

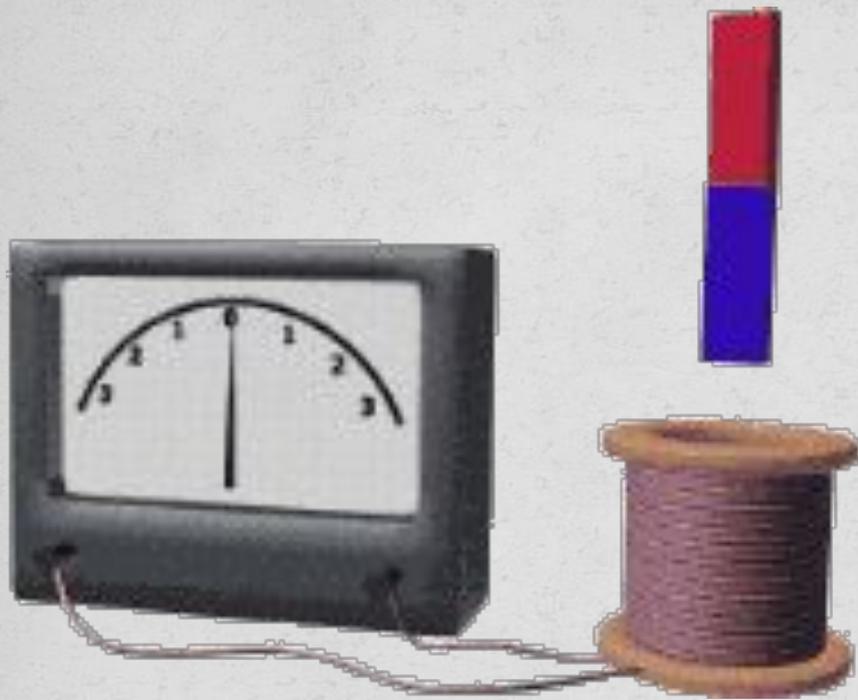
Электромагнитная ИНДУКЦИЯ

Презентация выполнена учителем физики
ГОУ СОШ №332 Невского района
города С-Петербурга
Татьяной Викторовной Романовой

Содержание

- Открытие явления (2, 3)
- Природа явления (4 – 10)
- Характеристика вихревого электрического поля (11, 12)
- Таблица сопоставления полей (13,40)
- Памятка (14,15)
- Аналитическое объяснение опытных фактов (16)
- Закон электромагнитной индукции (17 – 21)
- Определение явления (22)
- Способы получения индукционного тока (23 – 25)
- Правило Ленца (26– 28)
- Простейшие ситуации применения правила Ленца (29 – 32)
- Взаимодействие магнита и индукционного тока (33 – 36)
- Учет правила Ленца в формуле закона (37,38)
- Применения явления (39)
- План сообщения об ученом (41), источники (42)

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

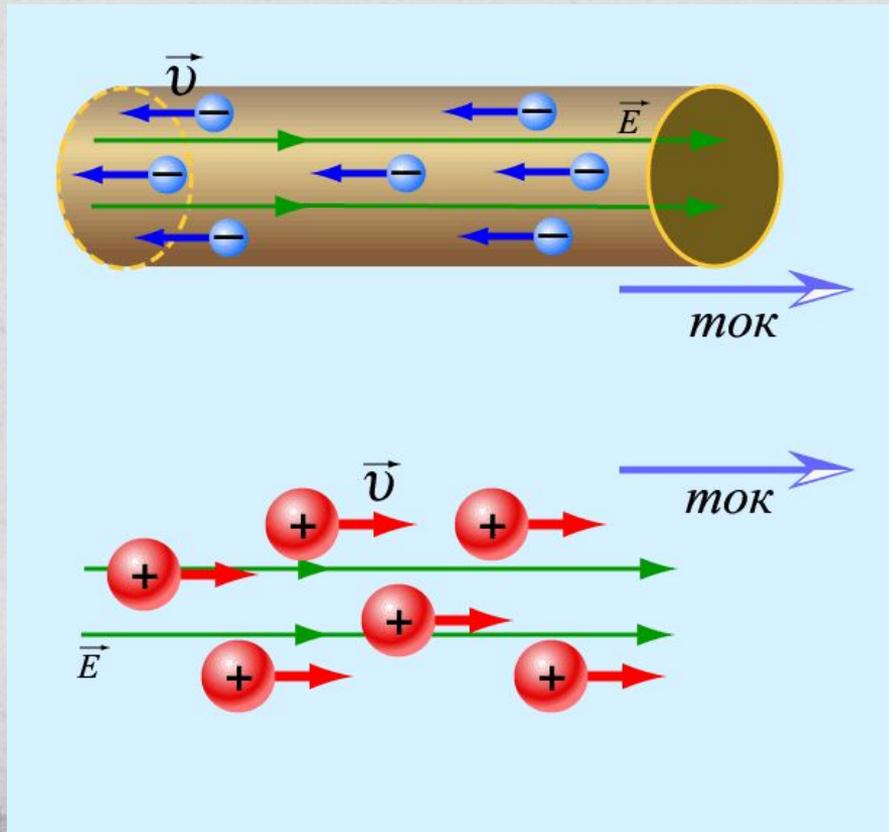
Переменное магнитное поле B, Φ

Порождает в
замкнутом проводящем
контуре

Индукционный ток I_i

Что называют электрическим током?

Ток – это **упорядоченное** движение заряженных частиц



Переменное магнитное поле B, Φ



?

Свободные заряды в контуре q_0, v, N



приходят в движение, создавая

Индукционный ток I_i

Что заставляет заряды двигаться упорядоченно?

Поле

Магнитное ?

Электрическое?

$$\cancel{F}_{\text{Л}} = q_0 \cancel{v} B \sin \alpha$$

$$F_{\text{эл}} = q_0 E \neq 0$$

Может ли электростатическое поле заставить двигаться заряды по замкнутому контуру?

