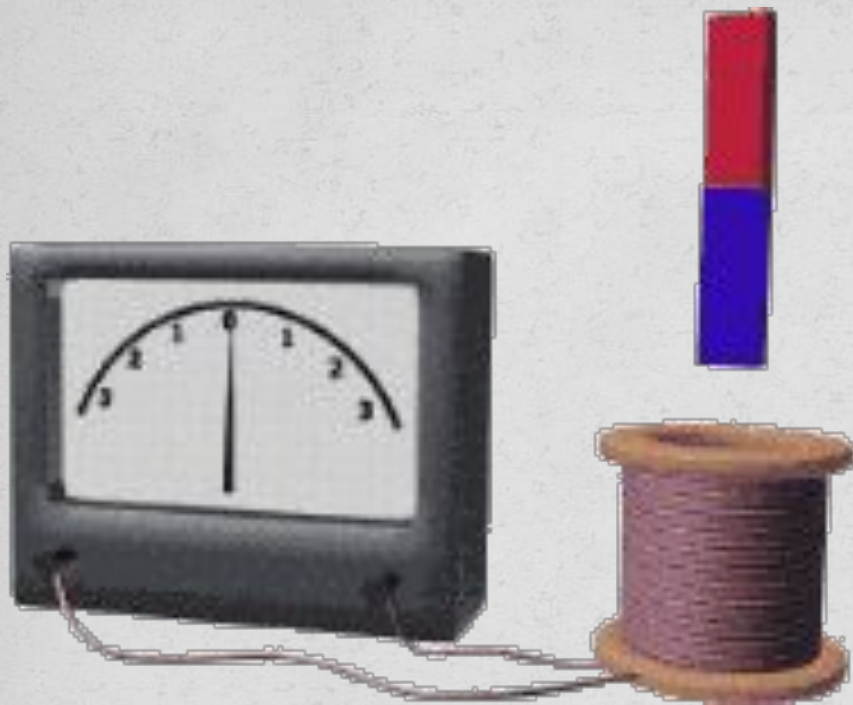


Электромагнитная ИНДУКЦИЯ

(ЭМИ)

Явление электромагнитной индукции



Открыто
Майклом
Фарадеем в
1831 году



Майкл Фарадей
(1791 — 1867)

Выдающийся английский физик и химик, член Лондонского королевского общества, основоположник учения об электромагнитном поле

Открыл:

- закон электромагнитной индукции
- законы электролиза,
- явление вращения плоскости поляризации света в магнитном поле,
- явления диамагнетизма и парамагнетизма

Первый получил хлор в жидком состоянии.

ИНДУКЦИИ

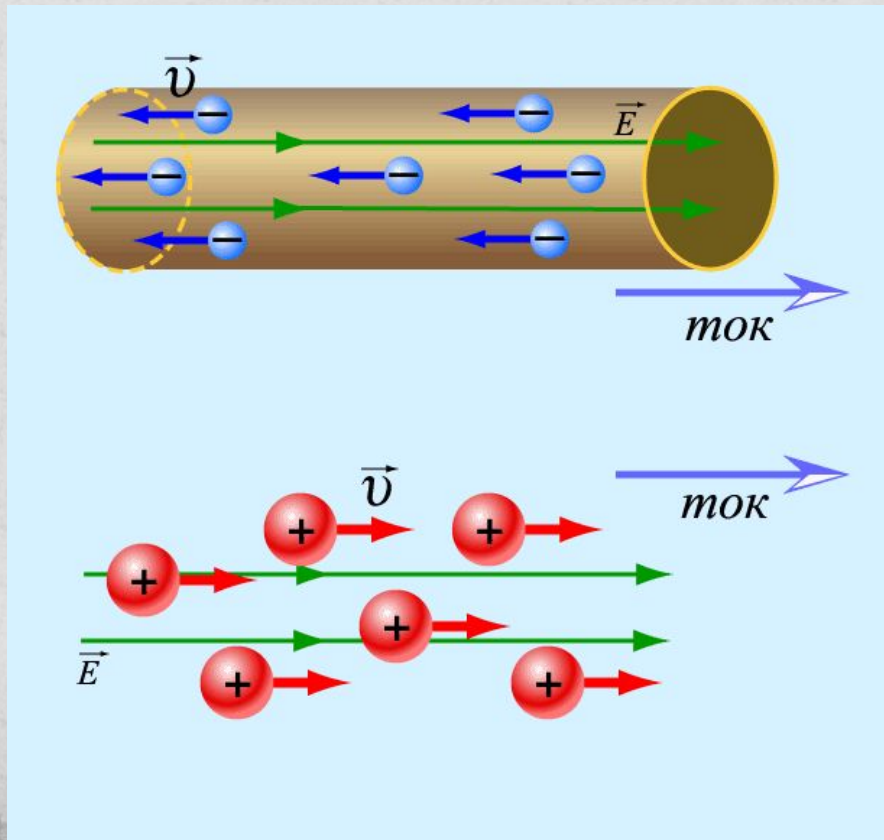
Переменное магнитное поле B, Φ

Порождает в
замкнутом проводящем
контуре

Индукционный ток I_i

Что называют электрическим током?

Ток – это **упорядоченное** движение заряженных частиц



Переменное магнитное поле B, Φ



порождает

Вихревое электрическое поле \mathcal{E}_i, E



действует на

Свободные заряды в контуре q_0, v, N



приходят в движение, создавая

Индукционный ток I_i

ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_i = \frac{A_{\text{вихр.}}}{q}$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{A}{q} = 1$$

$$[\mathcal{E}_i] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

ЭДС индукции показывает, какую работу совершает вихревое электрическое поле по перемещению единичного заряда по замкнутому контуру

