

## «Три вещи» для запоминания прямо сейчас

$$\Phi_B = LI \quad (27.1)$$

Определение индуктивности

$$I_L = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left[ 1 - \exp(-t/\tau_{r1}) \right] \quad (27.3)$$

Зависимость тока в катушке от времени при включении

$$\rho_{WB} = \frac{B\dot{H}}{2} \quad (27.13)$$

Плотность энергии магнитного поля

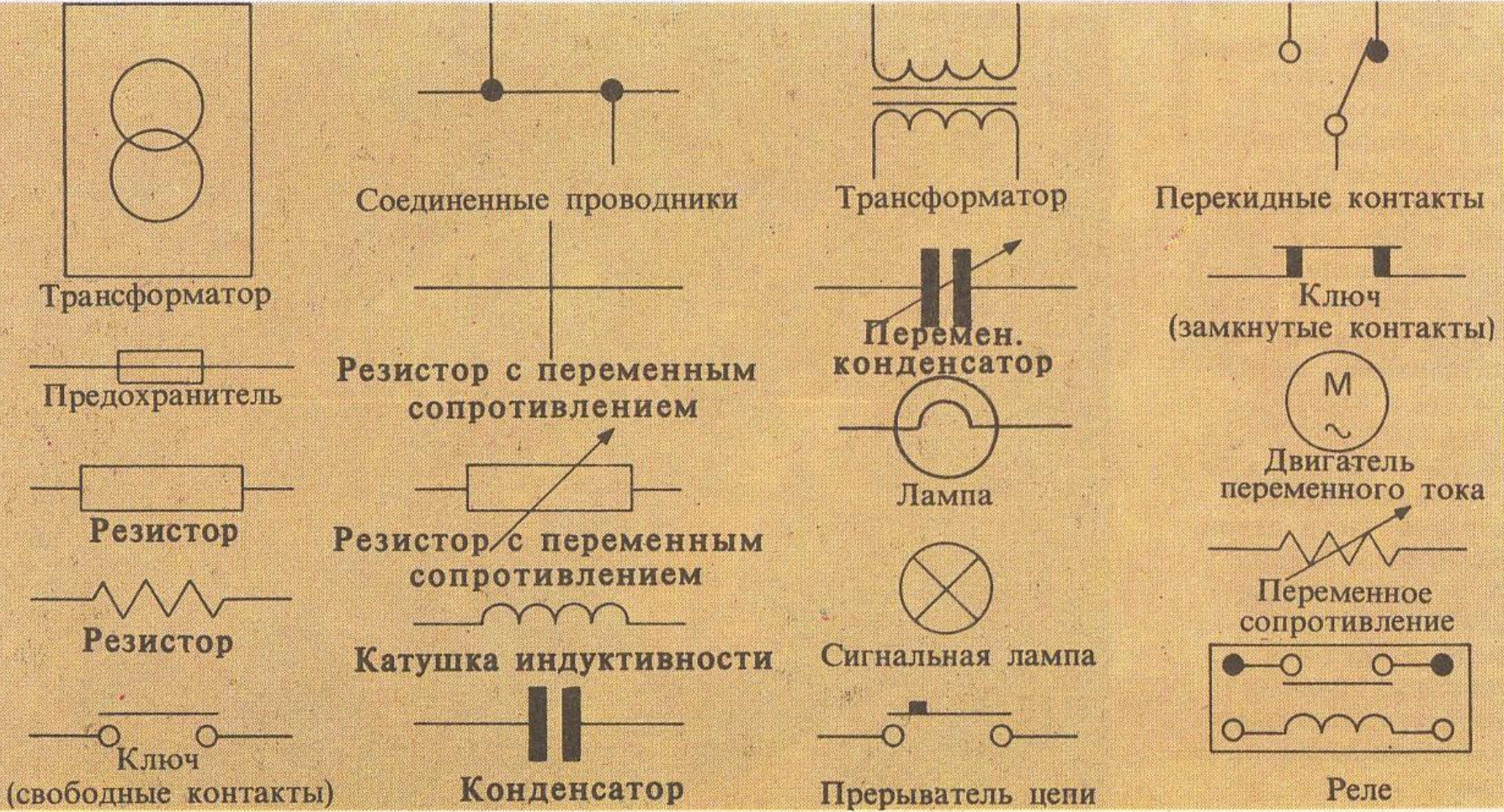
## Л.27 Самоиндукция. Энергия магнитного поля