Однородное?

$$\cancel{A}^0 = qE(d_1 \cancel{\neq}^0 d_2)$$

Неоднородное?

$$\cancel{A}^0 = q(\varphi_1 \cancel{\neq}^0 \varphi_2)$$

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

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

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

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

В чем отличие вихревого электрического поля от потенциального?

| Вопросы \ Вид поля | Электростатическое | Магнитное | Вихревое электрическое |
|--|--|--|---|
| Источник поля | Электрические заряды | Движущиеся заряды , ток | Изменяющееся магнитное поле |
| Что служит индикатором | Электрические заряды | Движущиеся заряды , ток | Электрические заряды |
| Потенциальное или вихревое | Потенциальное, работа по замкнутому контуру равна нулю | Вихревое, работа по замкнутому контуру не равна нулю | Вихревое , работа по замкнутому контуру не равна нулю |
| Линии поля (замкнутые или незамкнутые) | Не замкнуты, начинаются и кончаются на зарядах | Замкнутые | Замкнутые |

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

Не путайте! ИНДУКЦИЯ induktio (лат.) - наведение

- ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ (явление)
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ (явление)
- МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ (явление)
- САМОИНДУКЦИЯ (явление)
- ВЗАИМОИНДУКЦИЯ (явление)
- МАГНИТНАЯ (величина, B)
- КОЭФФИЦИЕНТ САМОИНДУКЦИИ
/ИНДУКТИВНОСТЬ/ (величина, L)
- ЭДС ИНДУКЦИИ (величина, \mathcal{E}_i)
- ЭДС САМОИНДУКЦИИ (величина, \mathcal{E}_{is})

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

Величина, стоящая слева от знака «равно» есть **быстрота изменения** той величины, что стоит справа от знака «равно» в числителе перед дельтой.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{x - x_0}{t} = \frac{\Delta x}{t}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{\Delta v}{t}$$

$$N = \frac{A}{t} = \frac{\Delta W}{t}$$

$$F = \frac{\Delta p}{t}$$

$$I = \frac{\Delta q}{t}$$

Сравните

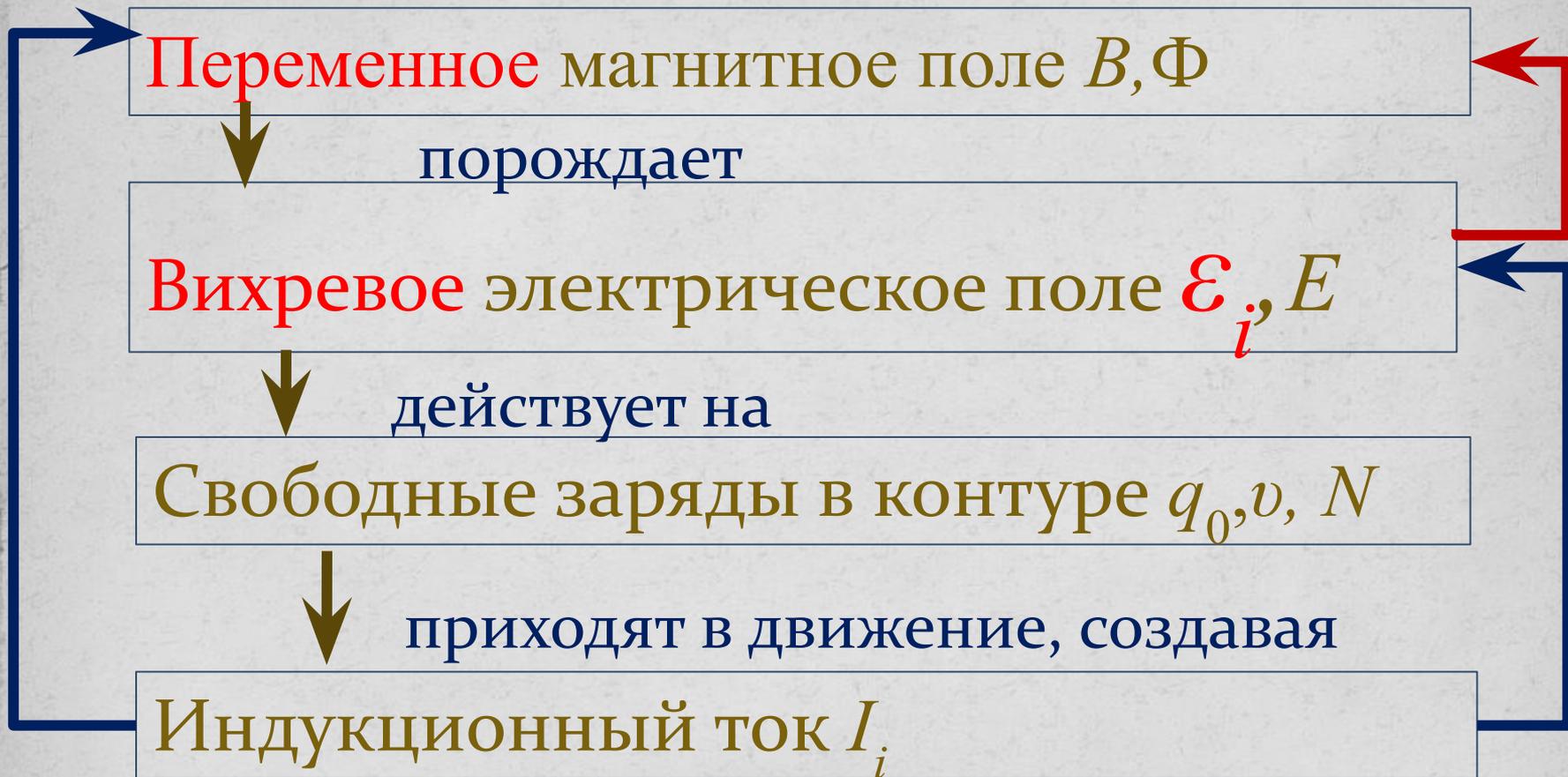
Закон Ома

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

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

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

Индукционный ток зависит от быстроты изменения магнитного потока



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

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

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

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

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

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

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

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

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.**

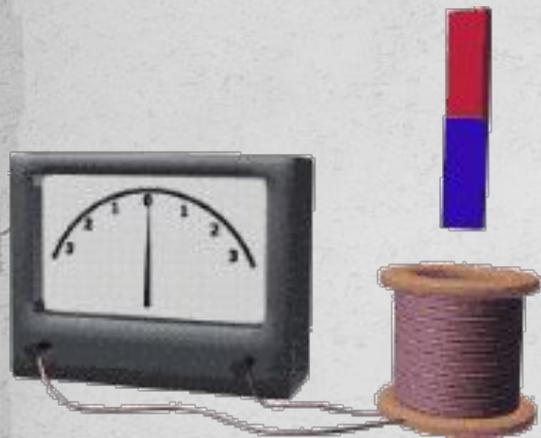
$$\Phi = BS\cos\alpha \quad \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$$

$$\begin{aligned}\Delta\Phi &= B_2S\cos\alpha - B_1S\cos\alpha = \\ &= (B_2 - B_1)S\cos\alpha = \Delta BS\cos\alpha\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\Phi &= BS_2\cos\alpha - BS_1\cos\alpha = \\ &= B(S_2 - S_1)\cos\alpha = B\Delta S\cos\alpha\end{aligned}$$

