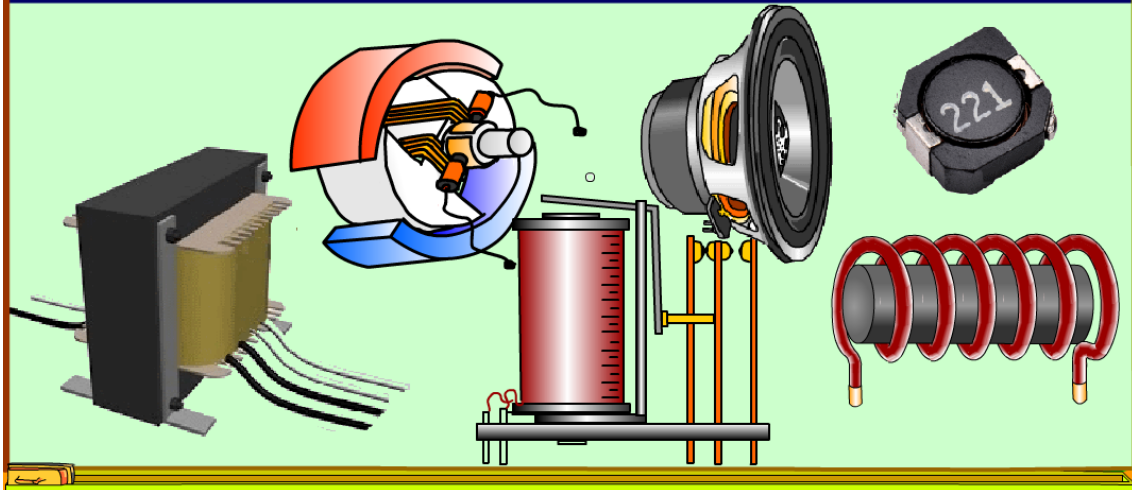


Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.



Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.



bairrospd
BAIRROS PROJETOS
DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS

ESTUDE ELETRÔNICA NO SITE WWW.BAIRROSPD.COM

Um site para pesquisar eletrônica

Parte da pesquisa para o estudo da eletrônica. Ajuda você encontrar circuitos e textos para estudos e trabalhos de eletrônica. Um trabalho desenvolvido pelo professor Roberto Bairros dos Santos.

Menu: [HOME](#) [CURSOS](#) [BIBLIOTECA](#) [TUTORIAIS](#) [VOCÊ SABIA](#) [CONTATO](#)

APRENDA A LER RESISTORES

Procure aqui:

O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência.

SENTINDO AS CORES: Código de cores dos resistores.

AULAS OU ACESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIRROS?

CLIQUE AQUI!

VISITE O NOSSO SITE e CANAL YOUTUBE

www.bairrospd.com
Professor Bairros

www.bairrospd.com

https://www.youtube.com/channel/UC_tfxnYdBh4IbiR9twtpPA

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIRROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com

Professor Bairros
www.bairrospd.com

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Sumário

1	Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.....	3
1.1	Introdução.....	5
1.2	Lei de Ampère.	10
1.3	Efeito do núcleo na bobina.....	16
1.4	Indução magnética.....	20
1.5	Lei de Ampère e a indução magnética.	35
1.6	Fluxo Magnético.....	39
1.7	Relutância Magnética	62
1.8	O circuito magnético.....	68
1.9	Exemplo.....	75
1.10	Exemplo 2.....	86
1.11	Conclusão.....	90
1.12	Créditos	95

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

1 ELETROMAGNETISMO: LEI DE AMPÈRE E RELUTÂNCIA MAGNÉTICA.

Simmmm, eu sou o professor Bairros e no tutorial de hoje nós vamos ver....

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

YOUTUBE: <https://youtu.be/3qekPGYvp1Y>

Vamos lá!



Figura 1

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Assuntos relacionados.

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

www.bairrospd.com

eletromagnetismo, Lei de Ampère, relutância, campo magnético, campo indução magnética, fluxo magnético, relutância magnética, circuito magnético, força magneto motriz,

1.1 INTRODUÇÃO.

Estou inaugurando uma série de tutoriais falando sobre eletromagnetismo, um tópico obscuro para a maioria dos técnicos, mas muito importante.

Eu aqui não vou tentar traduzir a física desenvolvida por Faraday e Maxwell.

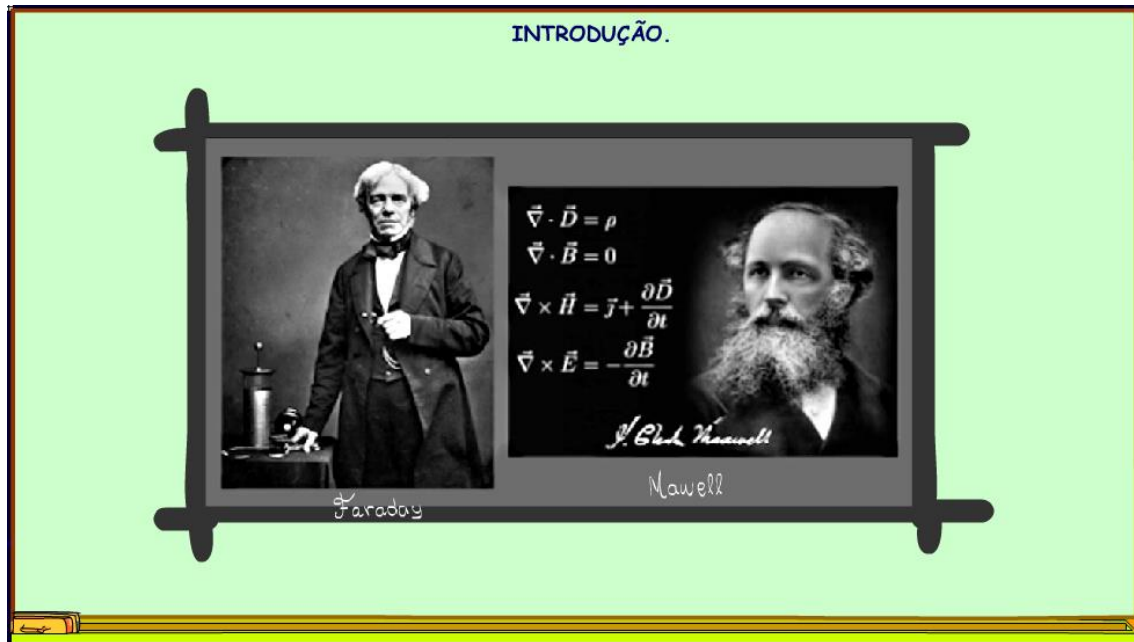


Figura 2

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Aqui vou concentrar as análises naquilo que é prático para o técnico eletrônico que vai trabalhar com solenóides, transformadores indutores.



Figura 3

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Na eletrônica e na elétrica o eletromagnetismo é aplicado a bobinas, que é nada mais nada menos do que um fio enrolado.

