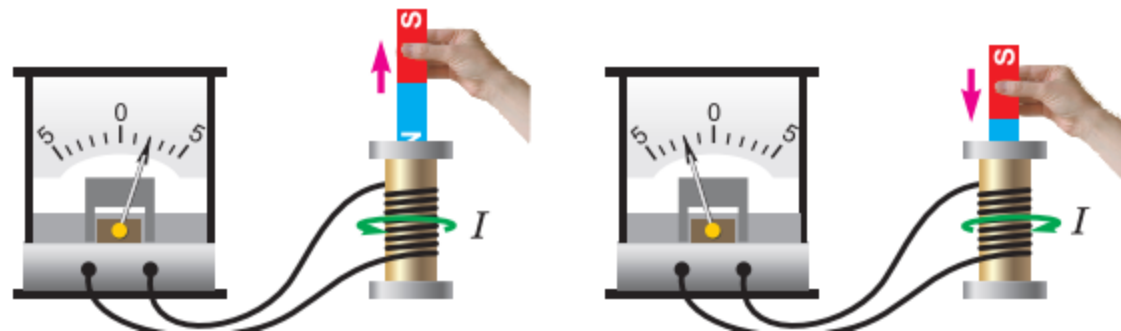


**«Закон электромагнитной
индукции» 11 класс
УМК по физике издательства
«БИНОМ.
Лаборатория знаний»**



Закон электромагнитной индукции

Актуализация знаний

- ✓ Сила Лоренца (определение направления, формула).
- ✓ Определение направление индукционного тока (правило Ленца).
- ✓ Условия существования тока.
- ✓ Понятие ЭДС.
- ✓ Закон Ома для полной цепи.

Закон электромагнитной индукции

Целеполагание

Источника тока
нет!



Почему
возникает
ИНДУКЦИОННЫЙ
ТОК?

Закон электромагнитной индукции

Целеполагание

Источника тока
нет!



Почему
возникает
ИНДУКЦИОННЫЙ
ТОК?

В источнике тока действуют сторонние силы, имеющие неэлектростатическую природу и характеризующиеся электродвижущей силой (ЭДС).

✓ Постановка цели урока на основе проблемного вопроса

Целеполагание

Источника тока
нет!



Почему
возникает
индукционный
ток?

Постановка цели и задач урока

Цель: исследовать явление ЭМИ.

Задачи:

- ✓ **Установить причины возникновения индукционного тока;**
- ✓ **Определить закон по которому можно определять силу индукционного тока (закон ЭМИ).**

Причины возникновения индукционного тока (разыскиваем сторонние силы!)

1. Проводник движется

ЭДС индукции в движущемся проводнике

- ° 1. Металлический стержень перемещают в магнитном поле по П-образным металлическим направляющим (рис. 6.1).

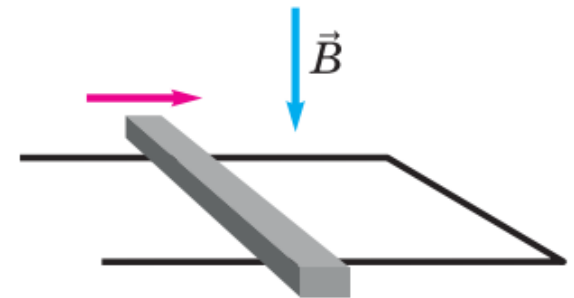


Рис. 6.1

Причины возникновения индукционного тока

1. Проводник движется



ЭДС индукции в движущемся проводнике

- ° 1. Металлический стержень перемещают в магнитном поле по П-образным металлическим направляющим (рис. 6.1).
 - а) Как направлена сила Лоренца, действующая на свободные электроны в стержне?

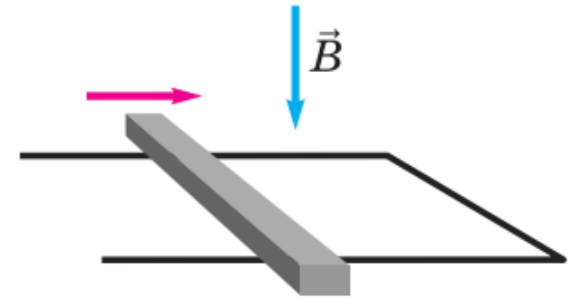


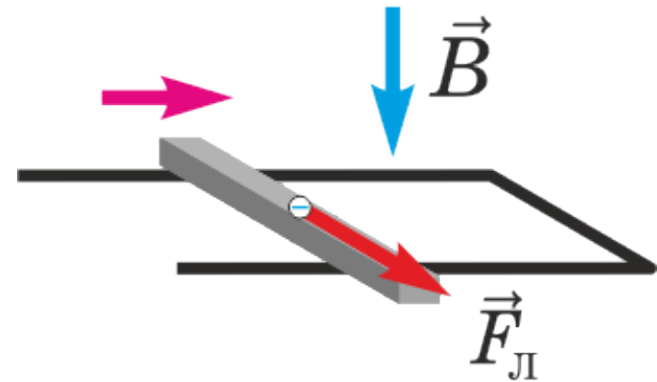
Рис. 6.1

Причины возникновения индукционного тока

1. Проводник движется

ЭДС индукции в движущемся проводнике

- ° 1. Металлический стержень перемещают в магнитном поле по П-образным металлическим направляющим (рис. 6.1).
а) Как направлена сила Лоренца, действующая на свободные электроны в стержне?



Совет: Воспользуйтесь правилом левой руки и учтите, что свободные электроны движутся вместе со стержнем и имеют отрицательный заряд.

Причины возникновения индукционного тока

1. Проводник движется



ЭДС индукции в движущемся проводнике

- ° 1. Металлический стержень перемещают в магнитном поле по П-образным металлическим направляющим (рис. 6.1).
 - а) Как направлена сила Лоренца, действующая на свободные электроны в стержне?
 - б) Как направлен индукционный ток в стержне? Согласуется ли ваш ответ на этот вопрос с правилом Ленца?