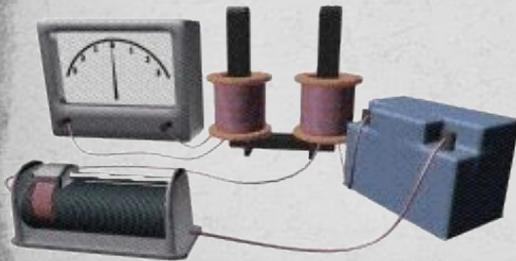
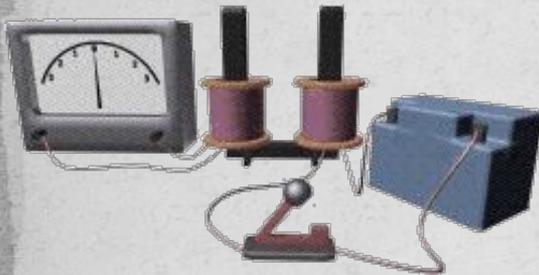
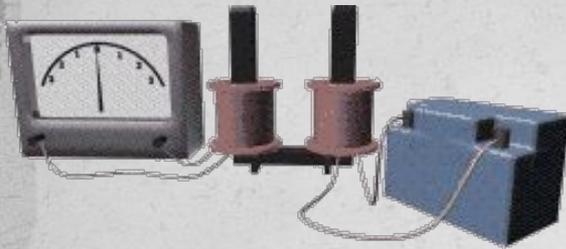
$$\begin{aligned}\Delta\Phi &= BS\cos\alpha_2 - BS\cos\alpha_1 = \\ &= BS(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1) = BS\Delta(\cos\alpha)\end{aligned}$$

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)



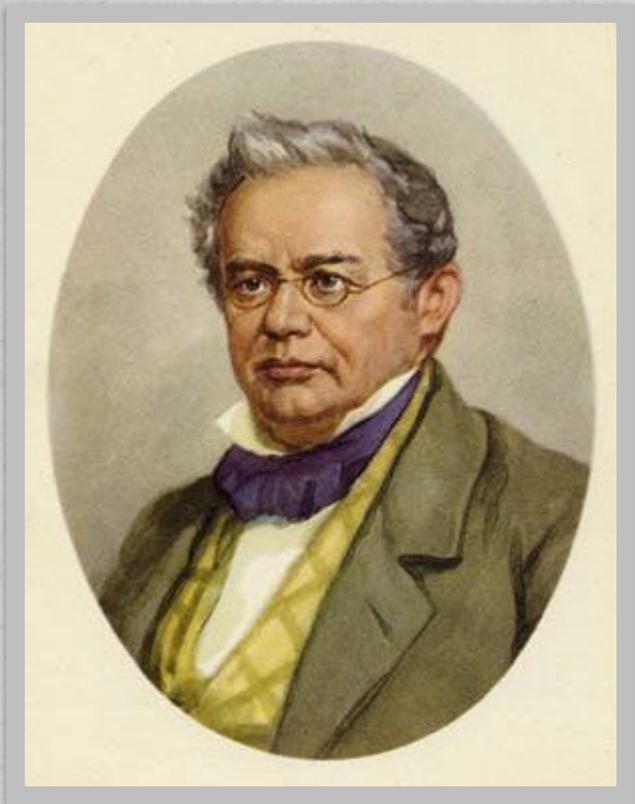
| $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ | | Способ |
|--|---|--|
| | | |
| $\Delta\Phi = \Delta BS\cos\alpha$ | | Перемещать катушку относительно контура (и наоборот) |
| $\Delta\Phi = L\Delta I$ | | Включать (выключать) ток в катушке |
| | | Менять силу тока в катушке |
| $\Delta\Phi = \Delta LI$ $L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}$ | $\Delta L = \frac{\Delta\mu\mu_0 N^2 S}{l}$ | 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