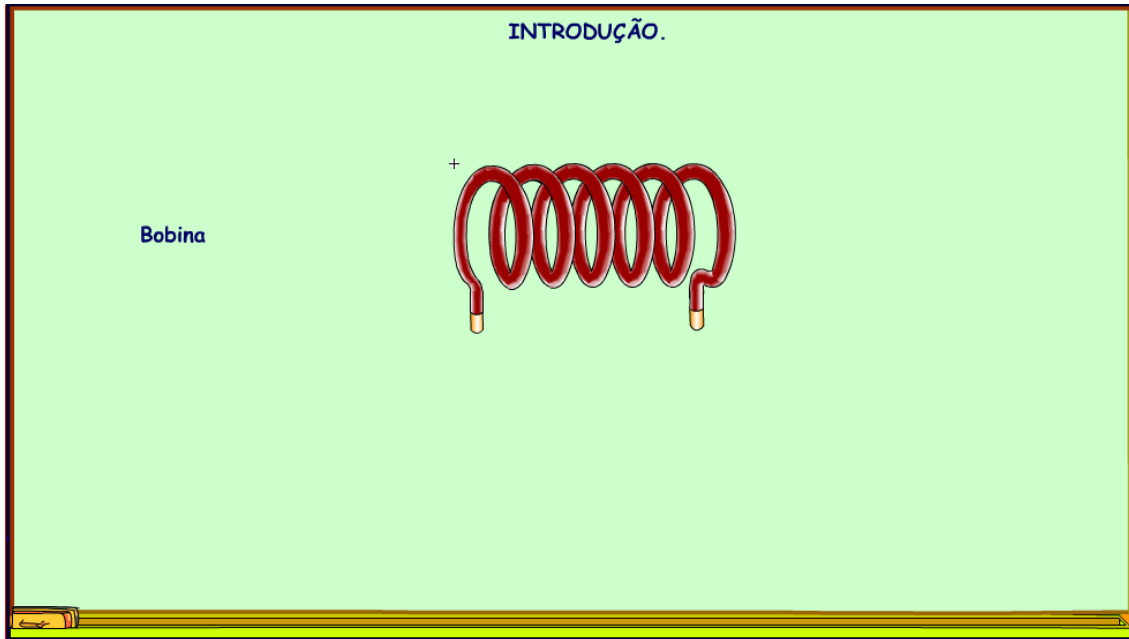


Figura 4

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Quando esse fio é percorrido por uma corrente, essa bobina gera ao seu redor um campo magnético "H".

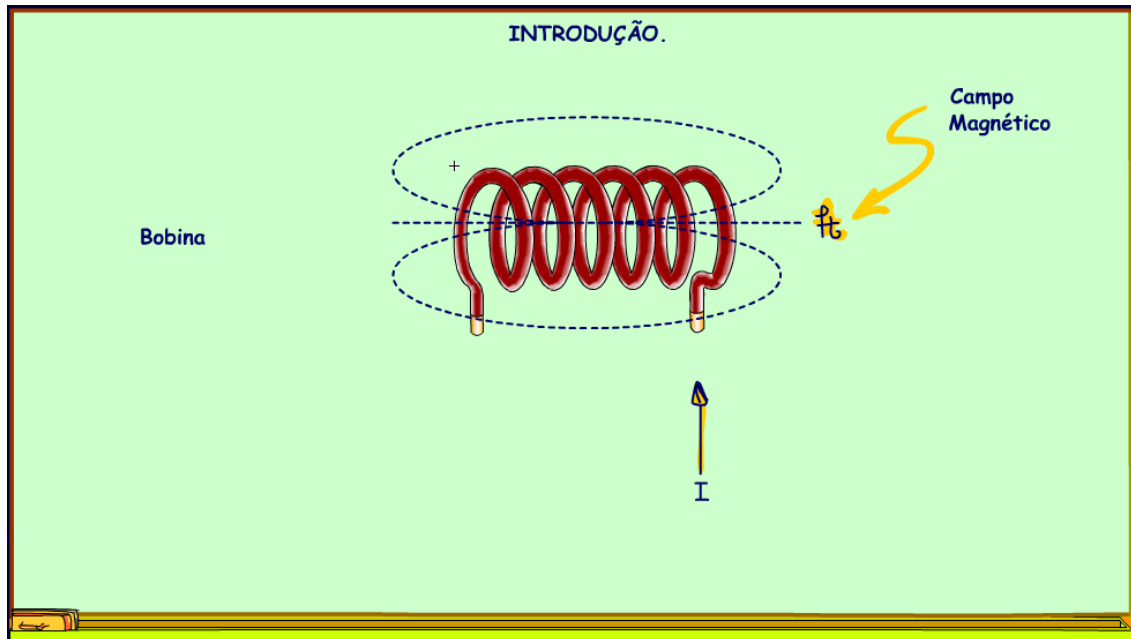


Figura 5

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O que eu vou mostrar é a relação entre a corrente “I” e o campo magnético “H” gerado na bobina.

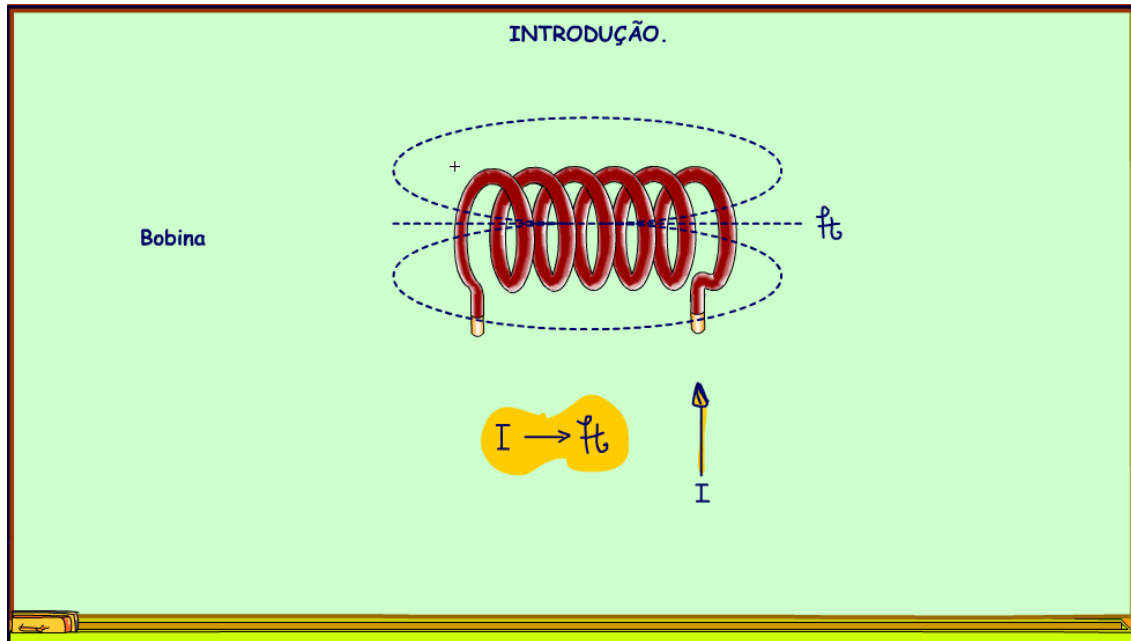


Figura 6

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

1.2 LEI DE AMPÈRE.

Essa relação é chamada de Lei de Ampère e é a primeira equação que você deve conhecer bem no eletromagnetismo.