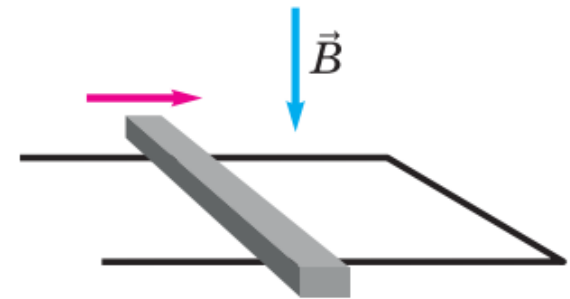


Рис. 6.1

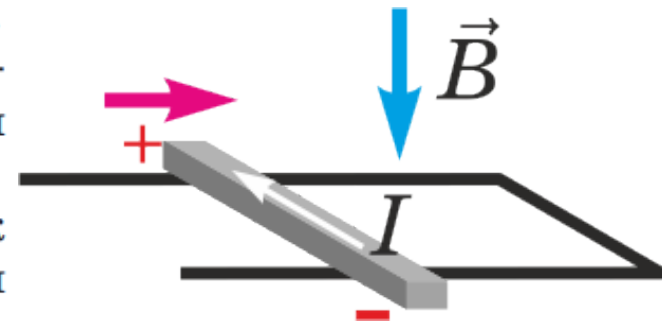
Причины возникновения индукционного тока

1. Проводник движется



ЭДС индукции в движущемся проводнике

- ° 1. Металлический стержень перемещают в магнитном поле по П-образным металлическим направляющим (рис. 6.1).
- а) Как направлена сила Лоренца, действующая на свободные электроны в стержне?
 - б) Как направлен индукционный ток в стержне? Согласуется ли ваш ответ на этот вопрос с правилом Ленца?



Совет: учтите, что за направление тока выбрано направление движения *положительно* заряженных частиц

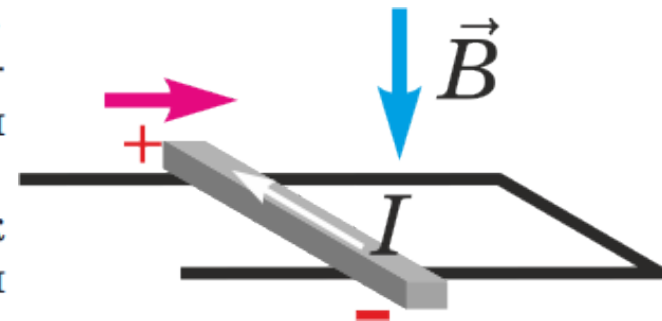
Причины возникновения индукционного тока

1. Проводник движется



ЭДС индукции в движущемся проводнике

- ° 1. Металлический стержень перемещают в магнитном поле по П-образным металлическим направляющим (рис. 6.1).
- а) Как направлена сила Лоренца, действующая на свободные электроны в стержне?
- б) Как направлен индукционный ток в стержне? Согласуется ли ваш ответ на этот вопрос с правилом Ленца?



Если индукционный ток обусловлен *движением проводника* в магнитном поле, то **причиной возникновения ЭДС индукции являются силы Лоренца,** действующие на свободные заряды в проводнике.

Причины возникновения индукционного тока

2. Проводник неподвижен



ЭДС индукции в покоемся проводнике, находящемся в переменном магнитном поле

° 2. К замкнутому закреплённому металлическому кольцу приближают полосовой магнит (рис. 6.2).

а) Возникает ли в кольце индукционный ток? Обоснуйте свой ответ.

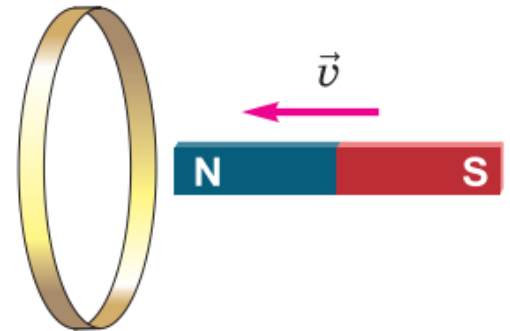


Рис. 6.2

Причины возникновения индукционного тока

2. Проводник неподвижен



ЭДС индукции в покоем проводнике, находящемся в переменном магнитном поле

° 2. К замкнутому закреплённому металлическому кольцу приближают полосовой магнит (рис. 6.2).

- Возникает ли в кольце индукционный ток? Обоснуйте свой ответ.
- Может ли причиной возникновения индукционного тока быть сила Лоренца, действующая на свободные заряды в кольце? Обоснуйте свой ответ.

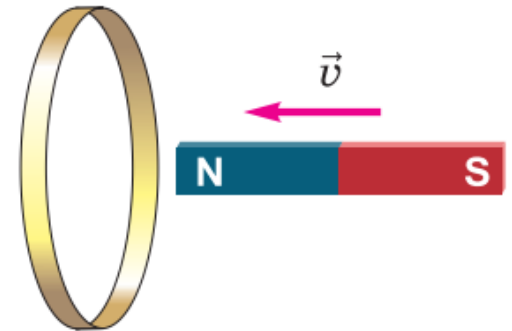


Рис. 6.2

Причины возникновения индукционного тока

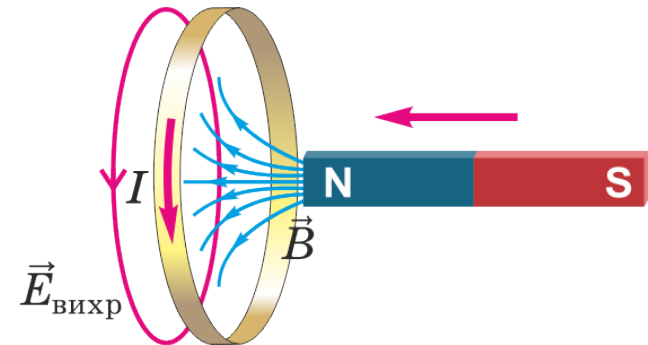
2. Проводник неподвижен



ЭДС индукции в покоем проводнике, находящемся в переменном магнитном поле

° 2. К замкнутому закреплённому металлическому кольцу приближают полосовой магнит (рис. 6.2).