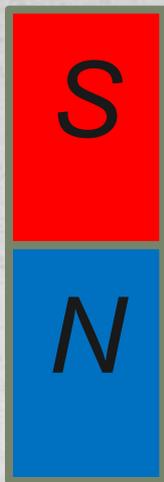
Индукционный ток I_i



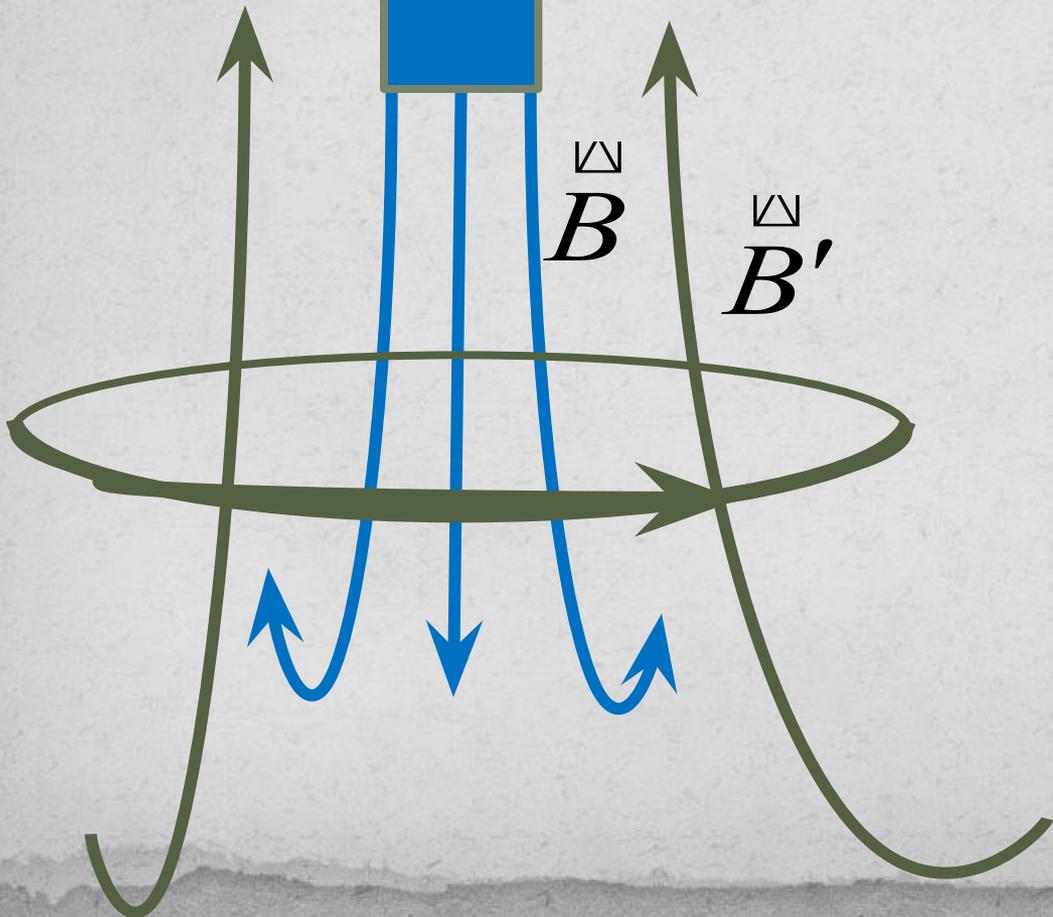
создает

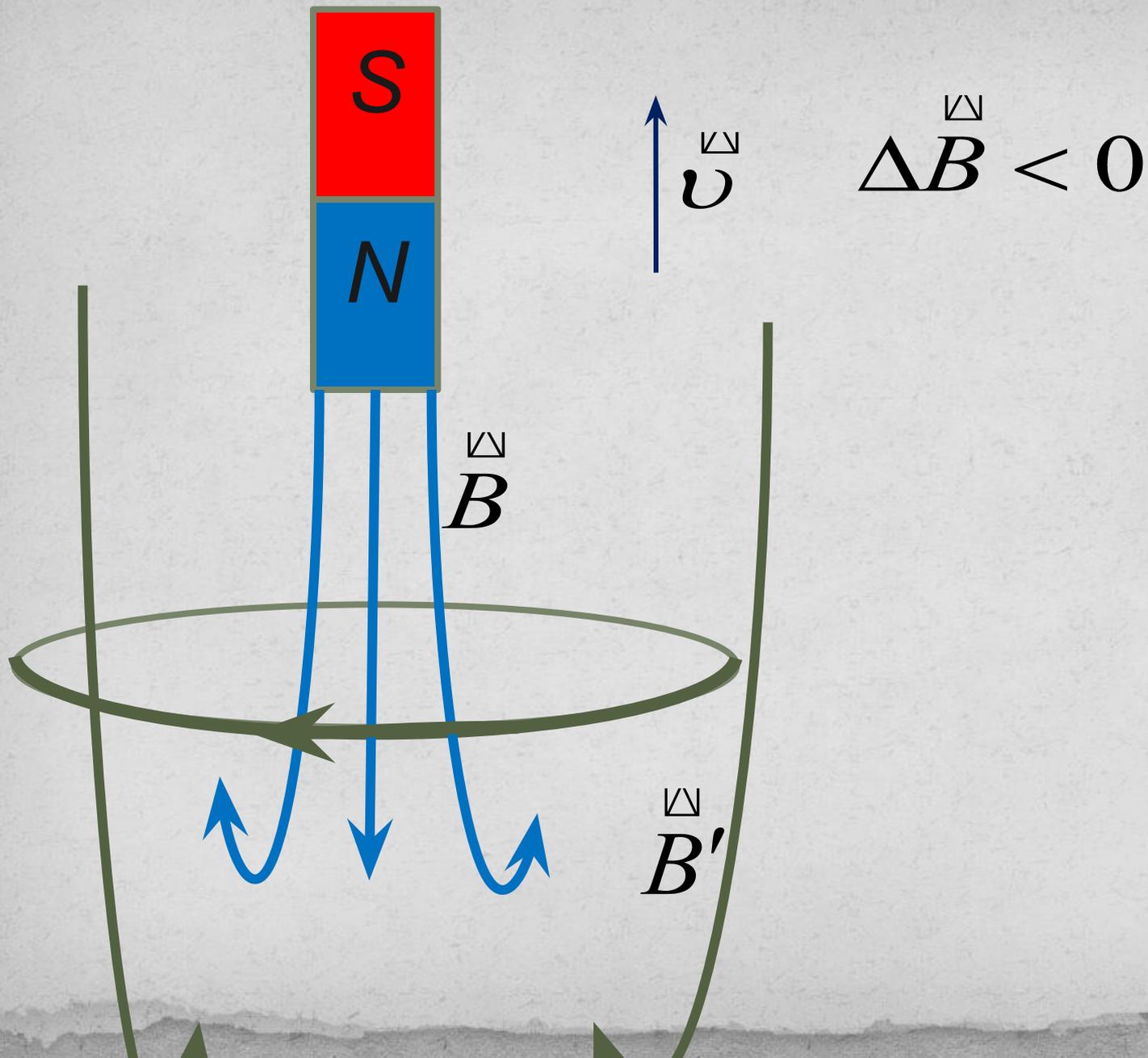
Свое магнитное поле B_i

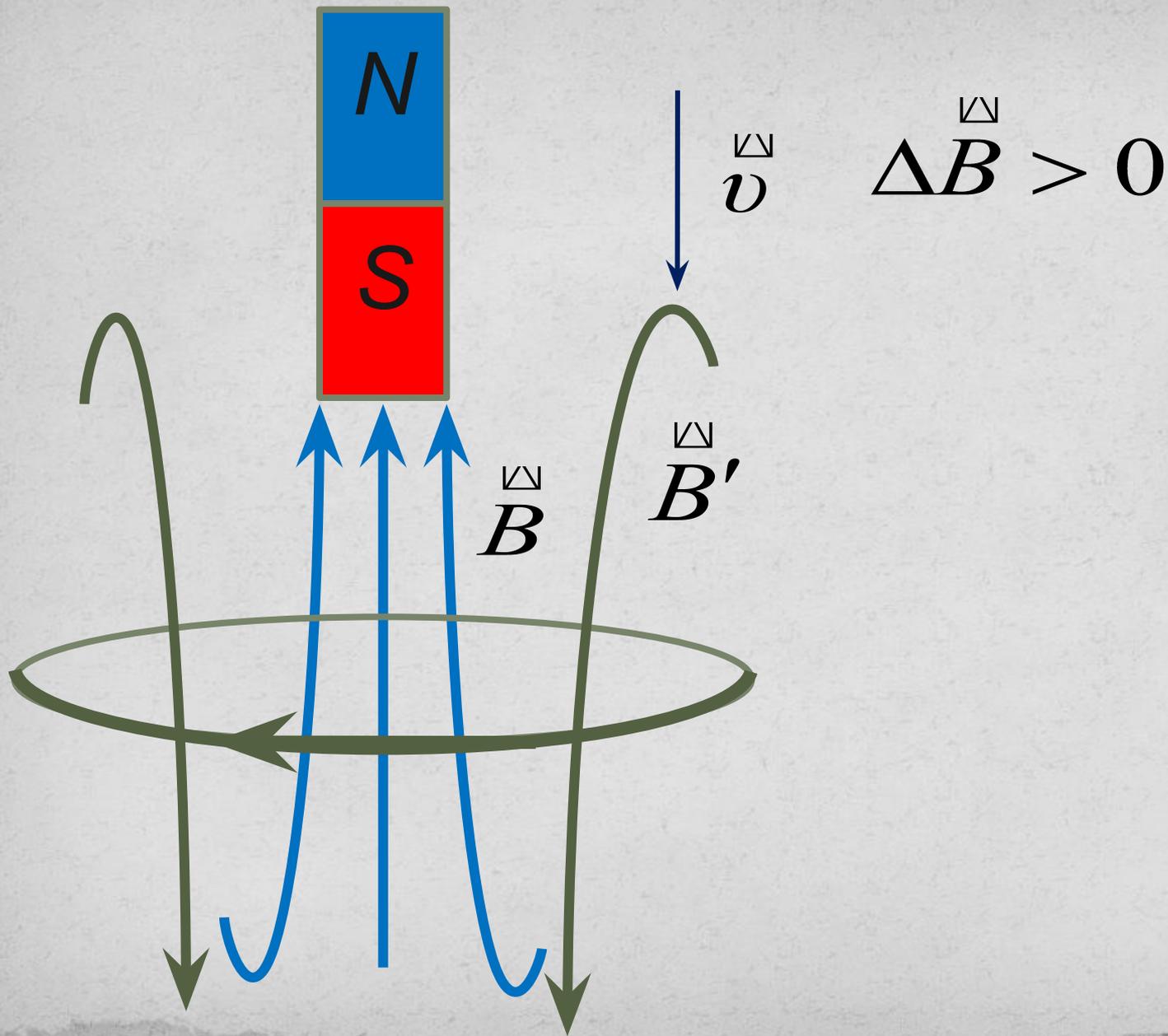
Мешает изменению

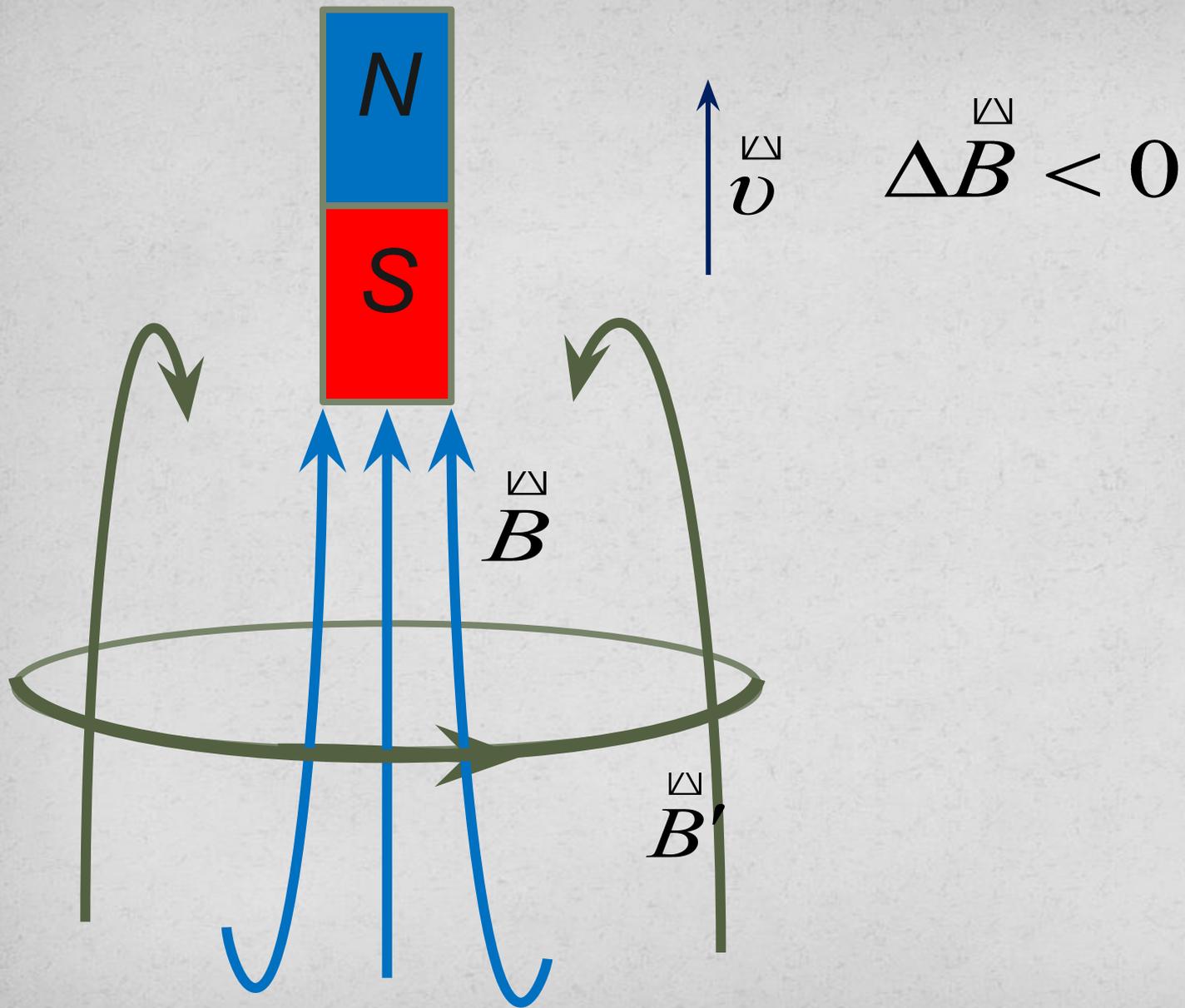


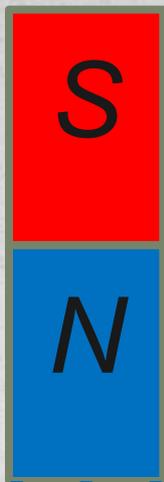
$\vec{v} \Delta \vec{B} > 0$





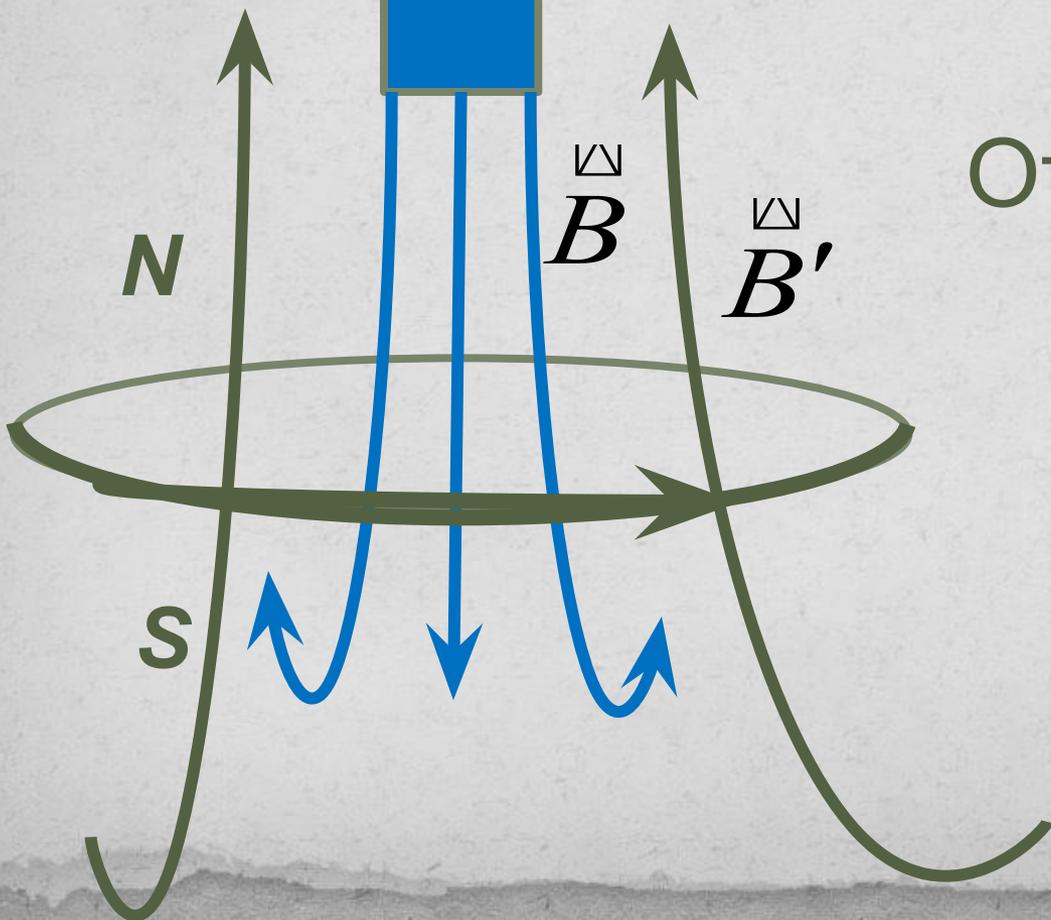


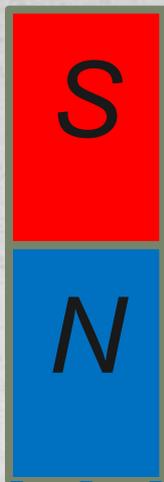




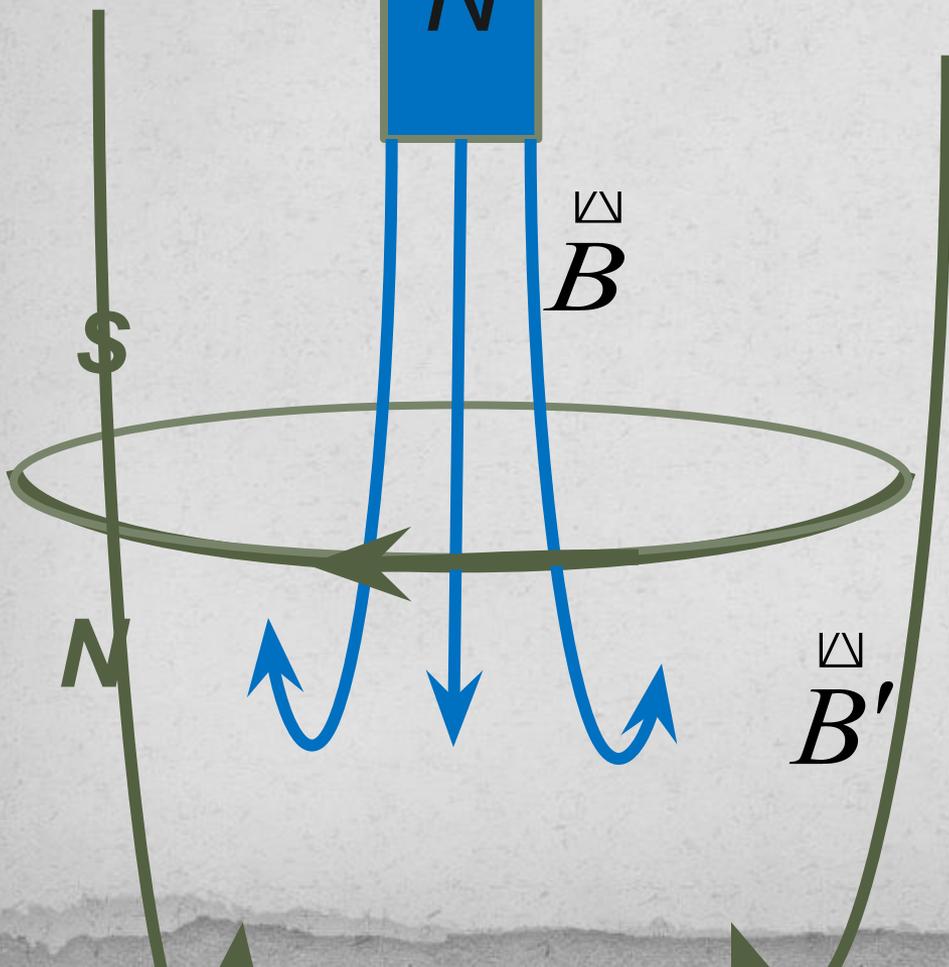
$\vec{v} \Delta \vec{B} > 0$

Отталкиваются

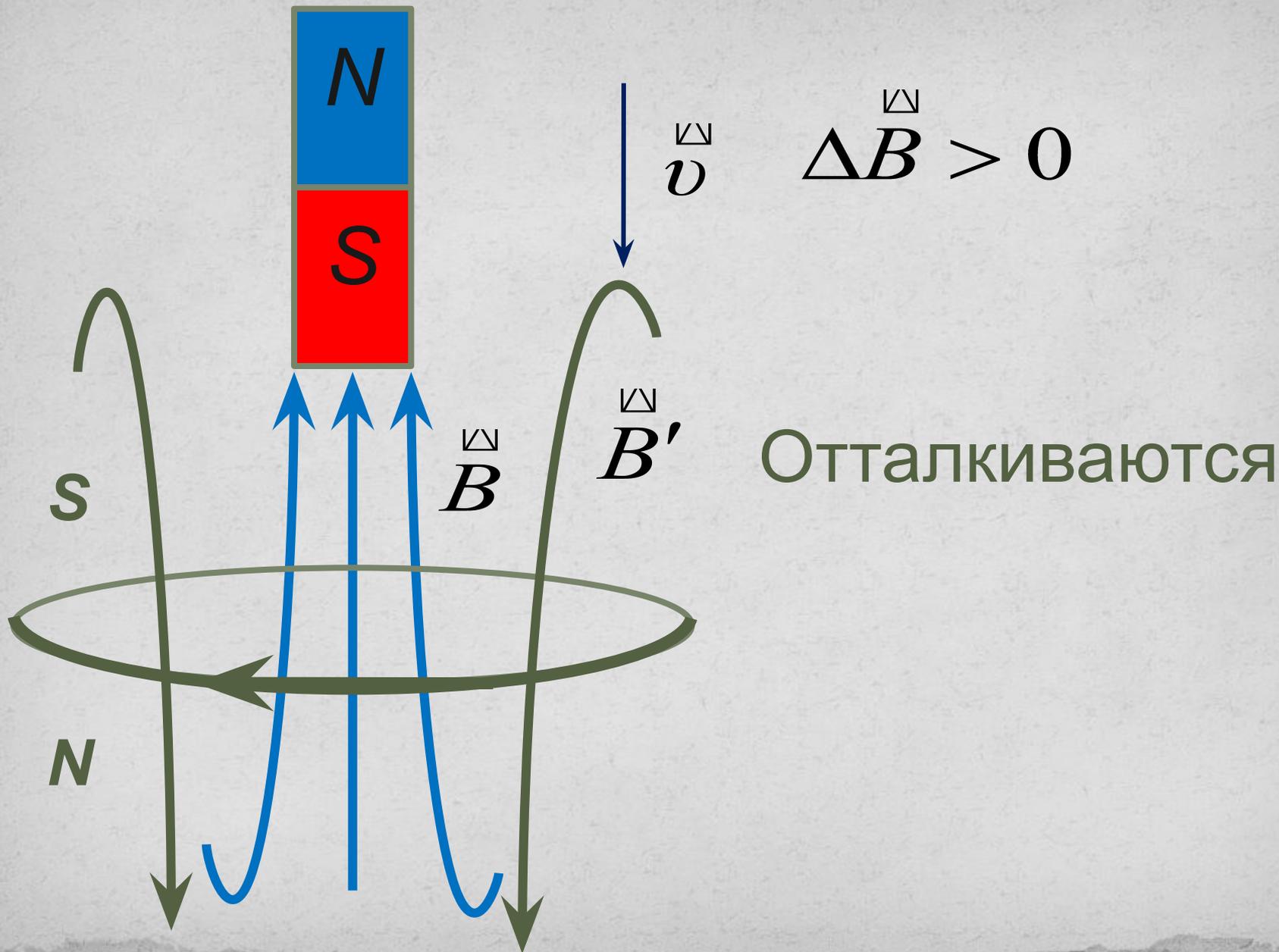