A Lei de Ampère é uma das leis de Maxwell, descrita na figura.

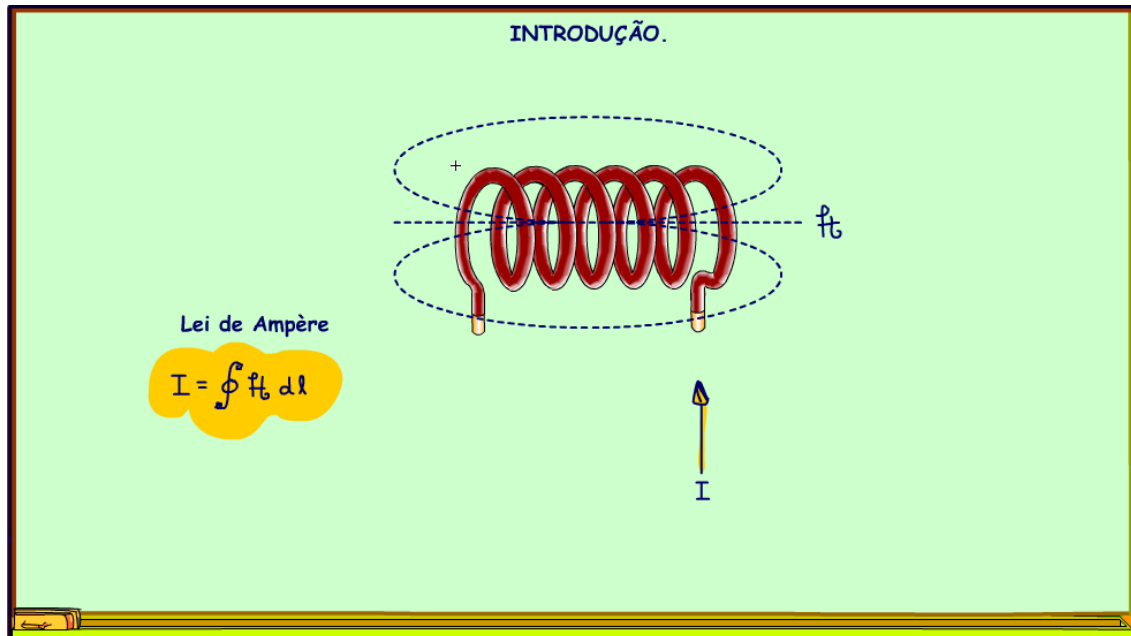


Figura 7

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Essa é uma equação complicada, envolve cálculo, mas para o mundo da eletrônica do nosso dia a dia, nas bobinas dos motores e televisores, onde as propagações eletromagnéticas podem ser desprezadas, ela pode ser simplificada para a equação da figura.

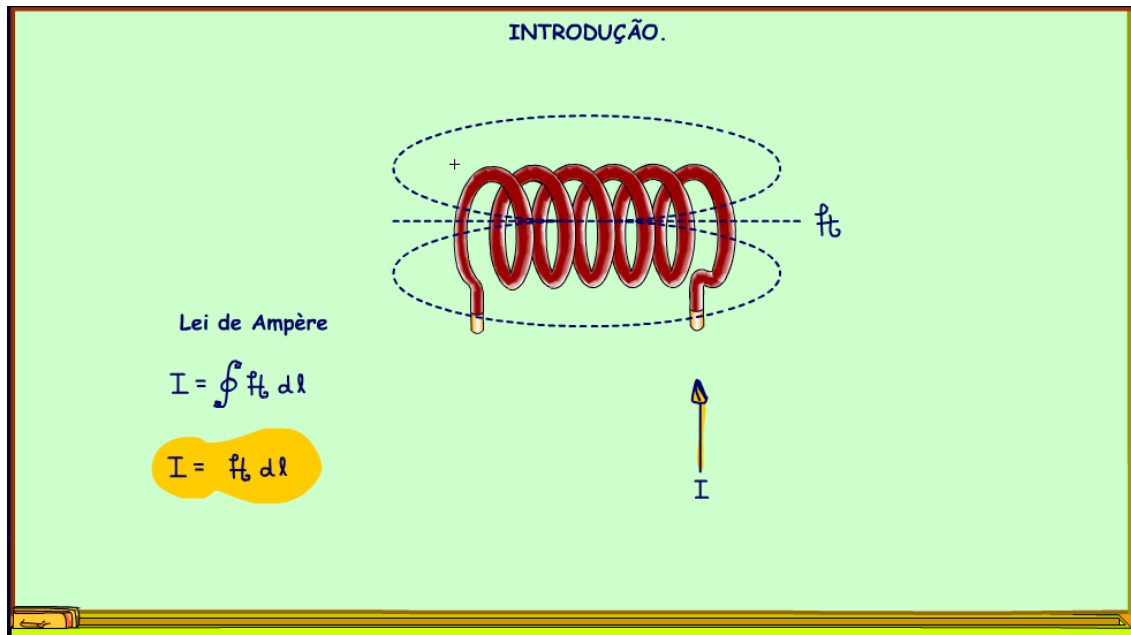


Figura 8

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O termo da esquerda é simplesmente a corrente que está percorrendo a bobina, e o termo da direita é o campo magnético criado pela bobina, a unidade do termo da esquerda você já conhece e o Ampère.

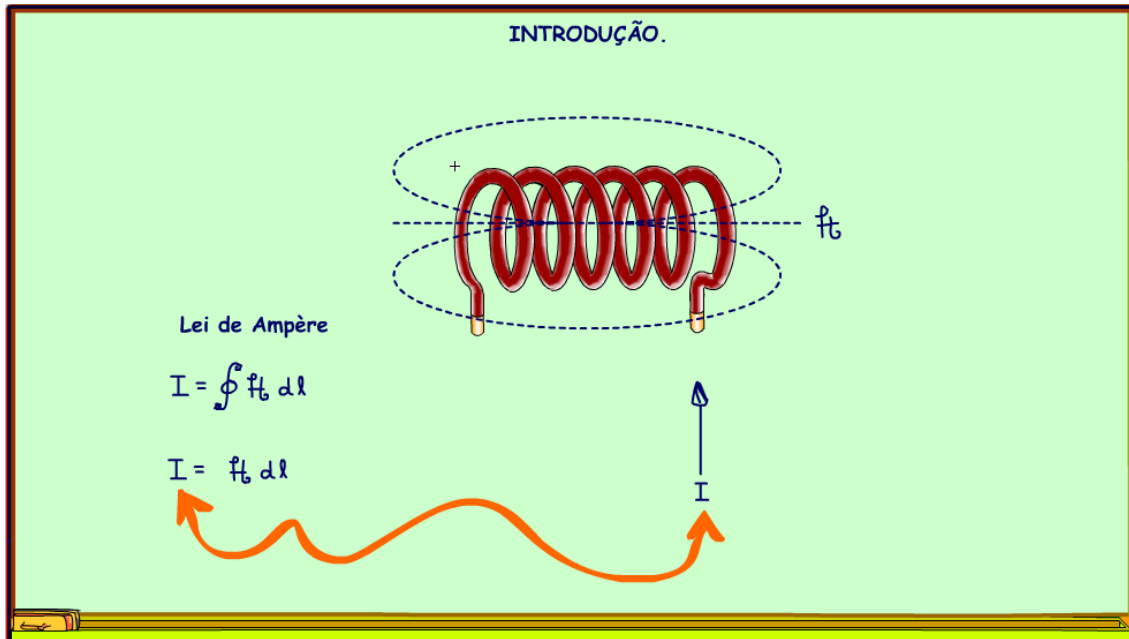


Figura 9

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O “H” é a intensidade do campo magnético e a unidade é o Ampère metro.