Сравните

ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_i = \frac{A_{\text{вихр.}}}{q}$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{A_{\text{вихр.}}}{q = 1}$$

$$[\mathcal{E}_i] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

Напряжение

$$U = \frac{A}{q}$$

$$U = \frac{A}{q = 1}$$

$$[U] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$$

Переменное магнитное поле B, Φ



порождает

Вихревое электрическое поле \mathcal{E}_i, E



действует на

Свободные заряды в контуре q_0, v, N



приходят в движение, создавая

Индукционный ток I_i

Закономерности явления ЭМИ

Опытные факты

- $I_i \sim N$ витков в катушке

- $I_i \sim N$ вносимых (выносимых) магнитов

$$\Phi = BScos\alpha$$

- $I_i \sim$ скорости внесения (вынесения) магнитов

Анализ формулы

- N витков в контуре меняет его S

- N вносимых (выносимых) магнитов меняет численное значение B

- Скорость внесения (вынесения) магнитов в контур влияет на быстроту изменения Φ

Сила индукционного тока зависит от быстроты изменения магнитного потока

Сравните

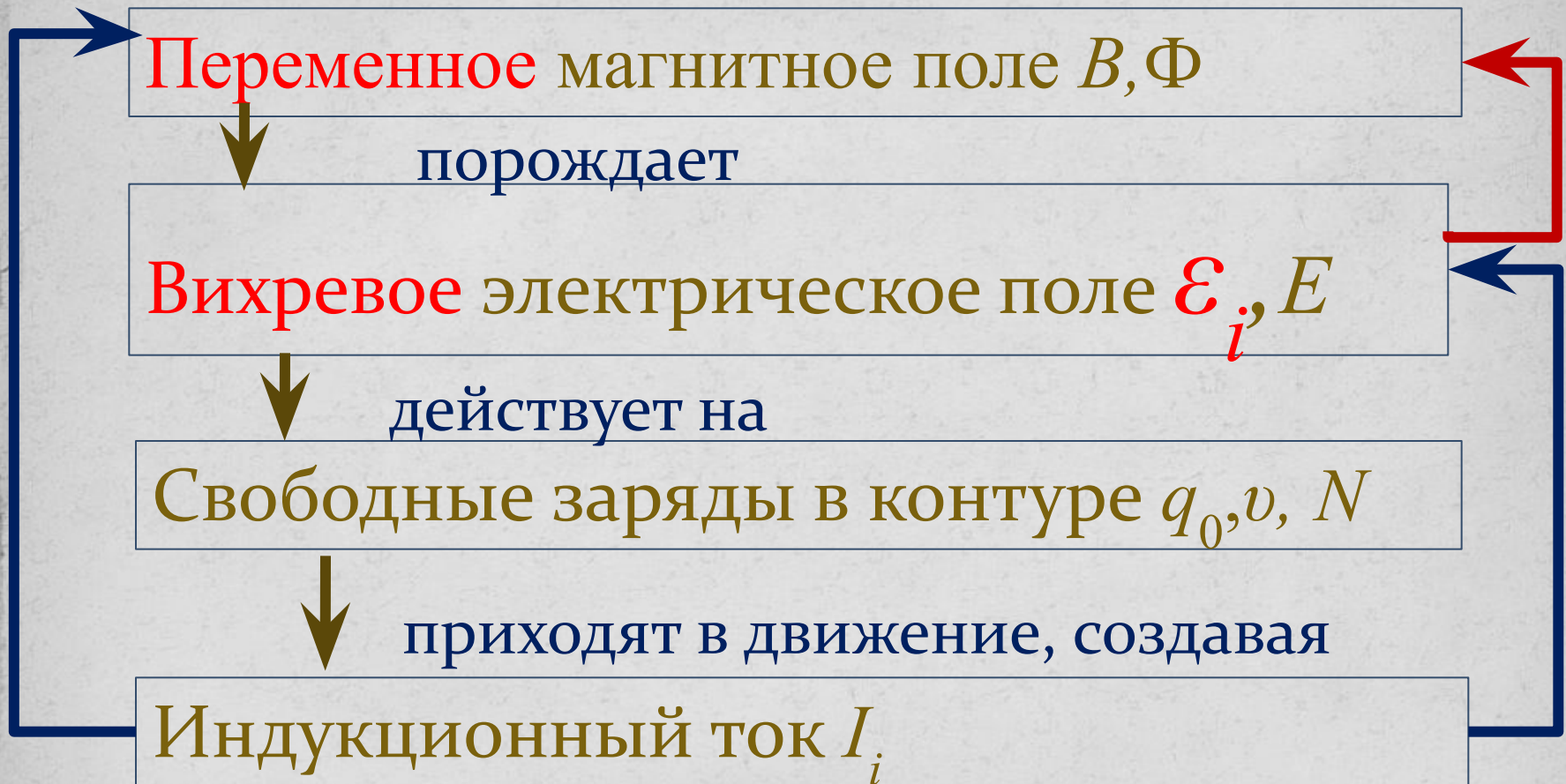
Закон Ома

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$$

Индукционный ток зависит от быстроты изменения магнитного потока



$$I_i \sim \frac{\Delta\Phi}{t}$$

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$$

$$\mathcal{E}_i \sim \frac{\Delta\Phi}{t}$$

$B = \frac{F_{A \max}}{l}$	$[B] = 1 \text{ Тл} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}}$
$\Phi = BS \cos \alpha$	$[\Phi] = 1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2$
$I = \frac{q}{t}$	$[I] = 1 \text{ А}$
$q = It$	$[q] = 1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}$
$A = Fs$	$[A] = 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$
$\mathcal{E}_i = \frac{A_{\text{вихр.}}}{q}$	$[\mathcal{E}_i] = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В}$

$$\left[\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right] = \frac{\text{Вб}}{\text{с}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$$

$$= \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{м}^2 = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^{\cancel{2}}}{\text{А} \cdot \cancel{\text{м}}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А}} =$$

$$= \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А}} \cdot \frac{1}{\text{с}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{А} \cdot \text{с}} =$$

$$= \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$$

Закон ЭМИ

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

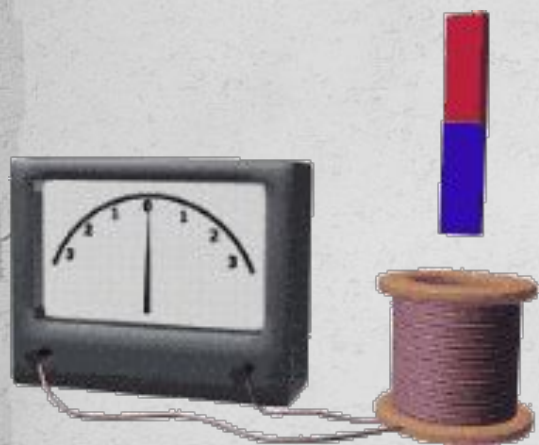
ЭДС индукции прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока

В такой записи справедлив для случая линейного (равномерного) изменения магнитного потока.