Самоиндукция – физическое явление, частный случай электромагнитной индукции

Самоиндукция заключается в возникновении ЭДС индукции в проводнике при изменении тока в нём самом

## Катушка индуктивности

4



# Самоиндукция

Катушка индуктивности

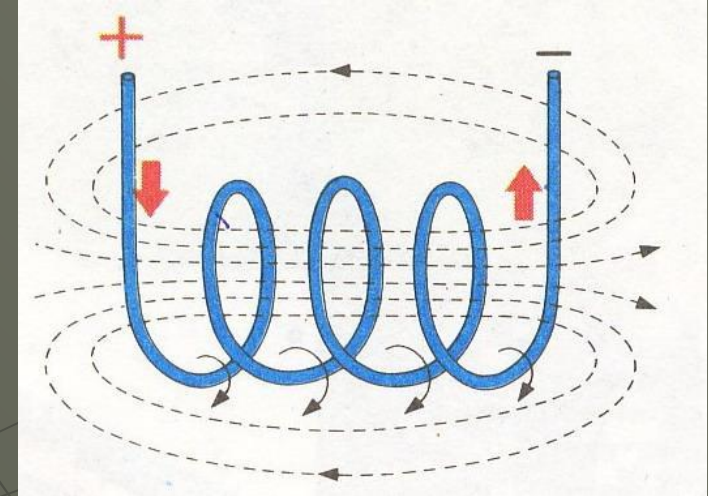
$$I \Rightarrow B \quad \Phi_B = LI \quad (27.1)$$

$$\Phi_B \sim I$$

Определение  
индуктивности

$$[L]_{\mathcal{H}} =$$

Скалярная величина



Интересен случай, когда ток в катушке переменный

$$I(t) \Rightarrow B(t) \quad B(t) \Rightarrow \Phi_B(t) \quad \Phi_B(\dot{t}) \Rightarrow \quad si$$

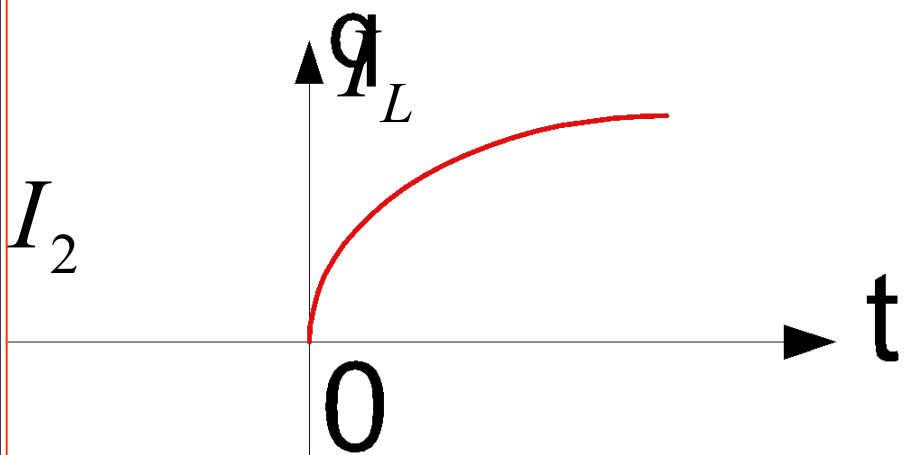
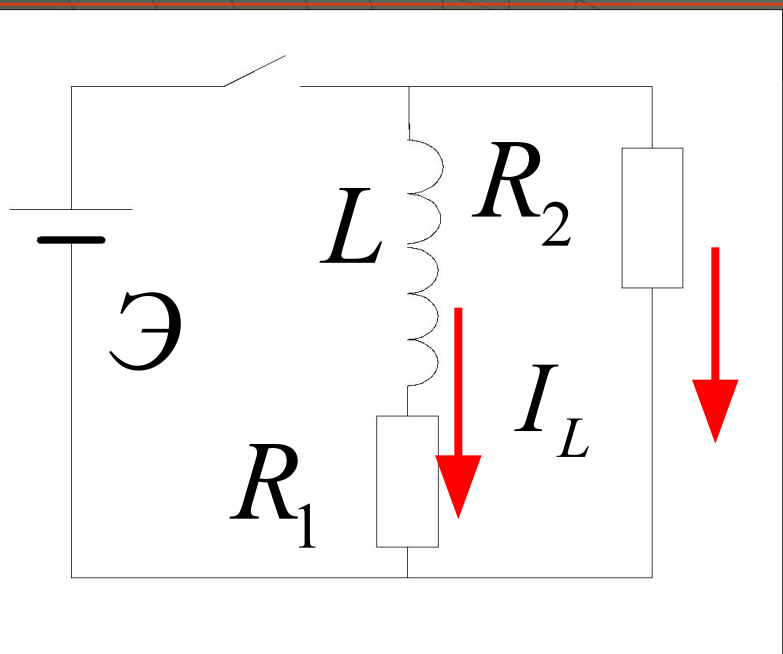
$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt} \quad (27.2)$$

