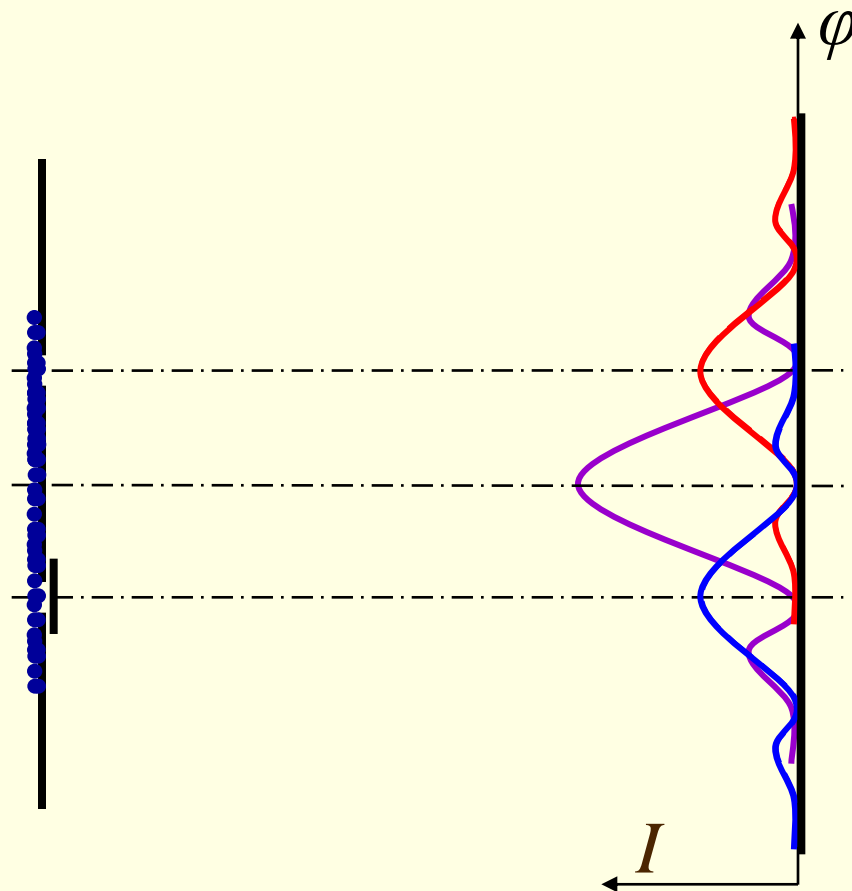


Пример волнового процесса –  
*пусковая волна*

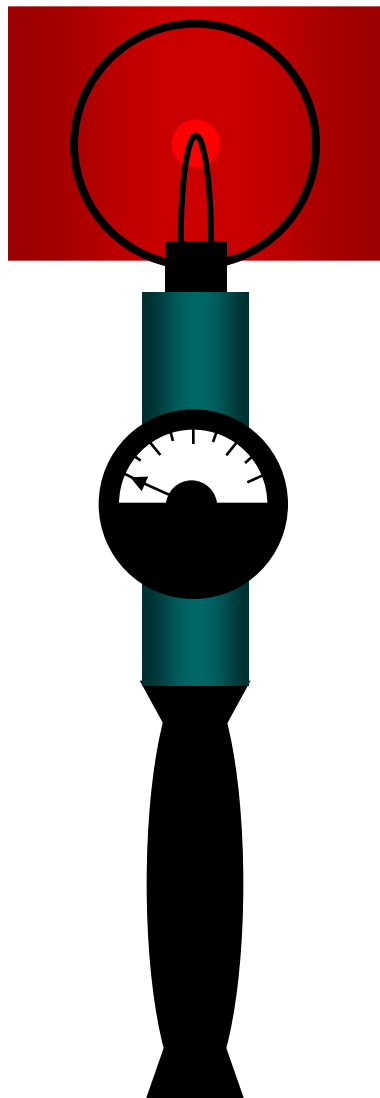




# Дифракция электронов на одной и двух щелях



## Пирометр с исчезающей нитью



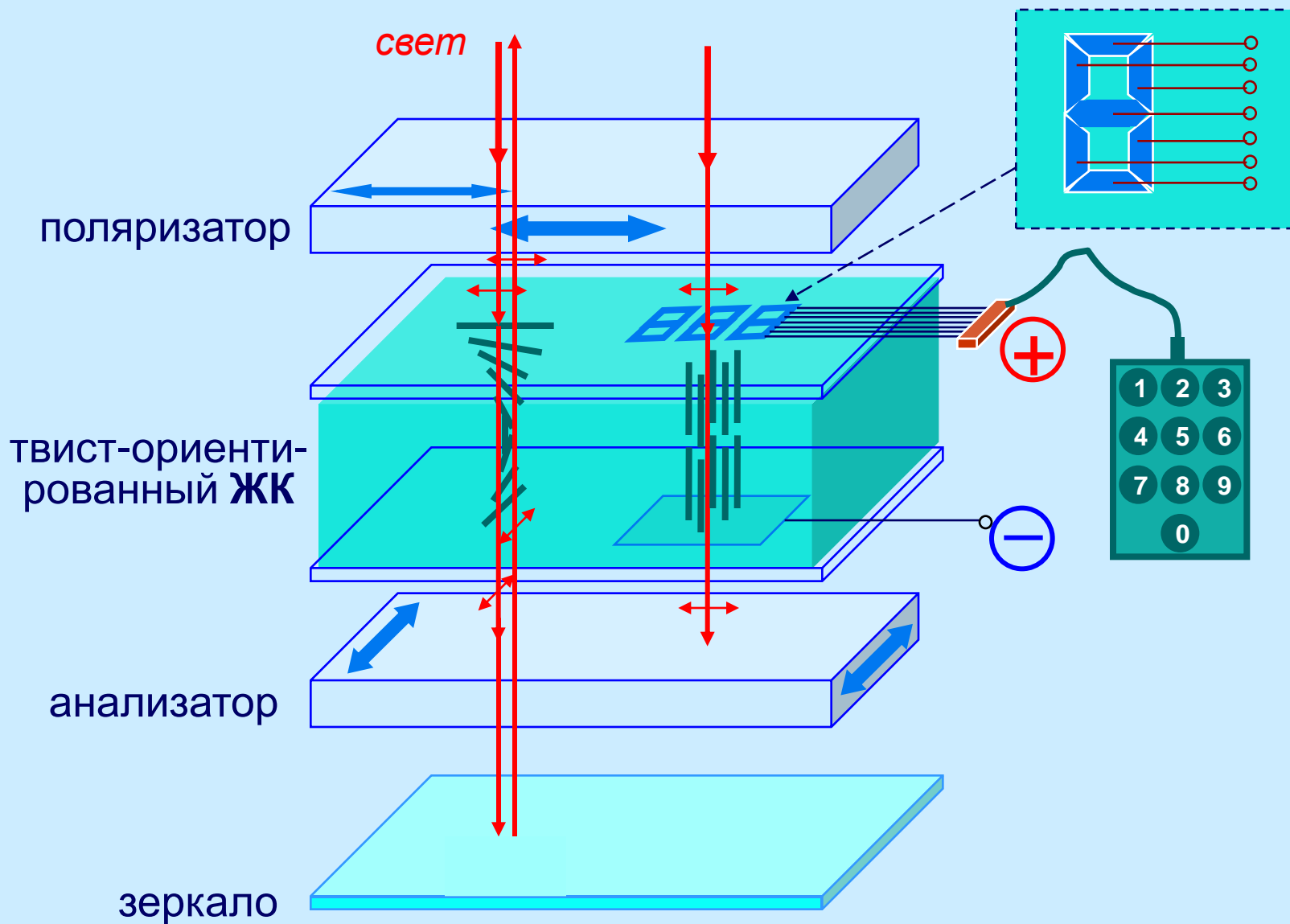
*Для  $\lambda = 660$  нм  
(красный фильтр)*

	$\alpha_{\lambda, T}$
Окись Fe	0,92
Fe ( $T_{пл}$ )	0,36
Cu (1500)	0,80
Ag ( $T_{пл}$ )	0,05

# Использование раздаточного материала

(фрагмент лекции)

# ЖК - индикатор



# ЖК - индикатор