- Возникает ли в кольце индукционный ток? Обоснуйте свой ответ.
- Может ли причиной возникновения индукционного тока быть сила Лоренца, действующая на свободные заряды в кольце? Обоснуйте свой ответ.



Дж. Максвелл предположил, что *переменное во времени магнитное поле порождает*
вихревое электрическое поле.

Существует ЭДС индукции!



От чего она зависит?



Закон электромагнитной индукции

Качественное описание явления



Внося постоянный магнит в катушку и вынимая его, определите:

- ✓ когда возникает индукционный ток в катушке;
- ✓ как зависит сила индукционного тока и ЭДС индукции от скорости магнита;
- ✓ Запишите выводы.

- ✓ При любом изменении магнитного поля в замкнутом контуре возникает индукционный ток.
- ✓ ЭДС индукции зависит от: ...

Ф
Р
О
Н
Т
А
Л
Ь
Н
О

Закон электромагнитной индукции

Обобщив все случаи возникновения индукционного тока, Фарадей установил закономерность, которую формулируют как

закон электромагнитной индукции: ЭДС индукции в замкнутом контуре выражается формулой

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

где $\Delta\Phi$ — изменение магнитного потока через контур за промежуток времени Δt .

Закон электромагнитной индукции

Обобщив все случаи возникновения индукционного тока, Фарадей установил закономерность, которую формулируют как

закон электромагнитной индукции: ЭДС индукции в замкнутом контуре выражается формулой

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

где $\Delta\Phi$ — изменение магнитного потока через контур за промежуток времени Δt .

Знак минус в последней формуле обусловлен правилом Ленца. При решении задач удобнее использовать формулу, связывающую *модули* ЭДС индукции и скорости изменения магнитного потока:

$$|\mathcal{E}_i| = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|,$$

а направление индукционного тока находить по правилу Ленца.

14. По графику зависимости от времени магнитного потока через замкнутый контур сопротивлением 2 Ом (рис. 6.9) определите:

- а) в каком промежутке времени модуль ЭДС индукции максимален;
- б) в каком промежутке времени индукционный ток в контуре отсутствует;
- в) чему равен модуль ЭДС индукции при $t = 4$ с;
- г) чему равна сила тока в контуре при $t = 4$ с.

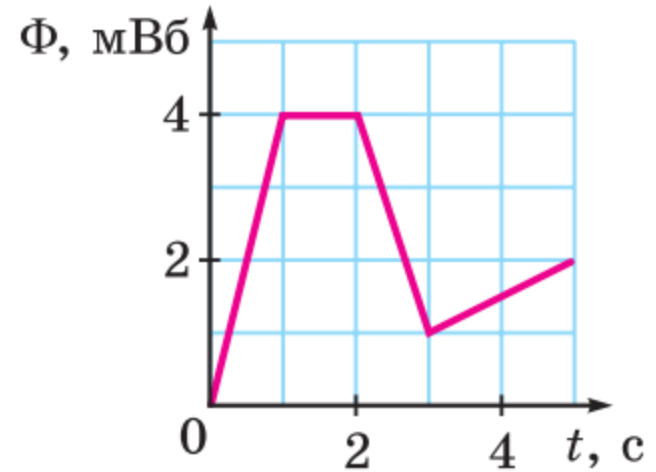


Рис. 6.9

21. На рисунке 6.10, *a* изображён полосовой магнит, который начинает свободно падать из состояния покоя и пролетает сквозь закреплённое замкнутое проволочное кольцо. На рисунке 6.10, *б* приведён график зависимости силы индукционного тока в кольце от времени (силу переменного тока обозначают маленькой буквой i , разным знакам силы тока соответствуют противоположные направления тока). Объясните, почему индукционный ток в кольце изменяет направление.