Формула для расчёта  
ЭДС самоиндукции

# Переходные процессы в цепи с индуктивностью

$$I_{L0} = 0$$

Замыкаем ключ



Зависимость тока в катушке от времени при включении

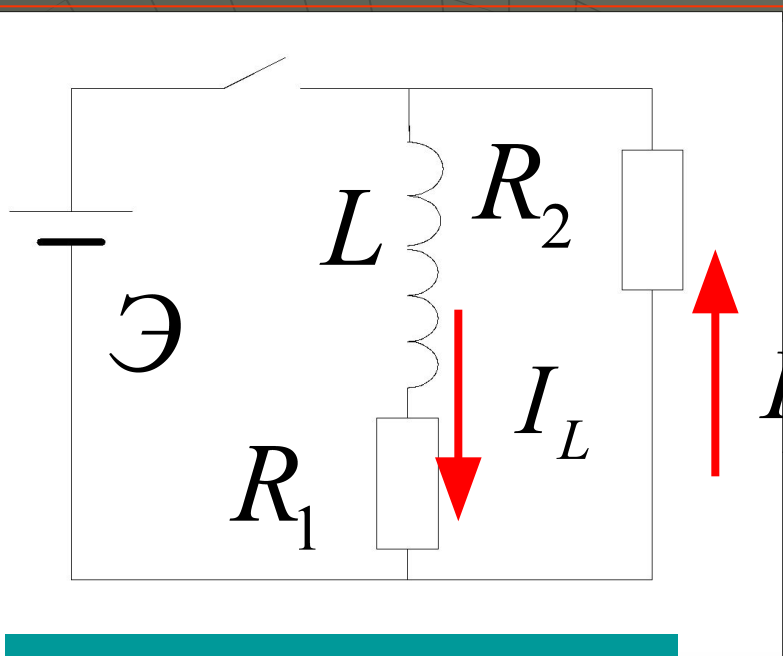
$$I_L = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left[ 1 - \exp(-t/\tau_{r1}) \right] \quad (27.3)$$

Время релаксации (постоянная RL-цепочки)

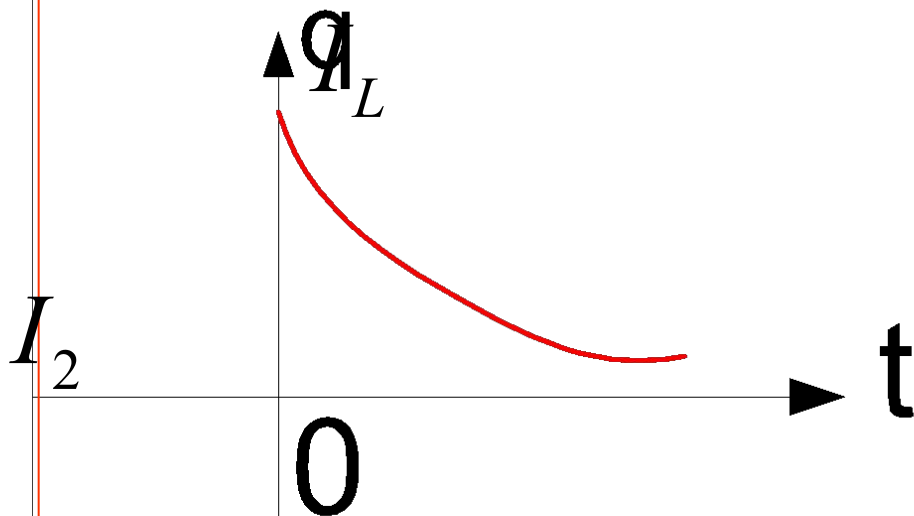
$$\tau_{r1} = L / R_1 \quad (27.4)$$

# Переходные процессы в цепи с индуктивностью

Размыкаем ключ



$\mathcal{E} / R_1$



Зависимость тока в катушке от времени при размыкании ключа

$$I_L = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \exp(-t / \tau_{r12}) \quad (27.5)$$