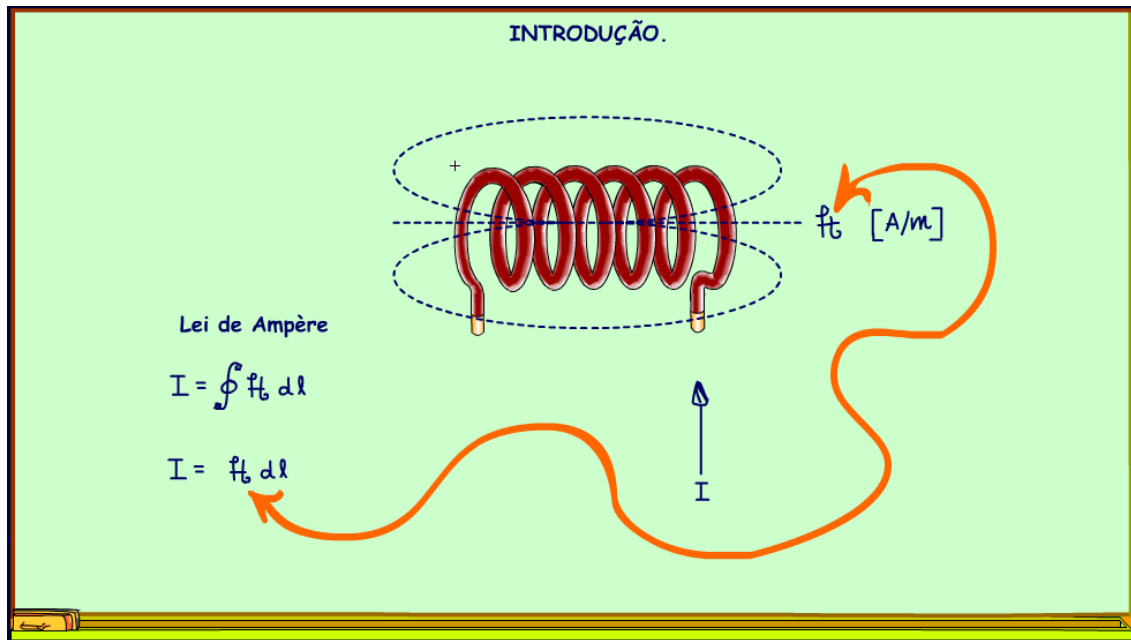


Figura 10

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Esse “L” na equação é o comprimento do caminho fechado formado pelas linhas do campo magnético, aquelas linhas tracejadas no diagrama, a unidade é o metro nosso velho conhecido, por isso a unidade do campo é Ampère metro.

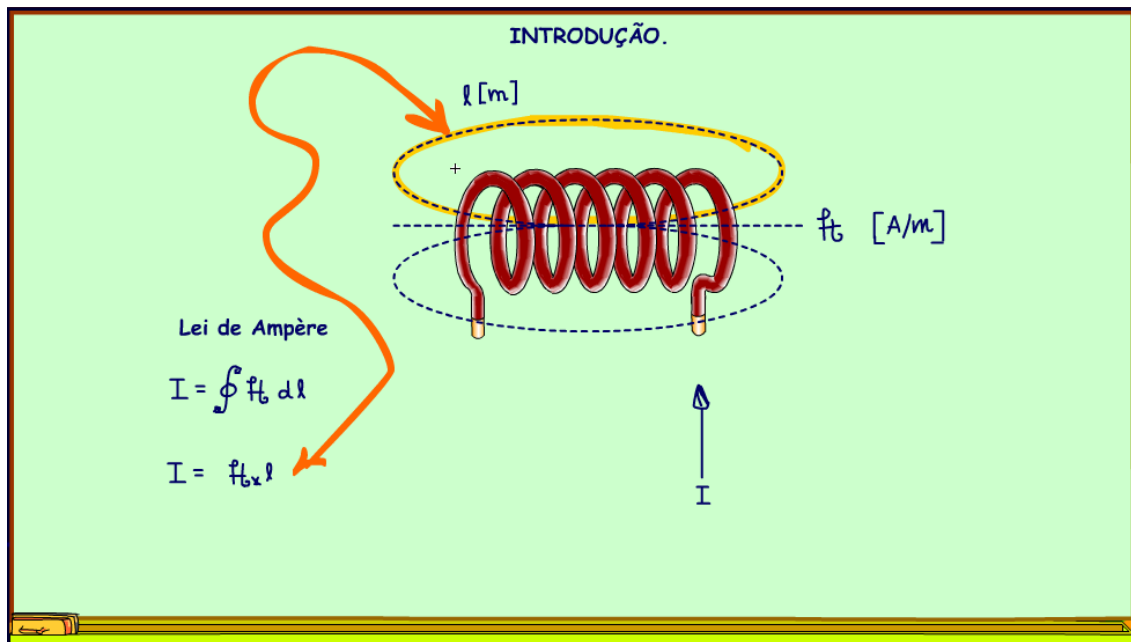


Figura 11

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Na prática essa bobina é constituída de mais de uma espira, a bobina tem “N” espiras, por isso, a corrente tem que ser multiplicada por N na equação.

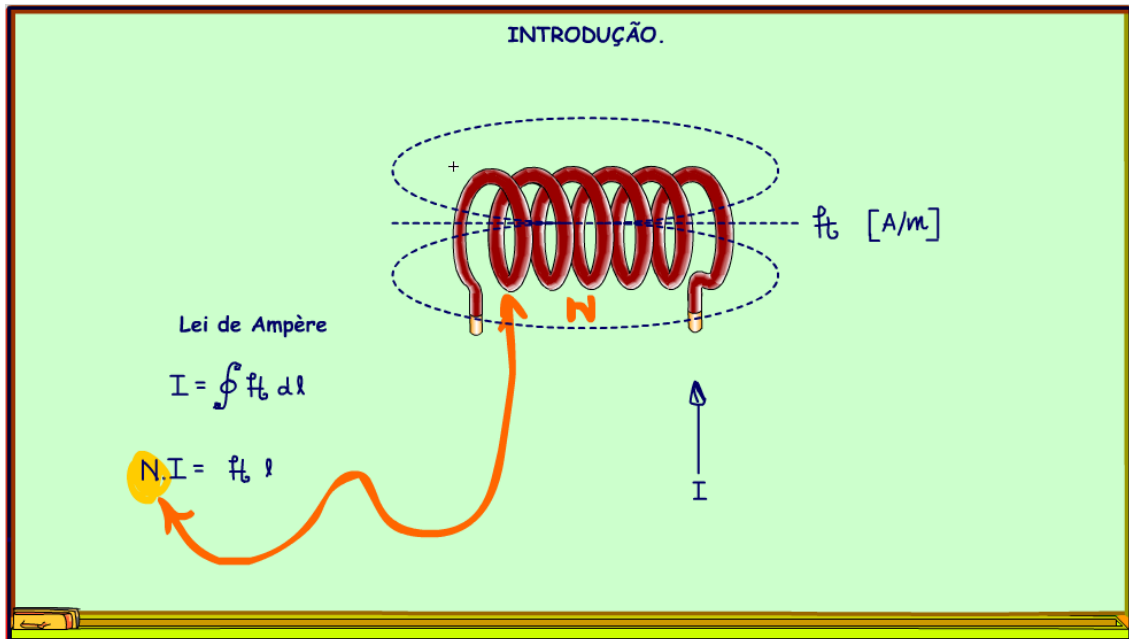


Figura 12

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

1.3 EFEITO DO NÚCLEO NA BOBINA.

Quando um núcleo ferroso é colocado na bobina tudo fica mais fácil.