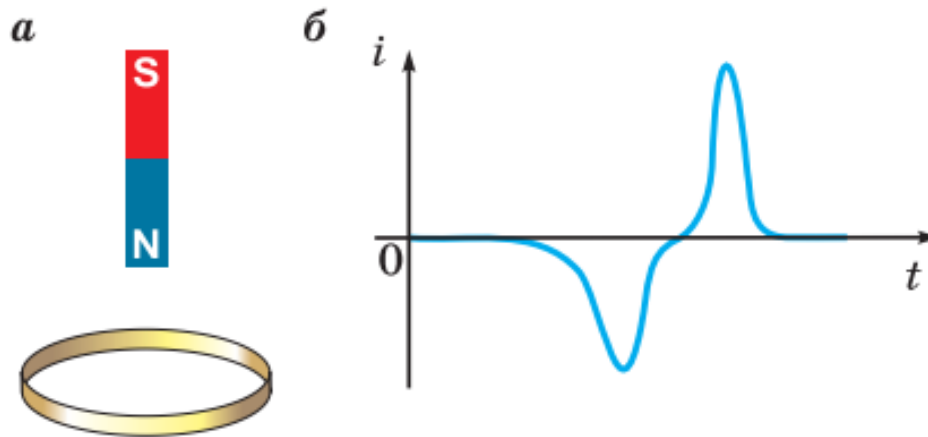
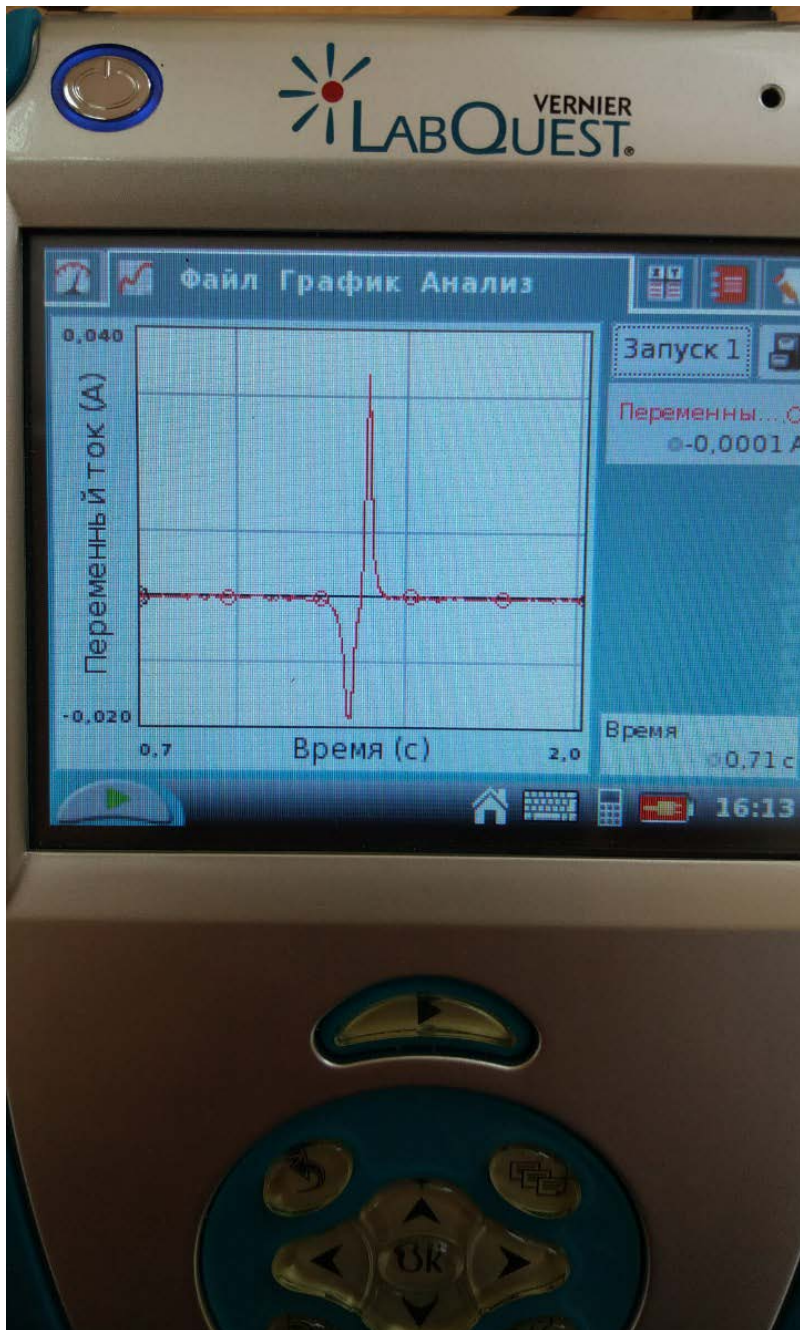
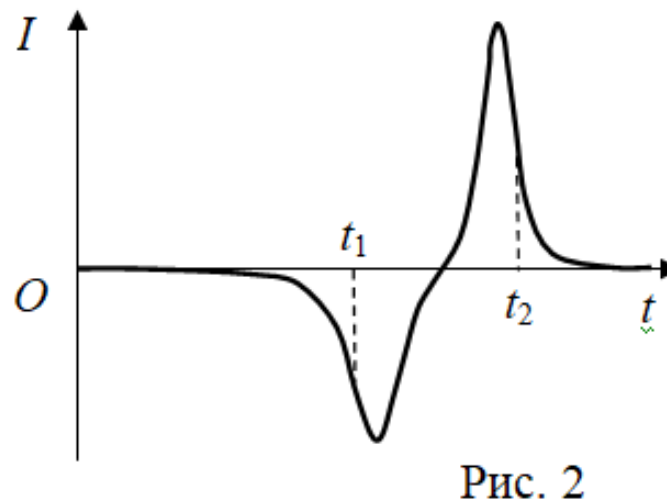
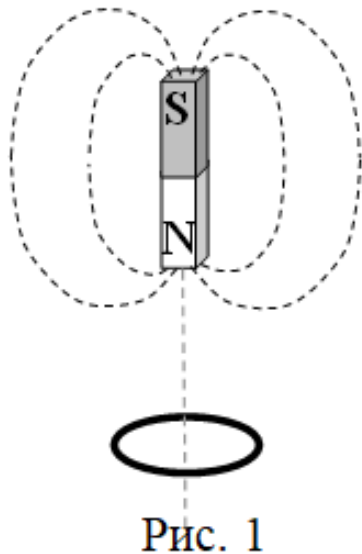


Рис. 6.10





Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рис. 1. Пролетая сквозь закреплённое проволочное кольцо, стержень создаёт в нём электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2.