Электромагнитная индукция – явление, возникновения вихревого электрического поля, создающего электрический ток в замкнутом проводящем контуре при **изменении** потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.

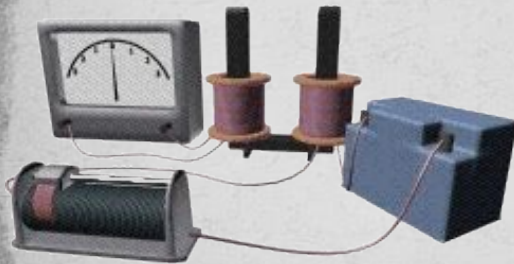
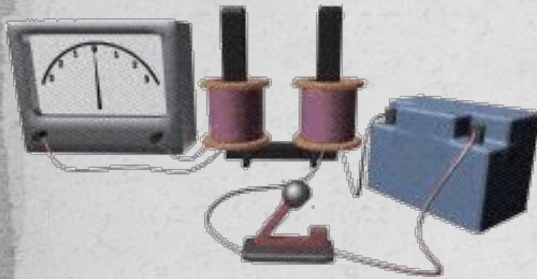
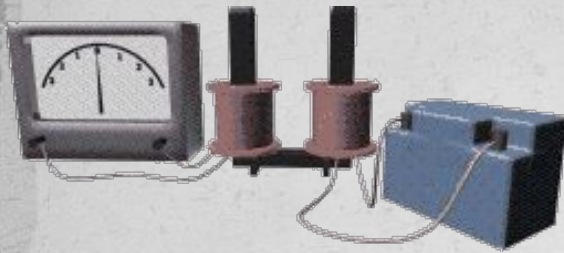
Возникающий при этом ток называют **индукционным**.

Способы получения индукционного тока (магнитное поле создано постоянным магнитом)



$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$		$\Phi = BS\cos\alpha$
$\Delta\Phi = \Delta BS\cos\alpha$		Вносить и выносить магнит в контур
$\Delta\Phi = B\Delta S\cos\alpha$		Деформировать весь контур
$S = NS_1$	$\Delta S = \Delta NS_1$	Менять число витков в контуре
	$\Delta S = N\Delta S_1$	Деформировать один виток контура
$\Delta\Phi = BS\Delta(\cos\alpha)$		Поворачивать магнит или контур относительно оси контура

Способы получения индукционного тока (магнитное поле создано током)



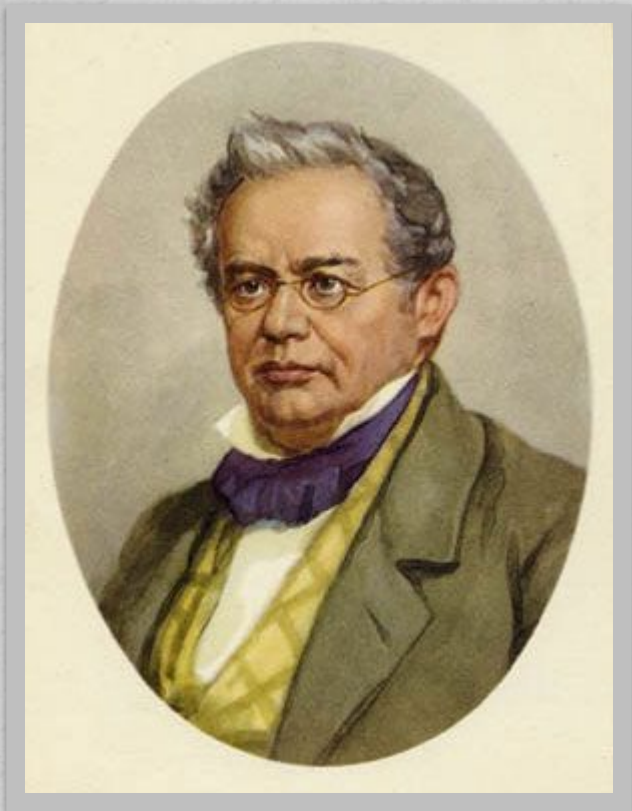
$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$		$\Phi = BS\cos\alpha$	Способ
		$\Phi = LI$	
$\Delta\Phi = \Delta BS\cos\alpha$			Перемещать катушку относительно контура (и наоборот)
$\Delta\Phi = L\Delta I$			Включать (выключать) ток в катушке
			Менять силу тока в катушке
$\Delta\Phi = \Delta LI$	$L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}$	$\Delta L = \frac{\Delta\mu\mu_0 N^2 S}{l}$	Вносить (выносить) сердечник
		$\Delta L = \frac{\mu\mu_0 N^2 \Delta S}{l}$	Деформировать контур
		$\Delta L = \frac{\mu\mu_0 \Delta(N^2) S}{l}$	Менять число витков в катушке
		$\Delta L = \Delta\left(\frac{1}{l}\right)\mu\mu_0 N^2 S$	Менять расстояние между витками катушки

Направление индукционного тока

Правило Ленца (1834 год):

Возникающий в замкнутом проводящем контуре индукционный ток **всегда** имеет такое направление, что **его собственное** магнитное поле **мешает изменению** того магнитного потока, которым этот ток порожден.

Или: индукционный ток всегда препятствует причине его порождающей.



ЛЕНЦ, Эмилий
Христианович
(1804 – 1863)

- Выдающийся русский физик, один из создателей учения об электричестве и теоретических основ электротехники.
- Долгие годы возглавлял кафедру физики и физической географии в Петербургском университете, а с 1863 г. был ректором университета.
- В курсе физики основные выводы Ленца известны как "Правило Ленца" и "Закон Джоуля - Ленца".