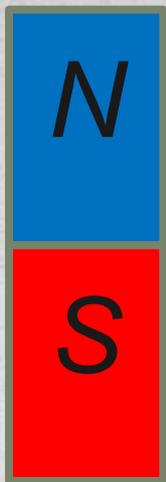


$$\Delta \vec{B} < 0$$



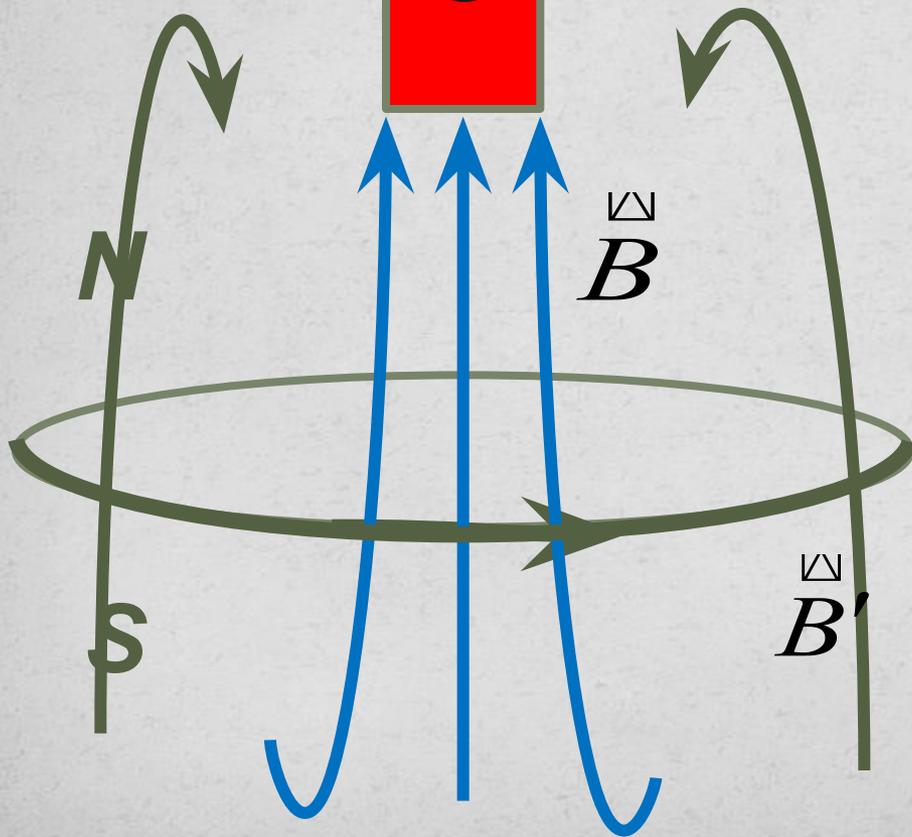
Притягиваются





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

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. $\Delta\Phi > 0$).

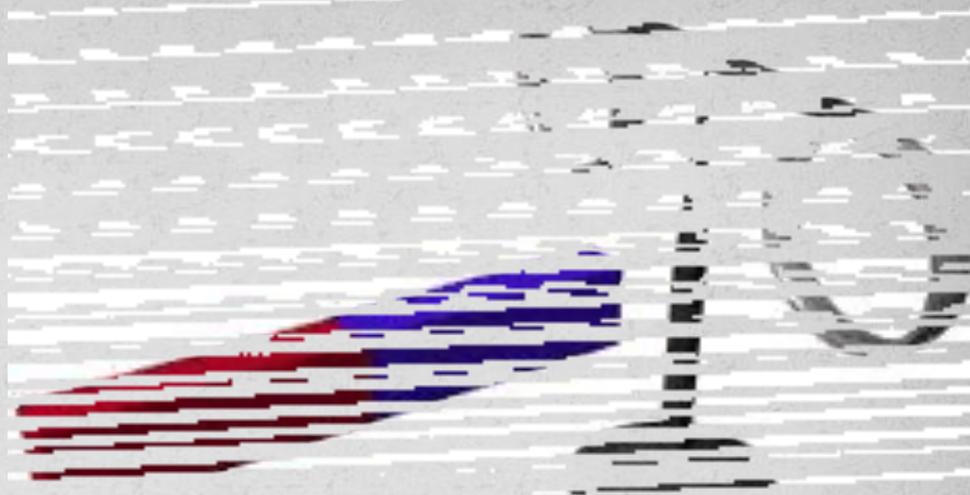
Ток в контуре имеет положительное направление ($\mathcal{E}_i > 0$), если $\vec{B} \uparrow \uparrow \vec{B}'$, (т.е. $\Delta\Phi < 0$).

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

Некоторые применения явления электромагнитной индукции