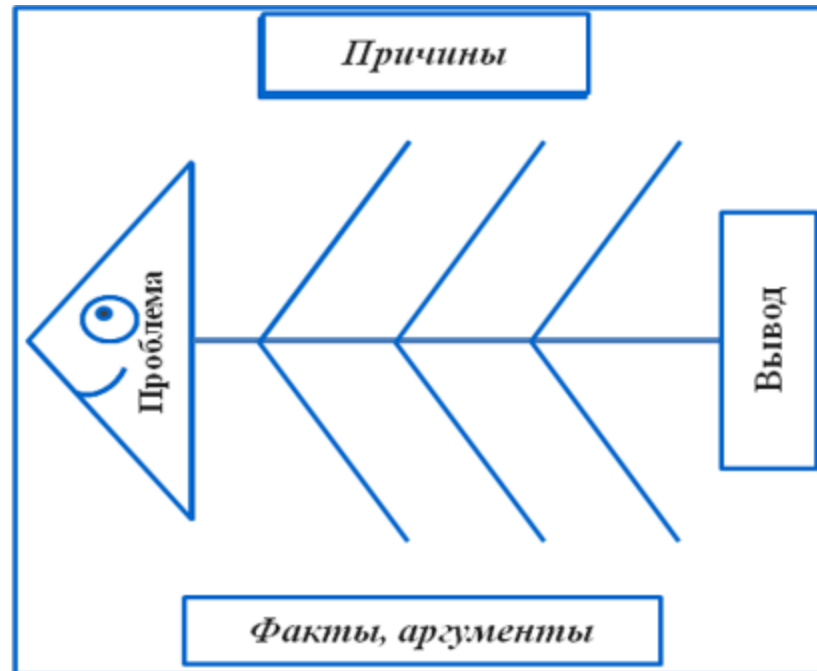


Почему в моменты времени t_1 и t_2 ток в кольце имеет различные направления? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на движение магнита пренебречь.

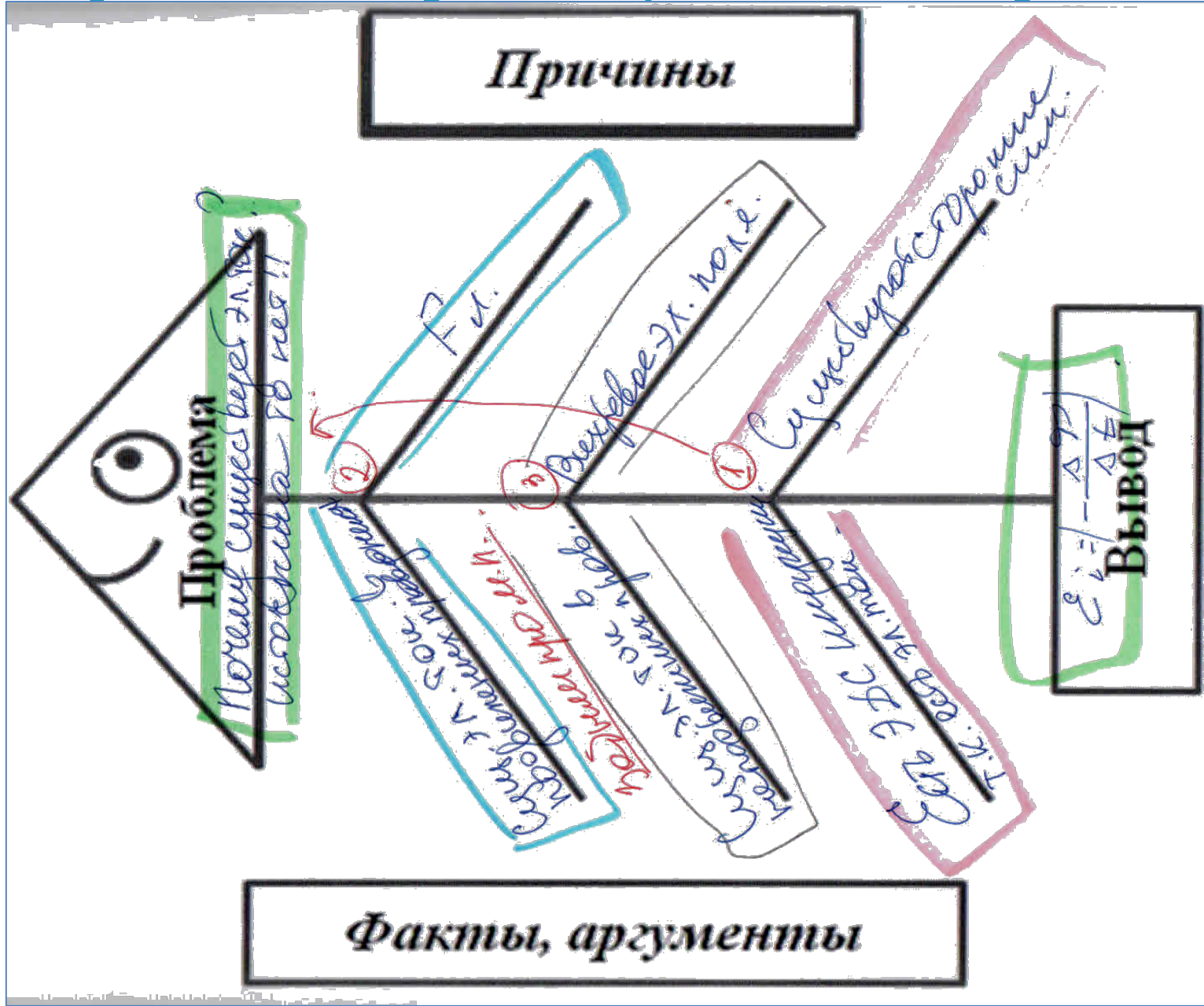
Рефлексия содержания учебного материала

- Фишбоун (рыбный скелет)

Помогает привести все изученные понятия в стройную систему, предусматривающую раскрытие и усвоение связей и отношений между ее элементами