Переменное магнитное поле B, Φ



порождает

Вихревое электрическое поле \mathcal{E}_i, E



действует на

Свободные заряды в контуре q_0, v



приходят в движение, создавая

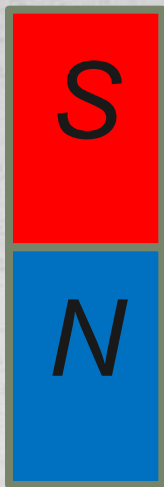
Индукционный ток I_i



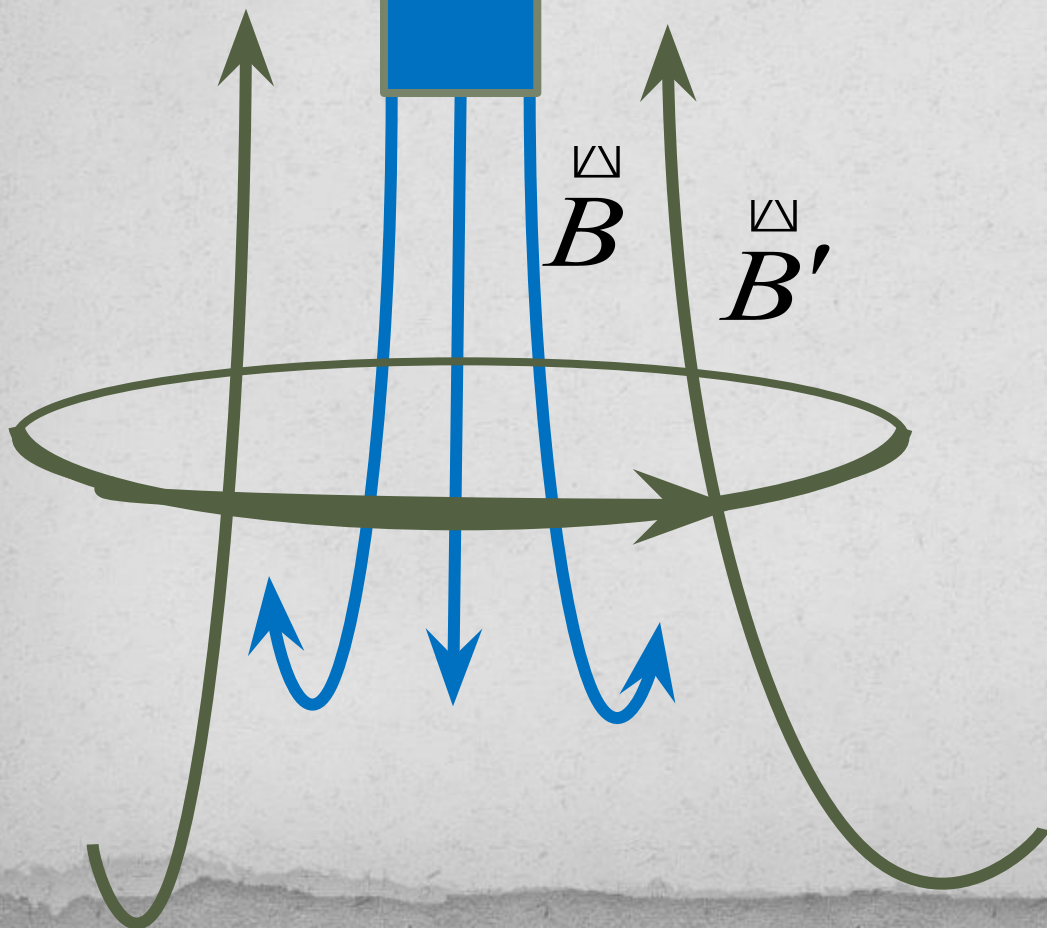
создает

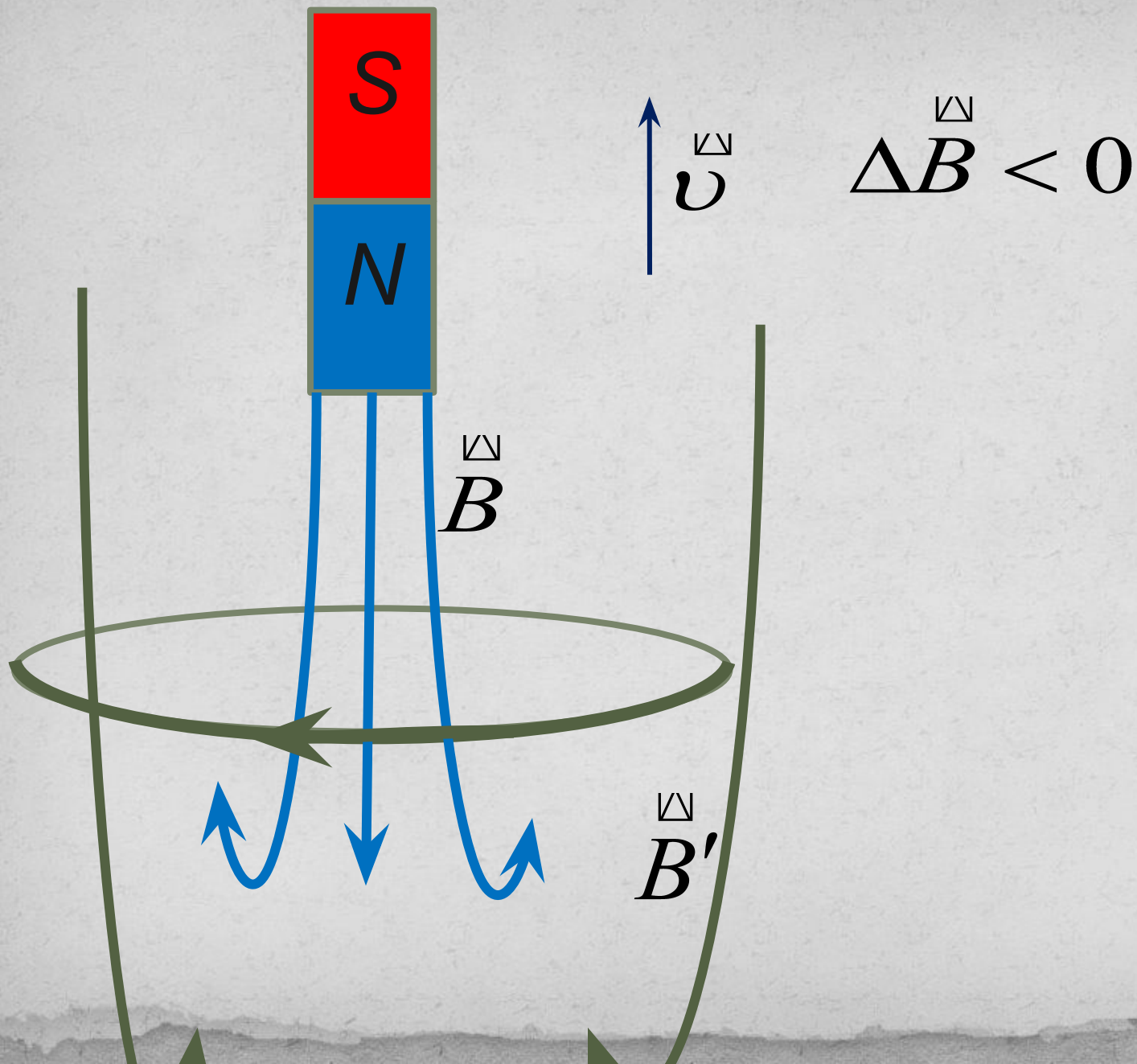
Свое магнитное поле B_i

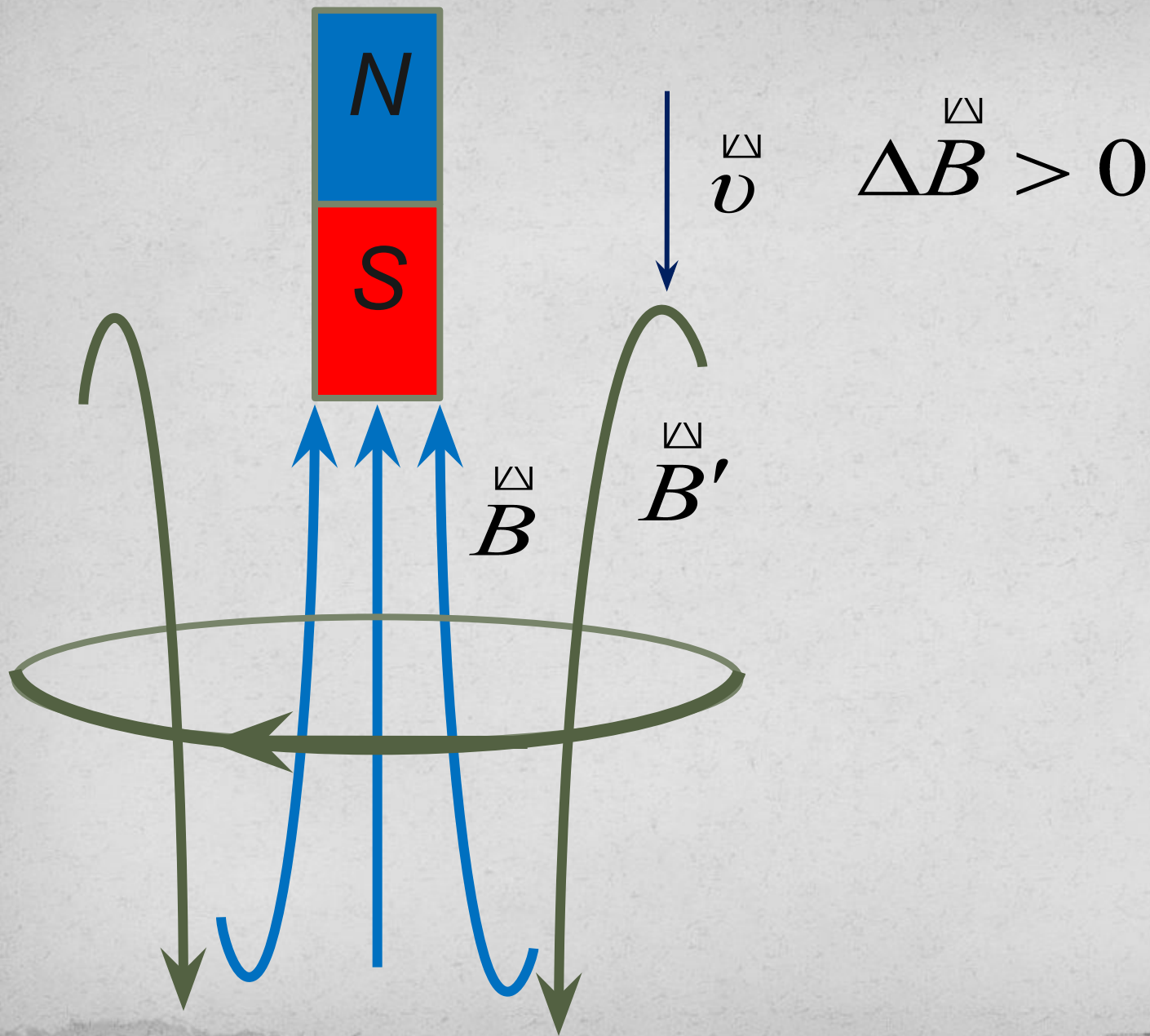
Мешает изменению

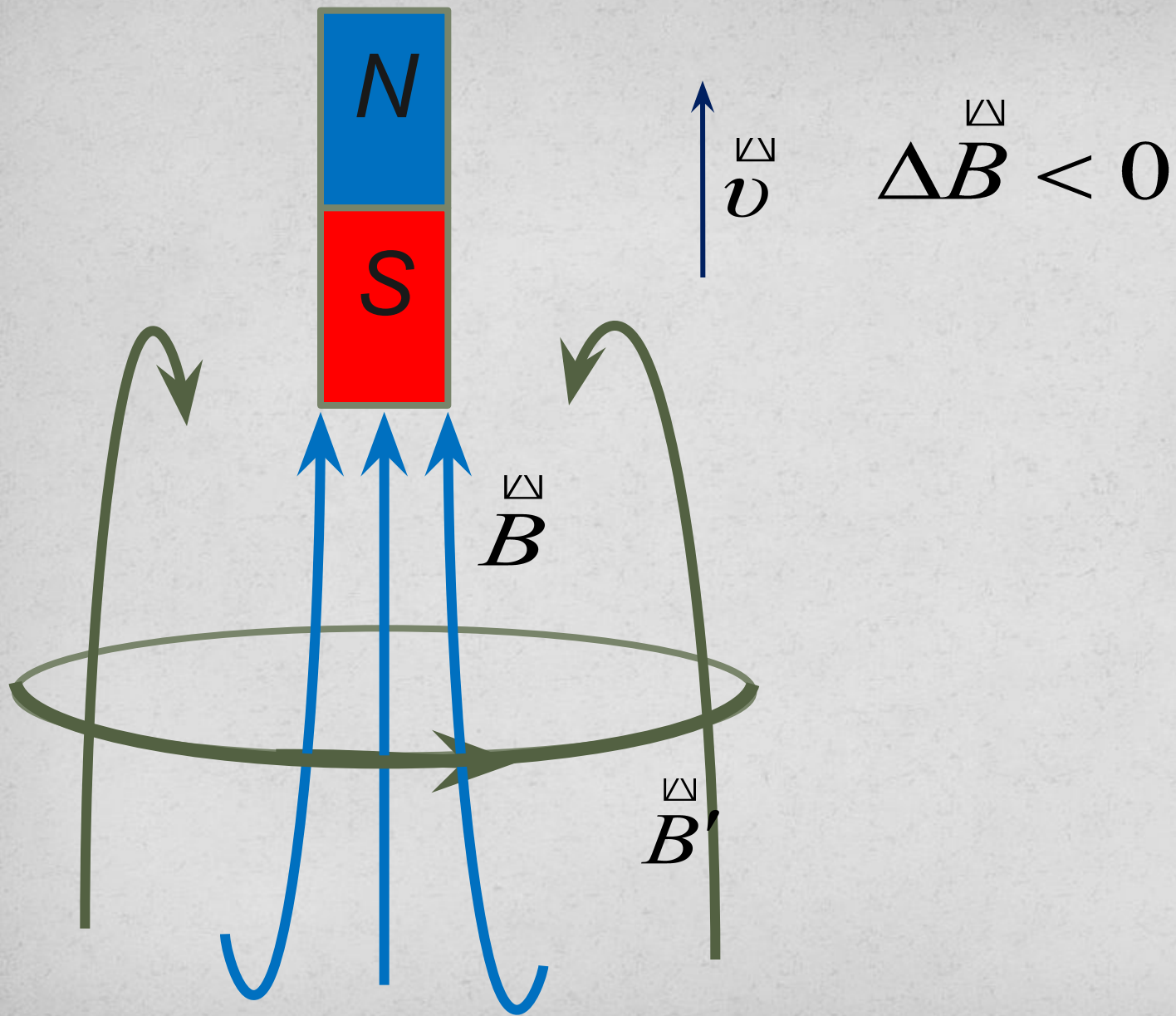


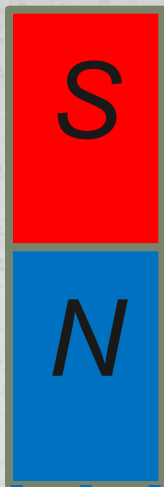