Время релаксации (постоянная RL-цепочки)

$$\tau_{r12} = L / (R_1 + R_2) \quad (27.6)$$

## «Три вещи» для запоминания прямо сейчас

$$\Phi_B = LI \quad (27.1)$$

Определение индуктивности

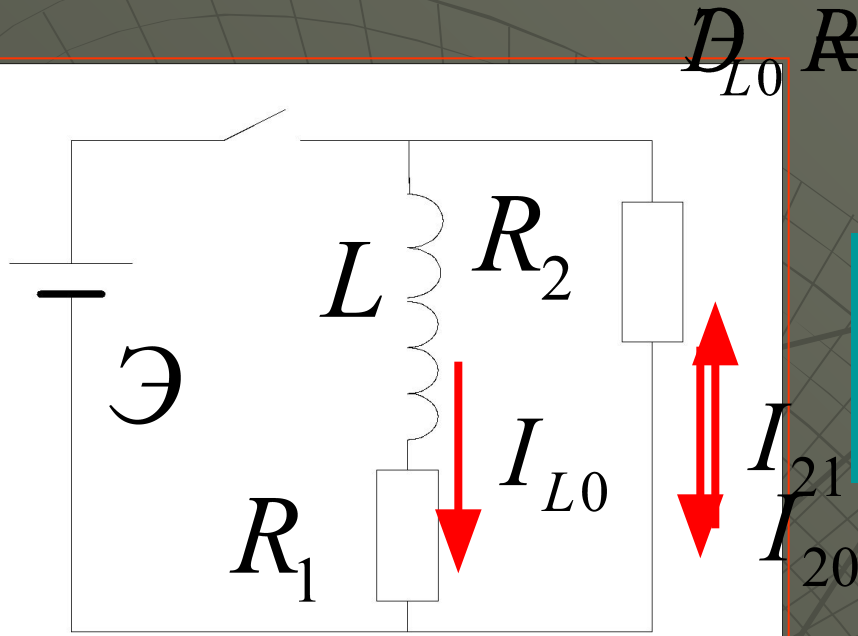
$$I_L = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left[ 1 - \exp(-t/\tau_{r1}) \right] \quad (27.3)$$

Зависимость тока в катушке от времени при включении

$$\rho_{WB} = \frac{B\dot{H}}{2} \quad (27.13)$$

Плотность энергии магнитного поля

# Экстратоки в цепи с индуктивностью при размыкании



$$\mathcal{D}_{L0} R I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \quad \mathcal{D}_{20} R \quad \frac{\mathcal{E}}{R_2}$$

Размыкаем ключ – ток через  $R_2$  меняется мгновенно – сразу становится

$$\mathcal{D}_{21} R I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R_1}$$

Может оказаться . . .

Чтобы изменился ток через катушку, нужно время: катушка – инерционный элемент.

Может оказаться . . .

$$\mathcal{E} / R_1 \gg \mathcal{E} / R_2$$

. . . и  $R_2$  сгорит!



# Расчёт индуктивности длинной катушки

$$R_K \ll l_K$$

$$\Phi_B = L_K I \quad (27.1)$$

Определение индуктивности

$$\Phi_B = BS_K N \quad (27.7)$$

Магнитный поток из его определения

$$B_K = \mu_0 \mu I n \quad (27.8)$$

МИ внутри длинной катушки  
вдали от концов

$$L_K = \mu \mu_0 n S_K N \quad (27.9)$$

Комбинация (27.1) и (27.7),  
(27.8)