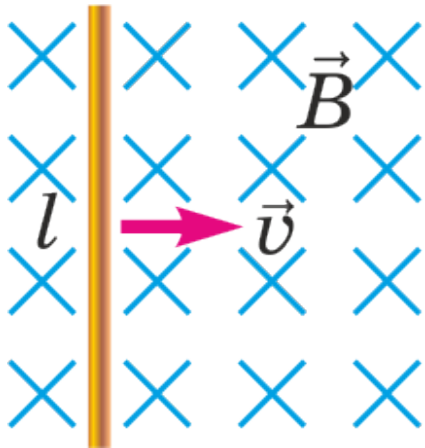


Рефлексия содержания учебного материала



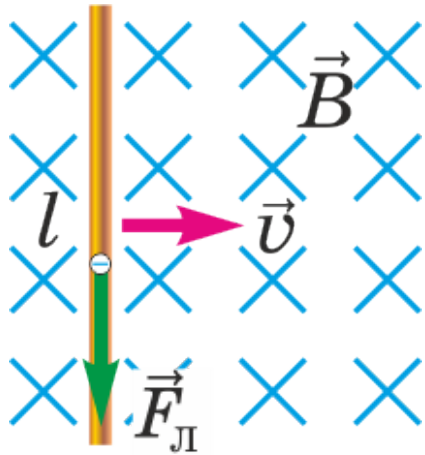
Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»

Напряжение на концах проводника, движущегося в магнитном поле



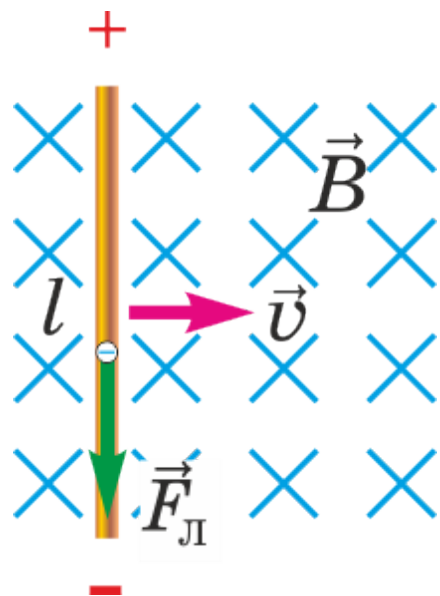
Покажем, что *на концах проводника, движущегося в магнитном поле, возникает разность потенциалов (напряжение).*

Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»



Покажем, что на концах проводника, движущегося в магнитном поле, возникает разность потенциалов (напряжение).

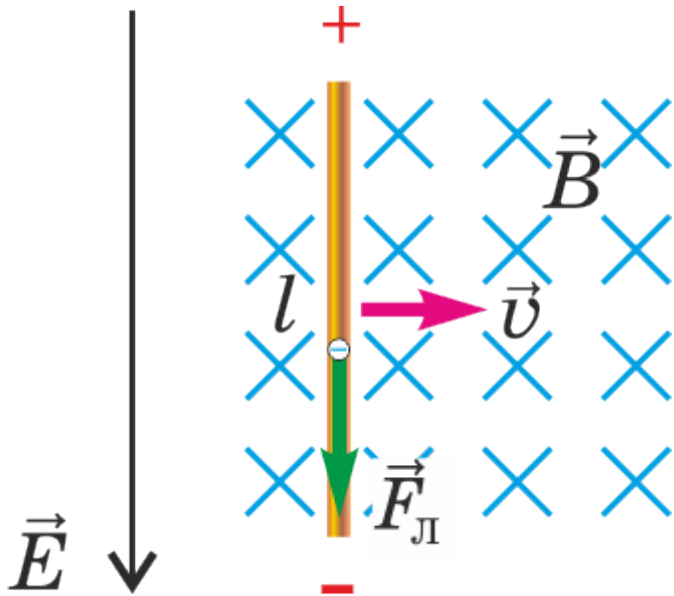
Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»



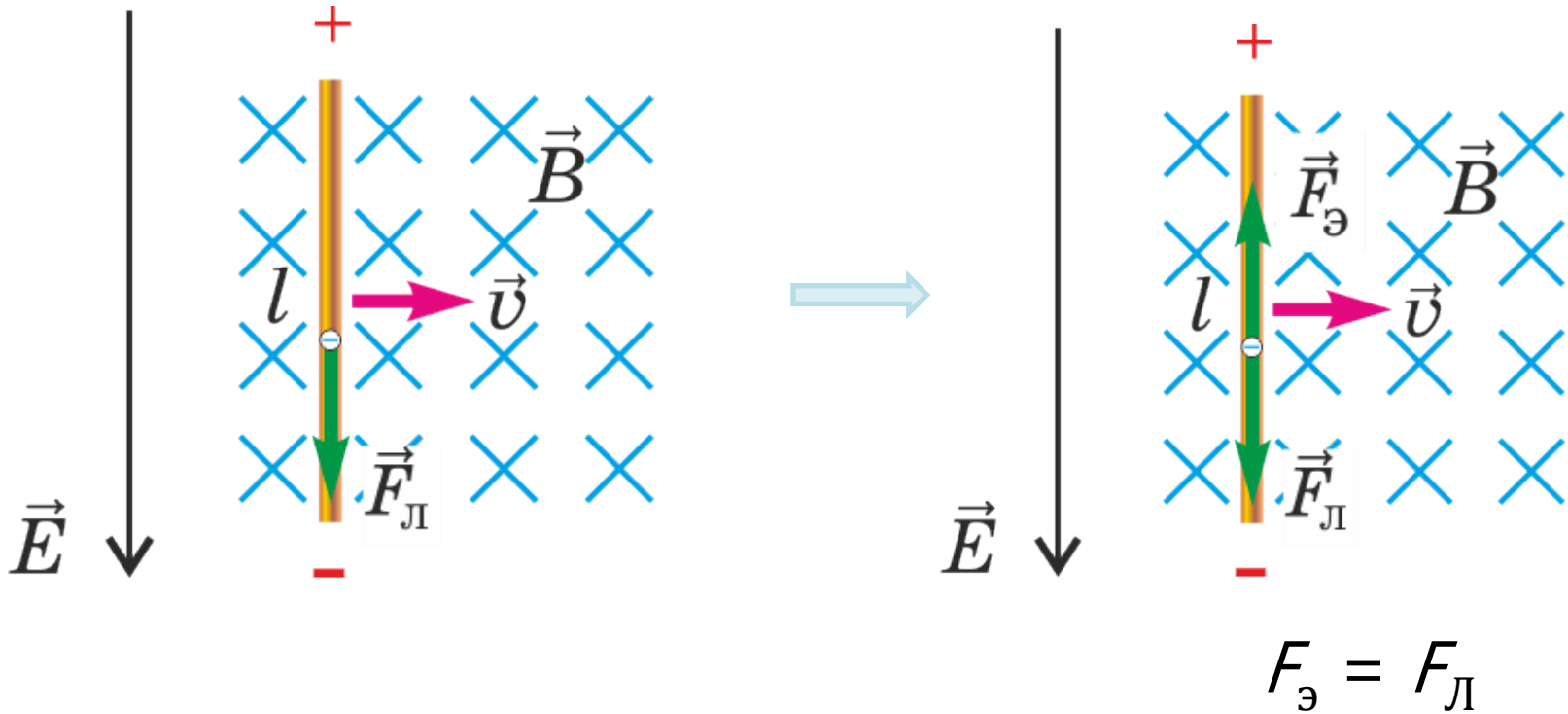
Покажем, что на концах проводника, движущегося в магнитном поле, возникает разность потенциалов (напряжение).

На свободные заряды (свободные электроны) в стержне действует *сила Лоренца*, под действием которой произойдёт *перераспределение зарядов*: на одном конце стержня возникнет положительный электрический заряд, а на противоположном — такой же по модулю, но отрицательный. В результате в стержне возникнет *электрическое поле*. Обозначим E модуль напряжённости этого поля.

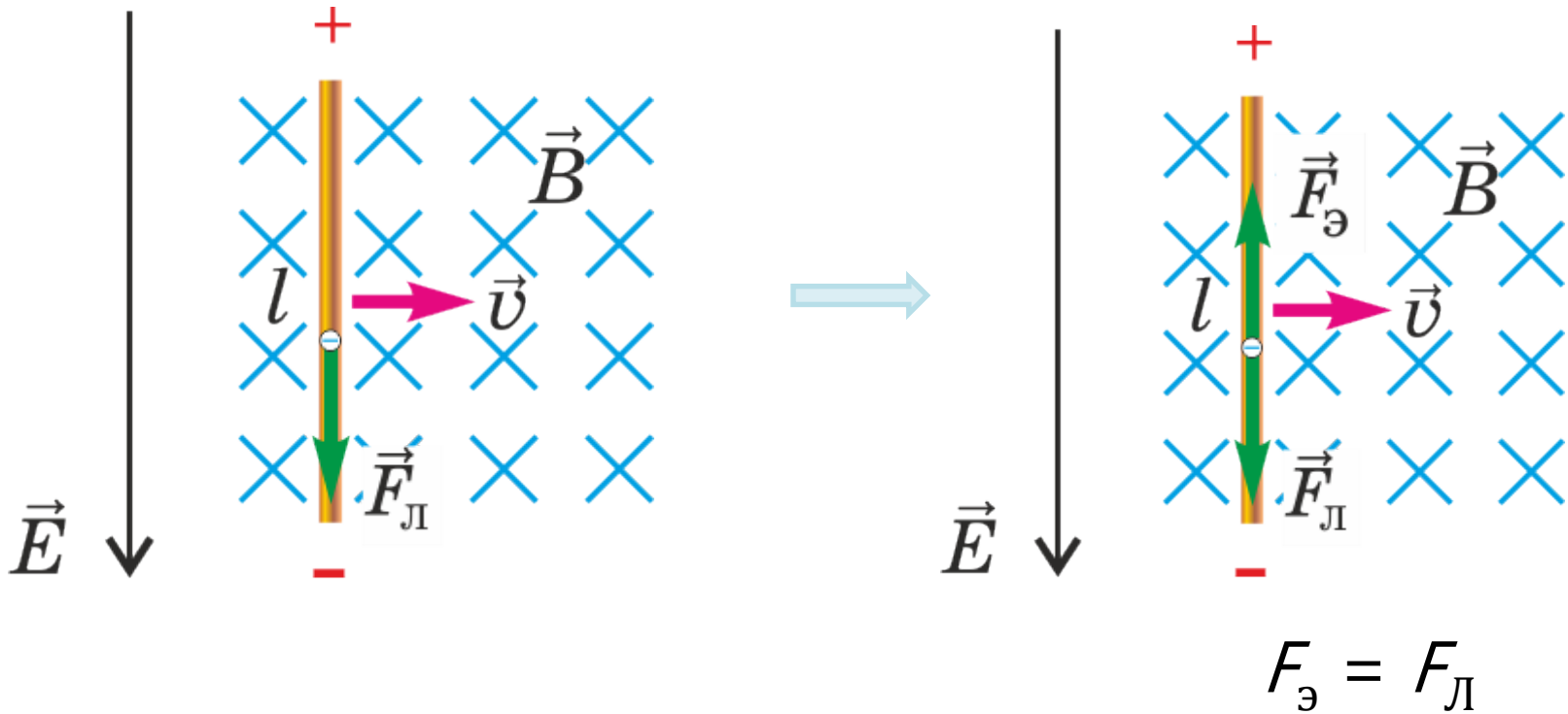
Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»



Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»