A blue arrow pointing downwards is positioned to the left of the equation $\vec{v} \Delta \vec{B} > 0$.





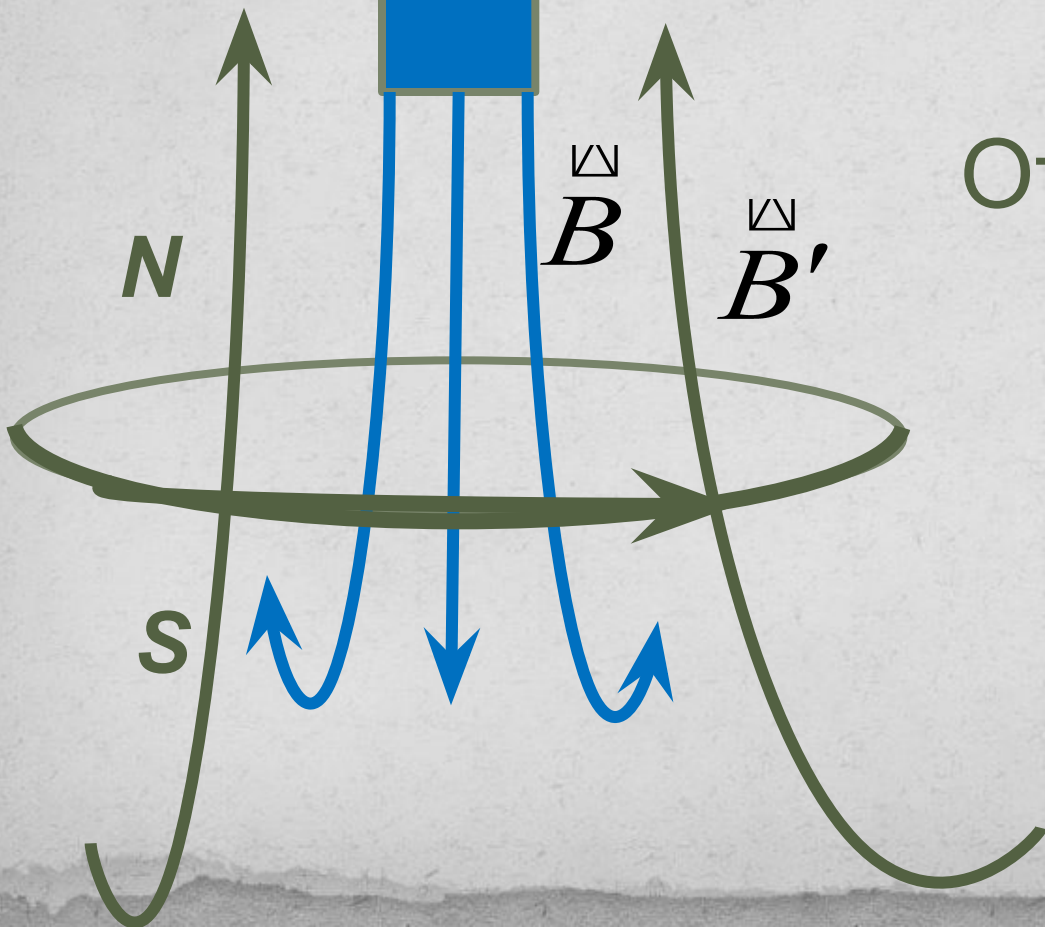


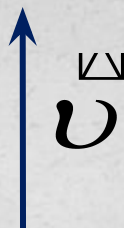
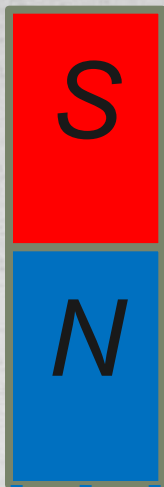