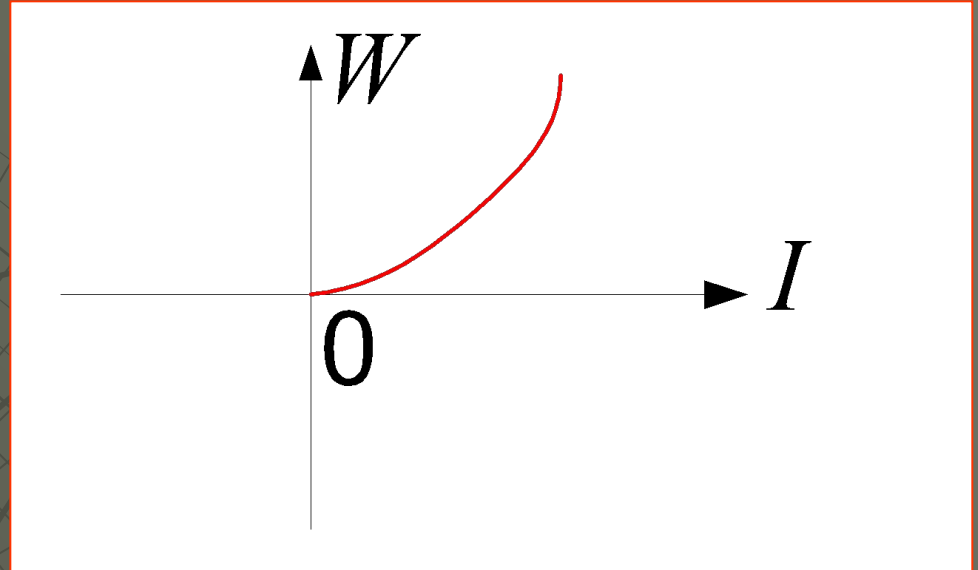
$$L_K = \mu \mu_0 n^2 V \quad (27.10)$$

Стандартная очень  
приближённая формула для  
вычисления индуктивности  
длинной катушки