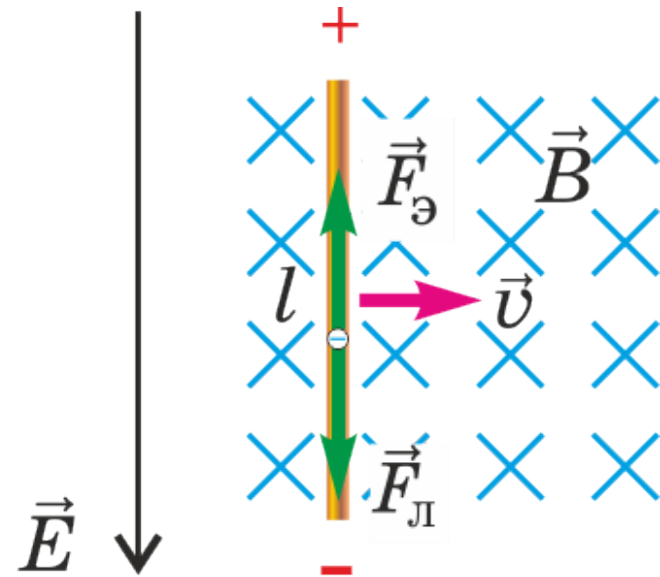
Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»



$$\left. \begin{aligned} F_\mathcal{E} &= qE \\ F_L &= Bqv \end{aligned} \right\} E = Bv$$

Напряжение на концах проводника, движущегося в магнитном поле

$$\left. \begin{aligned} E &= Bv \\ U &= El \end{aligned} \right\} \boxed{U = Bvl}$$



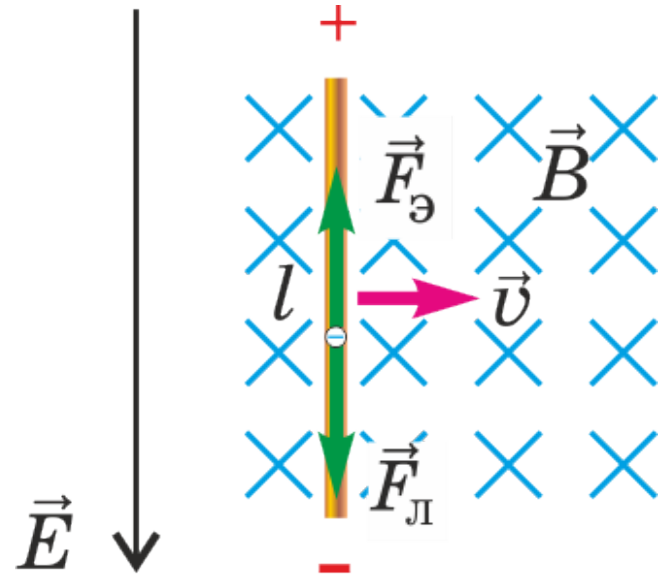
Если скорость стержня направлена под углом α к вектору магнитной индукции, то модуль силы Лоренца выражается формулой $F_\text{Л} = Bqv \sin \alpha$, поэтому в общем случае напряжение на концах стержня выражается формулой

$$U = Bvl \sin \alpha.$$

Напряжение на концах проводника, движущегося в магнитном поле

$$E = Bv$$
$$U = El$$

$$U = Bvl$$



Если скорость стержня направлена под углом α к вектору магнитной индукции, то модуль силы Лоренца выражается формулой $F_L = Bqv \sin \alpha$, поэтому в общем случае напряжение на концах стержня выражается формулой

$$U = Bvl \sin \alpha.$$

Проводник, движущийся в магнитном поле,
можно рассматривать как источник тока.

Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»

ЭДС источника тока
равна напряжению на
клеммах разомкнутого
источника

$$\Rightarrow \mathcal{E}_i = U$$

ЭДС индукции в проводнике длиной l , движущемся в магнитном поле со скоростью \vec{v} , выражается формулой

$$\mathcal{E}_i = Bvl \sin \alpha,$$

где α — угол между скоростью проводника и вектором магнитной индукции \vec{B} .

Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»

8. Металлический стержень скользит с постоянной скоростью \vec{v} по металлическим направляющим (рис. 6.4). С помощью закона электромагнитной индукции докажите, что ЭДС индукции в контуре, образованном стержнем и направляющими, выражается формулой

$$\mathcal{E}_i = Bvl.$$

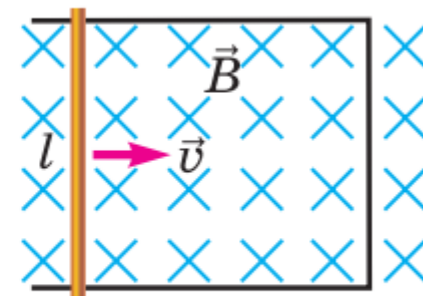


Рис. 6.4

Исследование ключевой ситуации «ЭДС индукции в проводнике, движущемся с постоянной скоростью»

8. Металлический стержень скользит с постоянной скоростью \vec{v} по металлическим направляющим (рис. 6.4). С помощью закона электромагнитной индукции докажите, что ЭДС индукции в контуре, образованном стержнем и направляющими, выражается формулой

$$\mathcal{E}_i = Bvl.$$

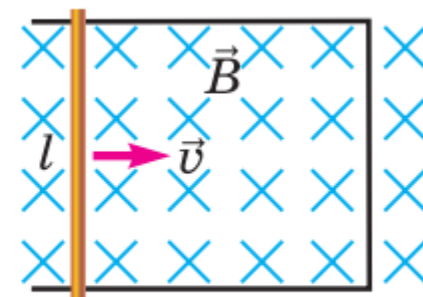


Рис. 6.4

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

БИНОМ. Лаборатория знаний
<http://lbz.ru/>



Ждём Вас на наших вебинарах!