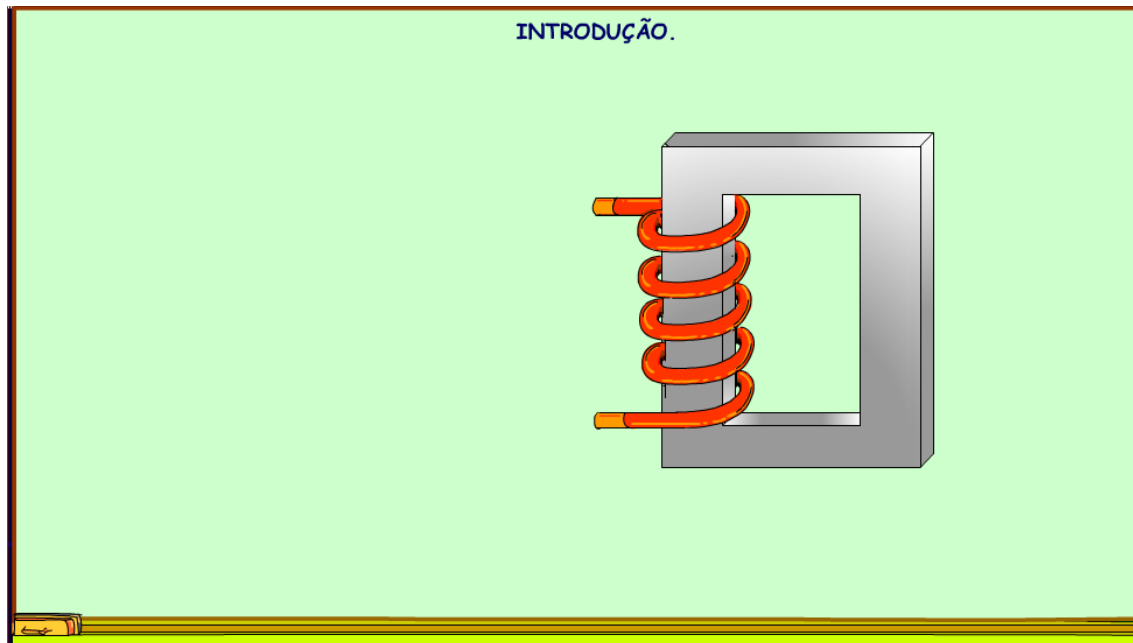


Figura 13

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Agora a maior parte do campo fica concentrado no núcleo, se esse núcleo for de um material ferroso fechado, como na figura, a mágica começa a acontecer.

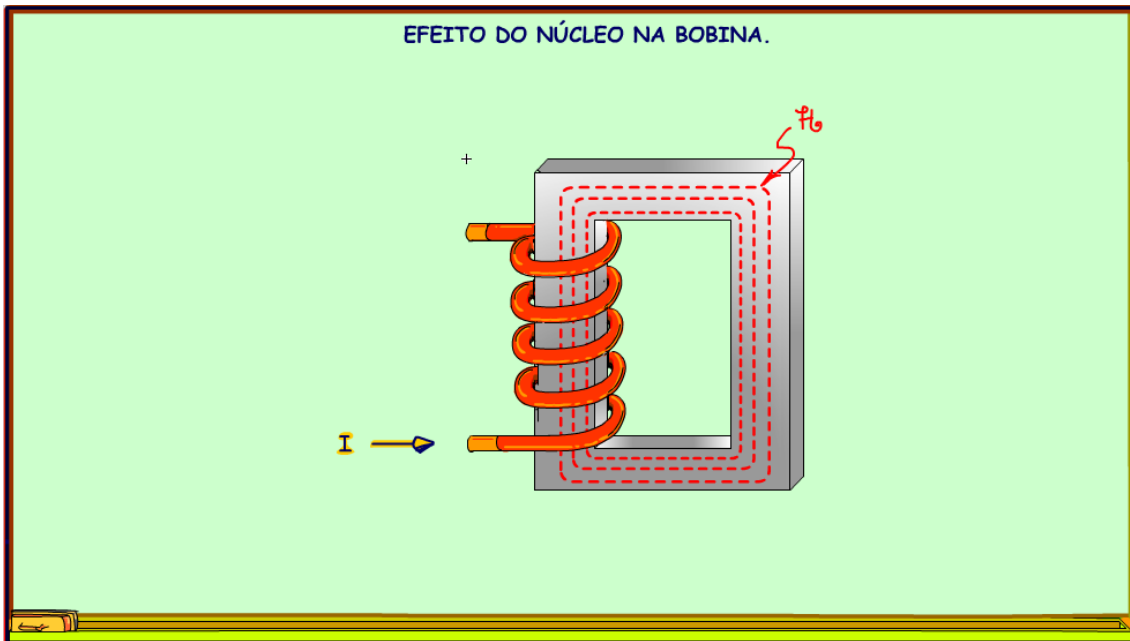


Figura 14

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Essa é a estrutura dos transformadores, dos motores, dos relés que você está acostumado a ver na eletrônica e eletricidade.