- Индукционный генератор
- Индукционная плавильная печь
- Трансформатор
- Индукционная варочная панель
- Индукционный нагреватель
- Индукционный насос
- Индукционный датчик перемещений
- Индукционный дефектоскоп
- Счетчик электроэнергии
- Электродинамический микрофон
- Спидометр
- Демпфер

В чем отличие вихревого электрического поля от потенциального?

| Вид поля | Электростатическое | Магнитное | Вихревое электрическое |
|--|--|-------------------------|-----------------------------|
| Вопросы | | | |
| Источник поля | Электрические заряды | Движущиеся заряды , ток | Изменяющееся магнитное поле |
| Индикатор поля | Электрические заряды | Движущиеся заряды ,ток | Электрические заряды |
| Потенциальное или вихревое | Потенциальное | Вихревое | Вихревое |
| Работа поля по замкнутому контуру | Равна нулю | Не равна нулю | Не равна нулю |
| Линии поля (замкнутые или незамкнутые) | Не замкнуты, начинаются и кончаются на зарядах | Замкнутые | Замкнутые |

| Фамилия, имя, годы жизни | Портрет | Страны, в которых работал | Основной вклад в развитие физики | Символ открытия или рисунок установки, на которой работал учёный |
|---|----------------|--|---|---|
| | | | | |

Вклад в другие науки

Что более всего поразило в биографии

Источники:

1. Г.Н.Степанова Физика, 9 класс – СПб.: ООО «СТП Школа», 2003
2. <http://tek.mhost.ru/opengrom.html>
3. <http://www.edu.delfa.net/CONSP/mag2.html>
4. <http://phizmatcolledge.ru/stati/eksperiment.html>
5. <http://fizika-solodova-em.narod.ru/uroke.html>
6. Анимированные рисунки предоставлены учителями физики 569 школы Невского района г. С-Петербурга

Адрес автора презентации:
r1t1v@yandex.ru