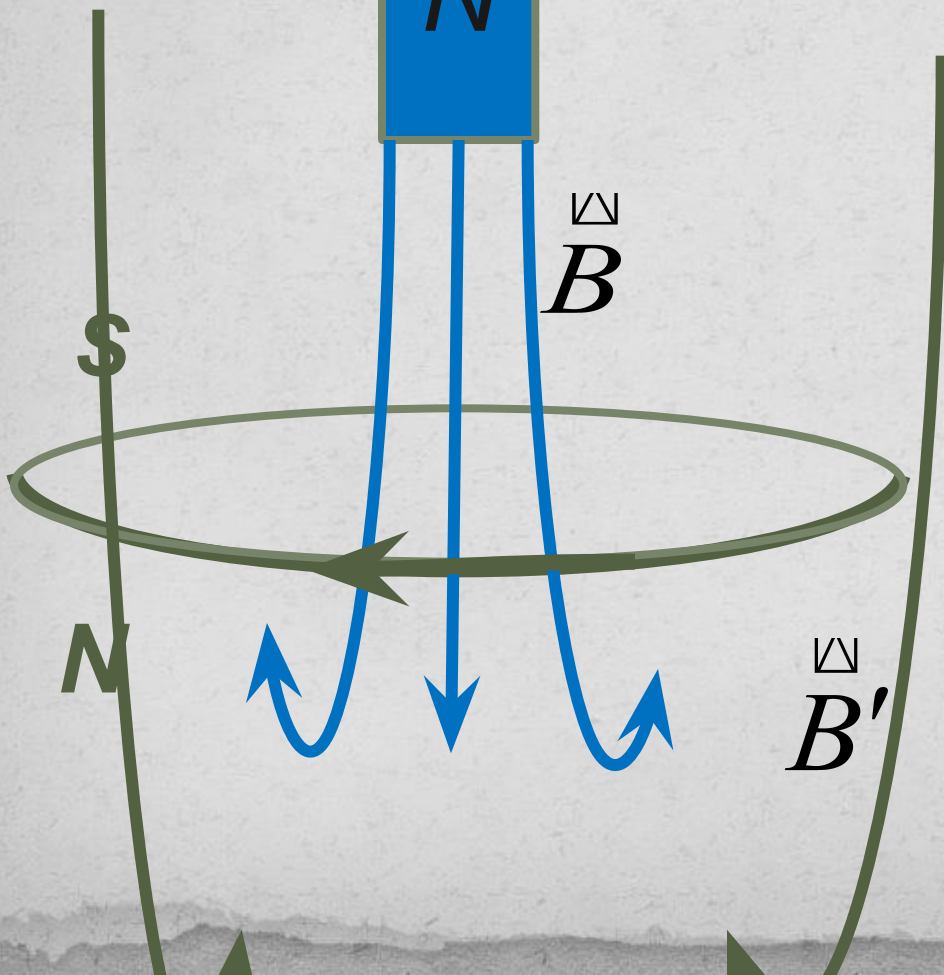
$$\vec{v} \Delta \vec{B} > 0$$

Отталкиваются

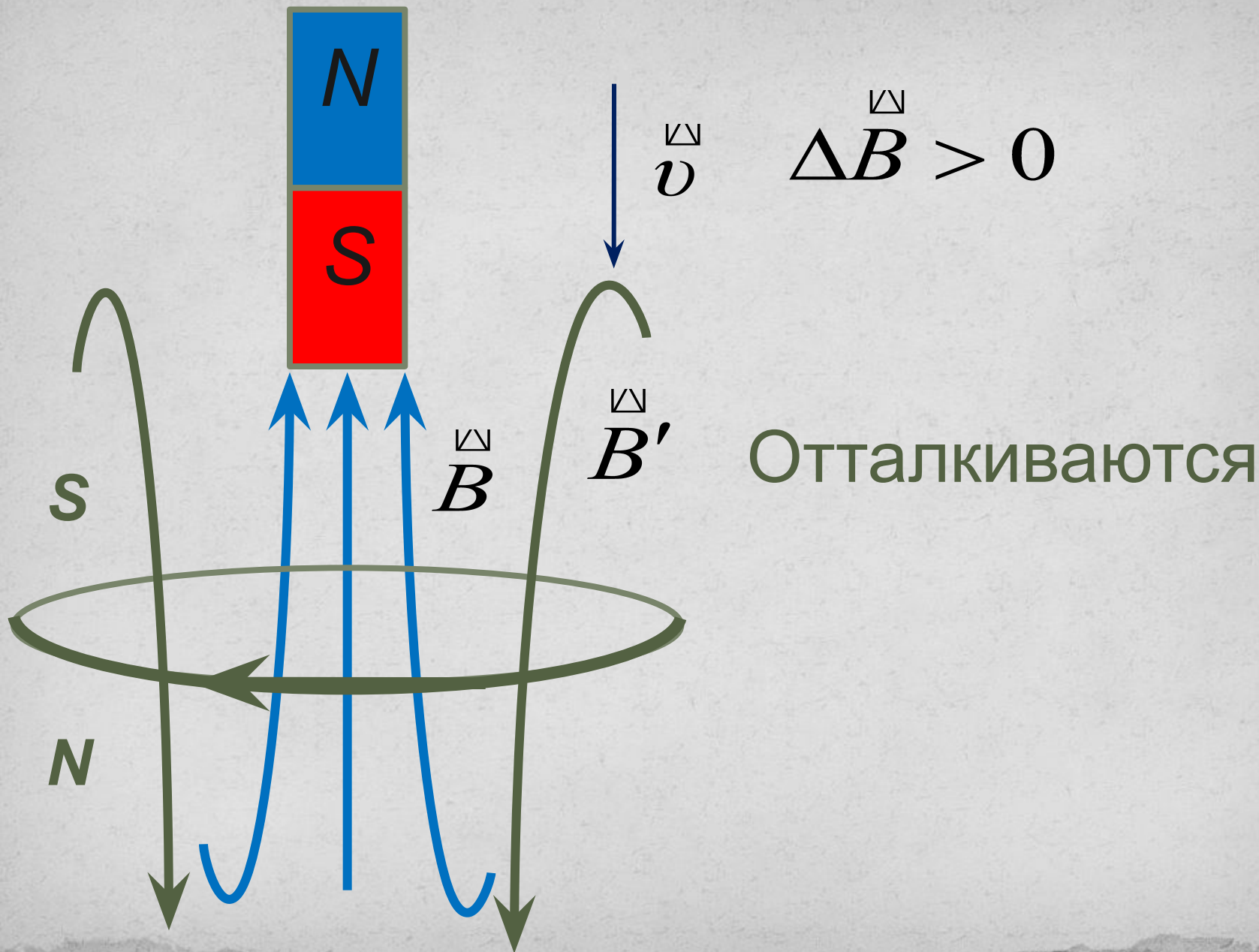


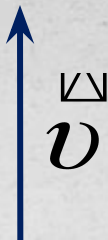
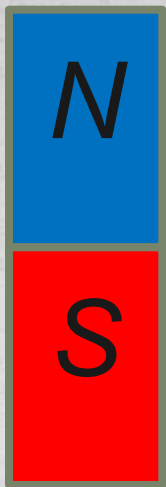


$$\Delta \vec{B} < 0$$

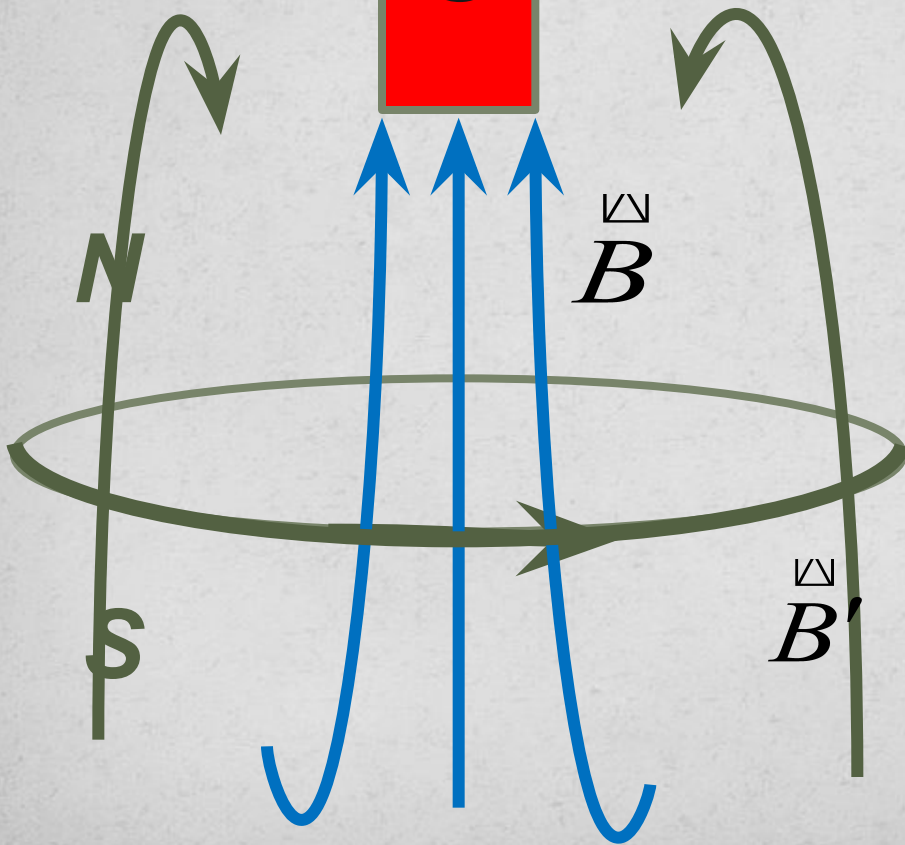


Притягиваются





$$\Delta \vec{B} < 0$$



Притягиваются

Учет правила Ленца в формуле закона электромагнитной индукции

Ток в контуре имеет отрицательное направление ($\mathcal{E}_i < 0$), если $\vec{B} \downarrow \uparrow \vec{B}'$, (т.е. $\Delta\Phi > 0$).

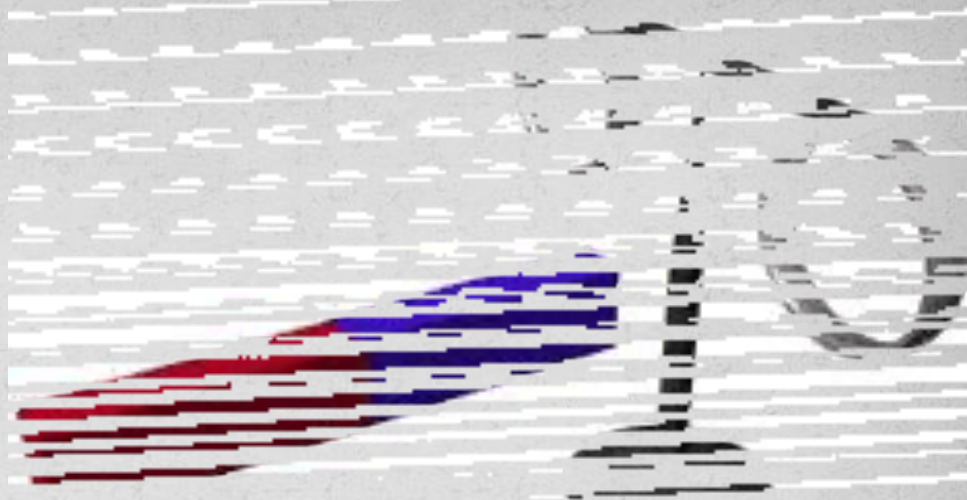
Ток в контуре имеет положительное направление ($\mathcal{E}_i > 0$), если $\vec{B} \uparrow \uparrow \vec{B}'$, (т.е. $\Delta\Phi < 0$).

С учетом правила Ленца (знака) выражение для закона электромагнитной индукции записывается:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Закон ЭМИ

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



ЭДС индукции равна взятой с обратным знаком скорости изменения магнитного потока

В такой записи справедлив для случая линейного (равномерного) изменения магнитного потока

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !