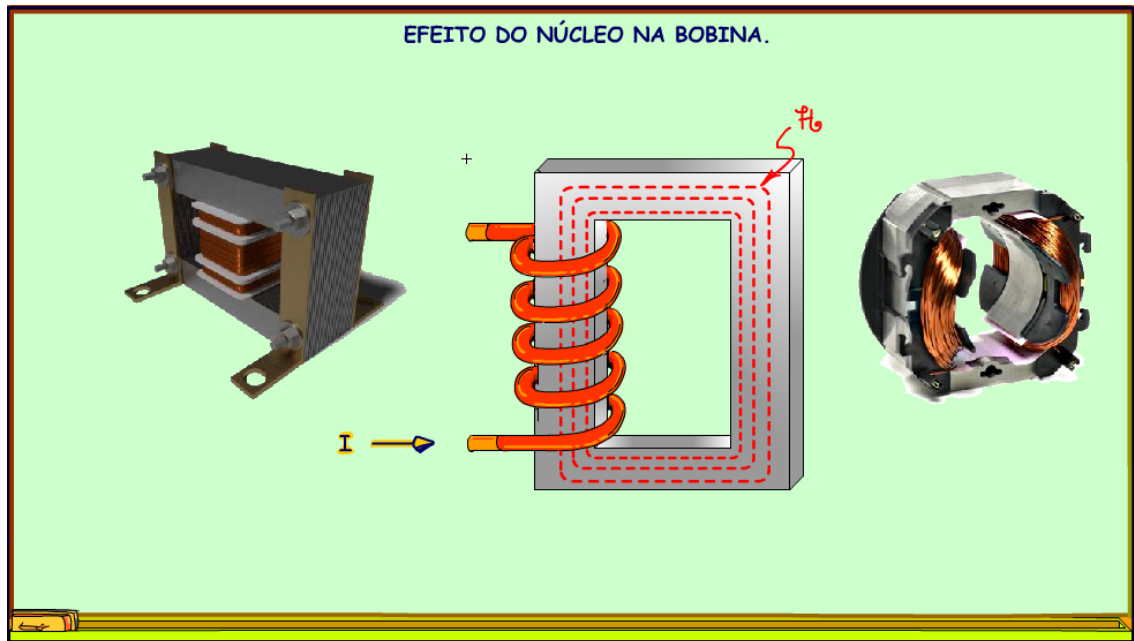


Figura 15

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O núcleo além de concentrar o campo magnético ainda tem a propriedade de aumentar o campo magnético.

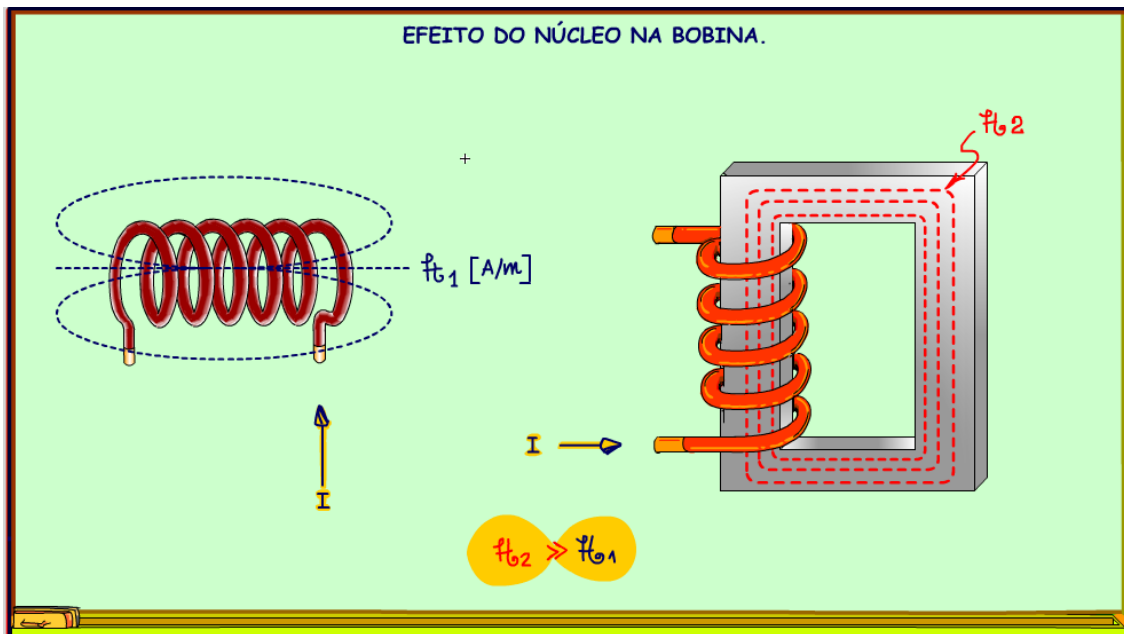


Figura 16

1.4 INDUÇÃO MAGNÉTICA.

É como se a presença do núcleo ferroso induzisse um novo campo magnético, então esse novo campo magnético recebe o nome de indução magnética e é referenciado pela letra “B”.

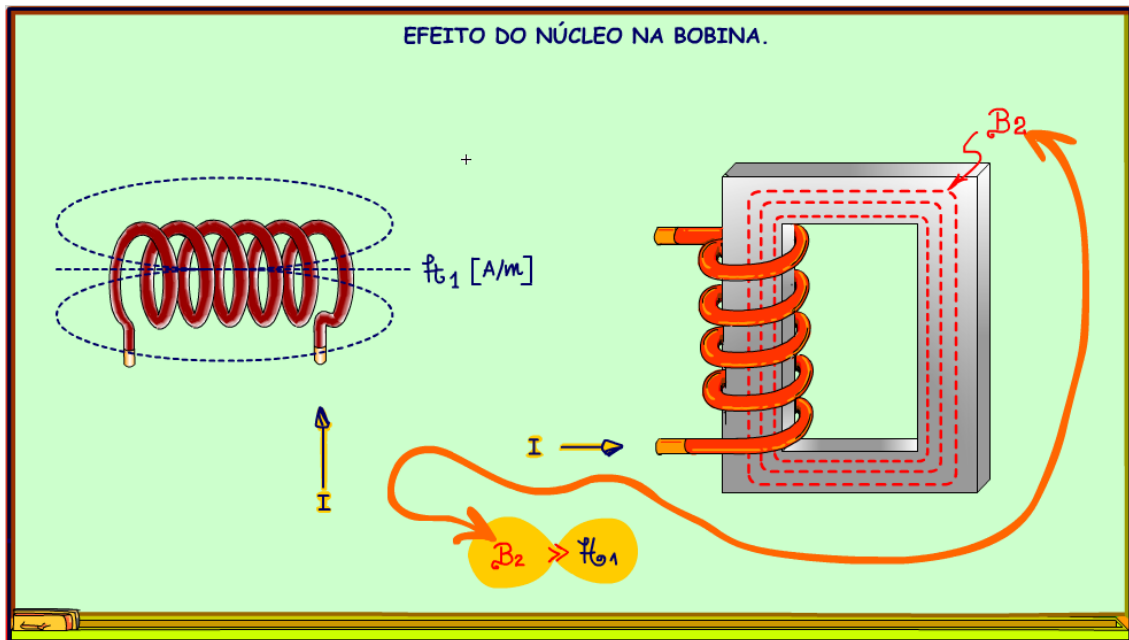


Figura 17

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

E o valor do campo de indução magnética é igual ao valor do campo magnético original multiplicado por uma constante chamada permeabilidade magnética do material.