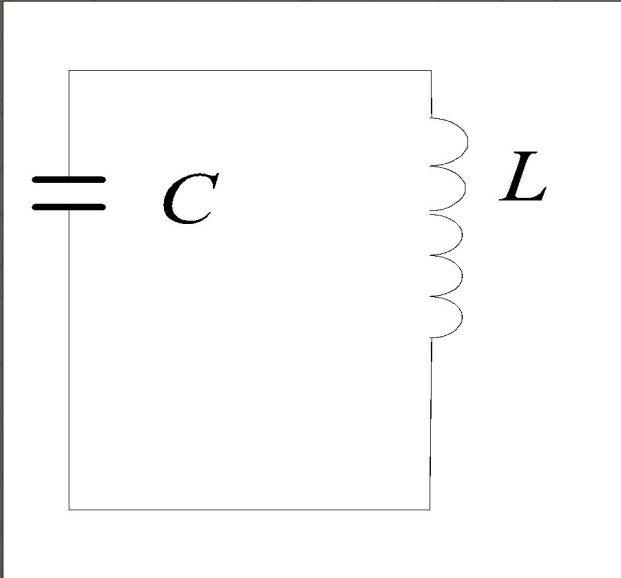
$$W_K = \frac{LI^2}{2} \quad (27.11)$$

$$W_K = \int_V \rho_W dV \quad (27.12)$$

$$\rho_{WB} = \frac{B\dot{H}}{2} \quad (27.13)$$



# Электрический колебательный контур



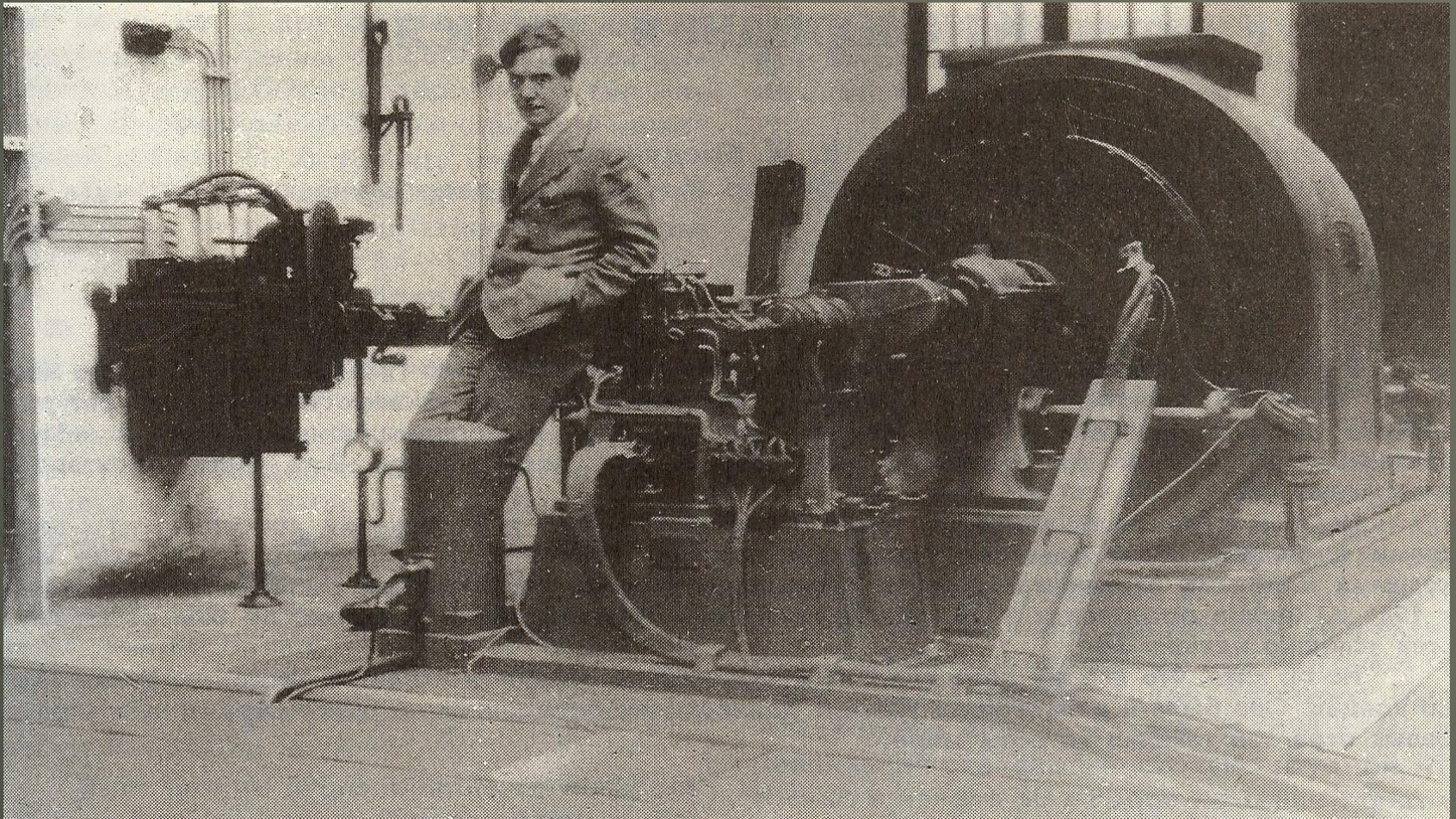
$$W_{\text{ЭКК}} = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad (27.14)$$

$$W_{\text{НО}} = \frac{\tilde{m}\dot{\xi}^2}{2} + \frac{\tilde{k}\xi^2}{2} \quad (27.15)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\tilde{k}}{\tilde{m}}} \quad (27.16)$$

$$\omega_{0\text{ЭКК}} = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (27.17)$$

Установка, с помощью которой Капица получил в 1922 году импульсное магнитное поле 10 Тл



2000 год

Постоянные магнитные поля 300 кЭ => 30 Тл

Импульсные магнитные поля 10 МЭ => 1 кТл

Эрстед - единица измерения НМП в СГС

$$1 \text{ Э} = 79,5775 \text{ А/м}$$

Гаусс - единица измерения МИ в СГС.

1 Гс = 100 мкТл и это соответствует 1 Э в вакууме.

Рекорд Капицы около 100 кЭ,  
что соответствует примерно 10 Тл.

## «Три вещи» для запоминания прямо сейчас

$$\Phi_B = LI \quad (27.1)$$

Определение индуктивности

$$I_L = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left[ 1 - \exp(-t/\tau_{r1}) \right] \quad (27.3)$$

Зависимость тока в катушке от времени при включении

$$\rho_{WB} = \frac{B\dot{H}}{2} \quad (27.13)$$

Плотность энергии магнитного поля