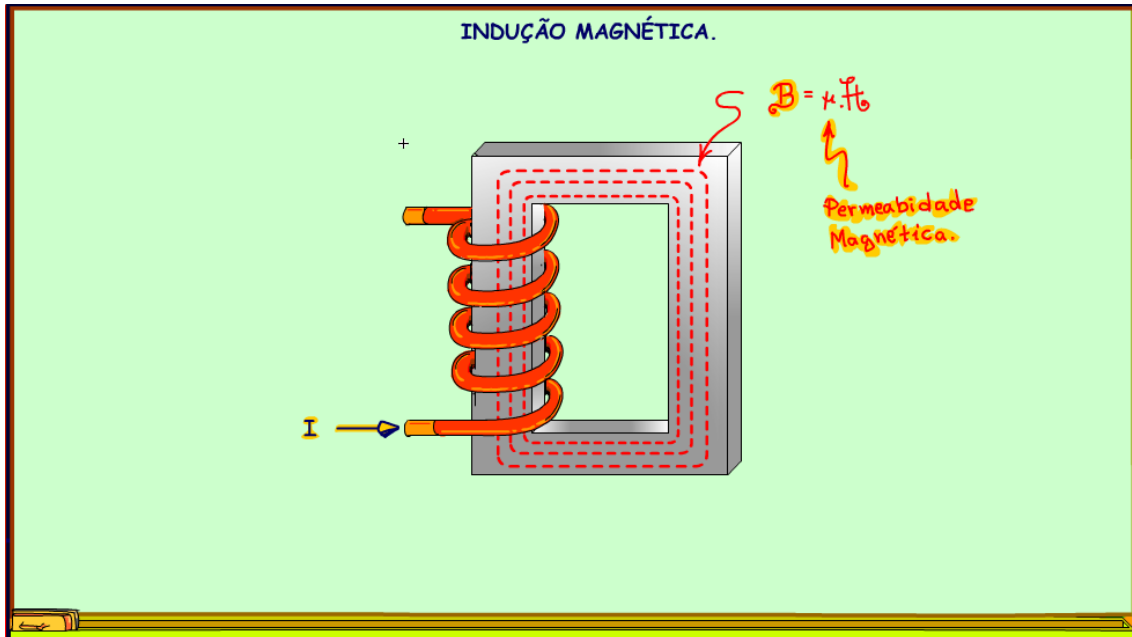


Figura 18

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Sempre que tiver núcleo ferroso você deve usar a indução magnética B a unidade é o Tesla, ela expressa a influência do núcleo no campo magnético H.

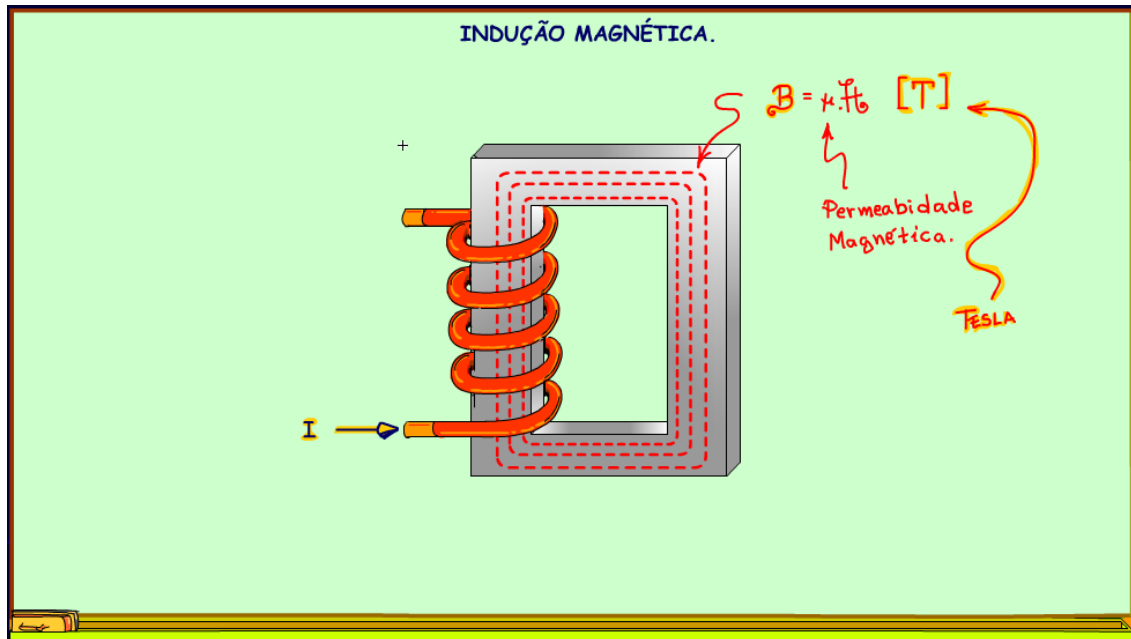


Figura 19

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A permeabilidade depende do tipo de material e normalmente é referenciada a permeabilidade do vácuo, que é praticamente a mesma do ar, olha o valor na figura.

A unidade é Henry por metro.

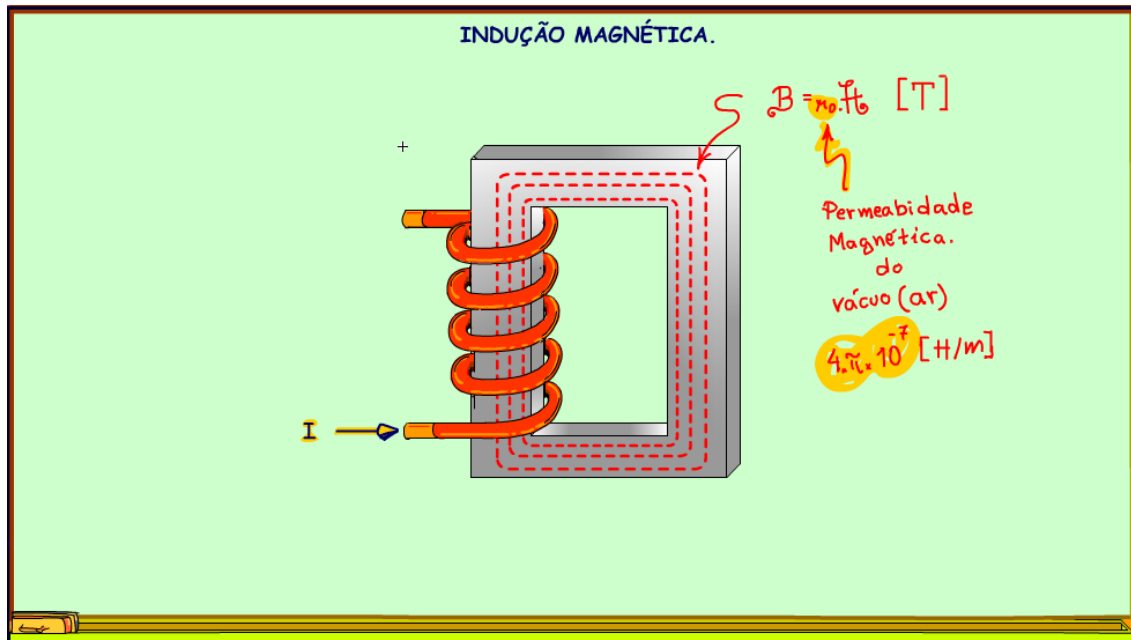


Figura 20

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Mas na prática usamos a permeabilidade relativa do material ferroso usado para fazer os núcleos das bobinas.

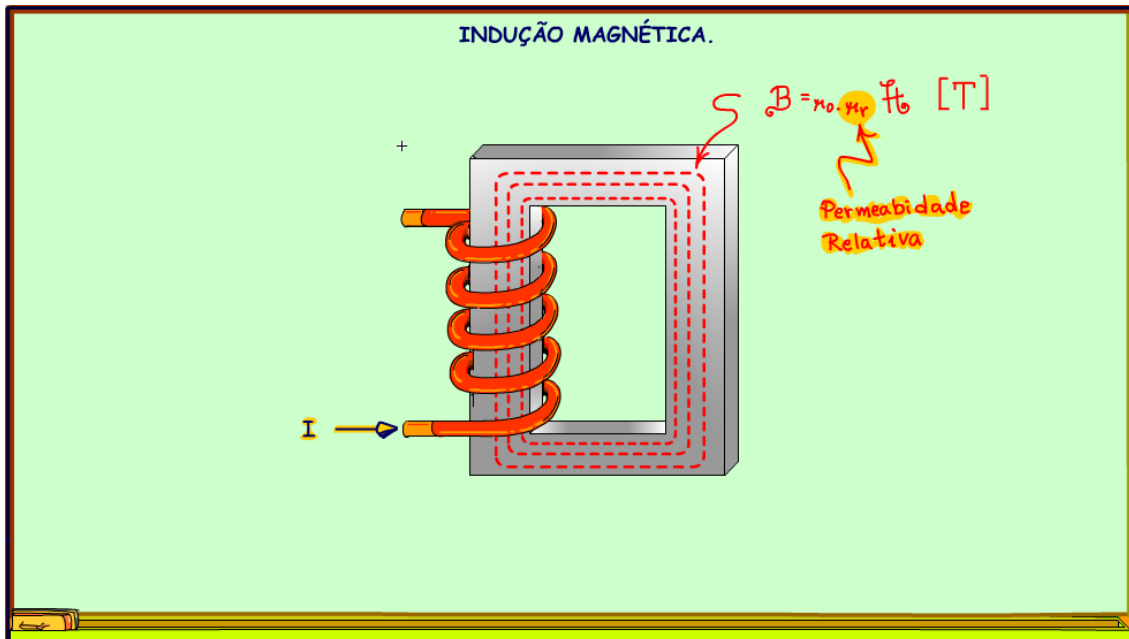


Figura 21

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A permeabilidade magnética do ferro é muito maior do que a do vácuo.

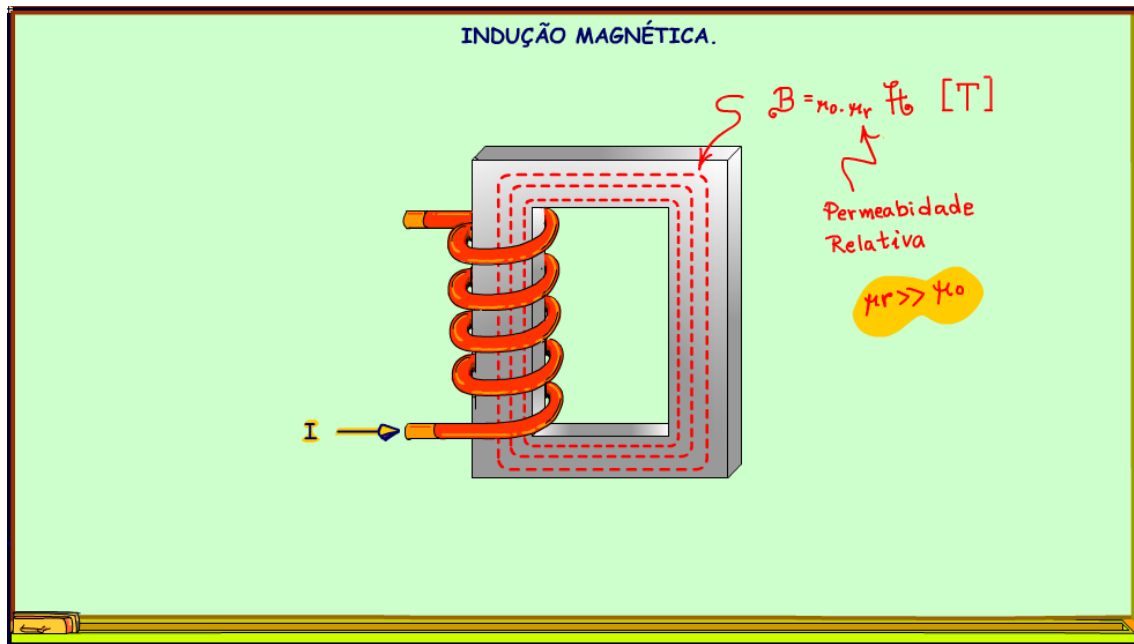


Figura 22

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Por exemplo, no ferro silício, que é o material mais comum para fazer transformador, a permeabilidade relativa varia de 2000 a 6000, que indica quantas vezes ela é maior do que a do vácuo, aumenta um bocadinho você não acha?

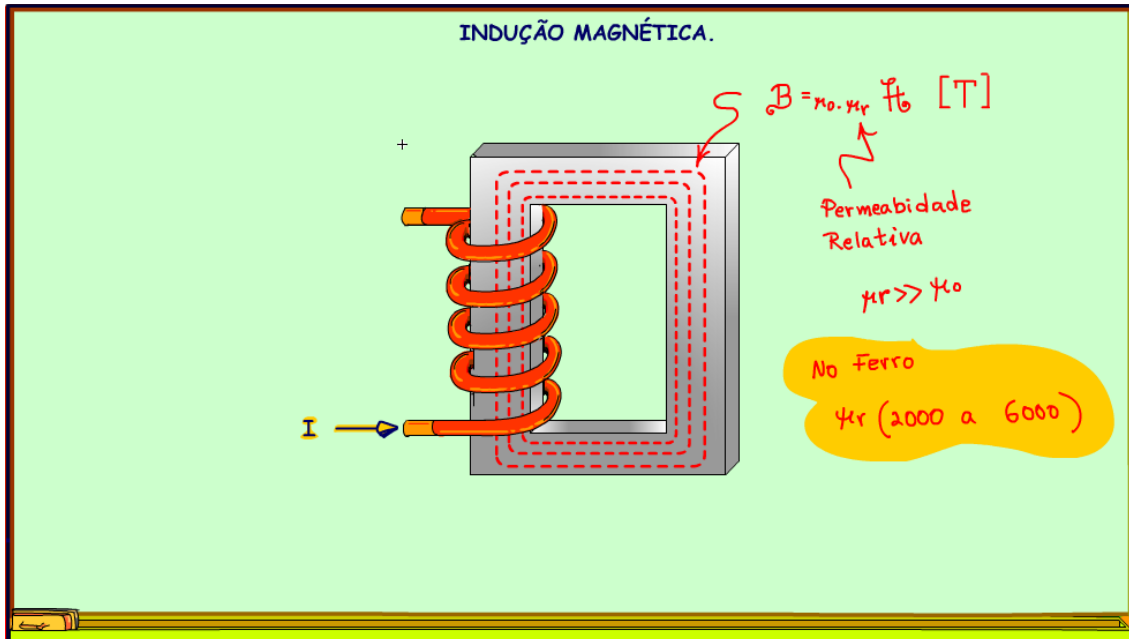


Figura 23

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Então o campo indução magnética representa o campo magnético reforçado, por isso, sempre que tiver núcleo ferroso esse é o campo que você deve usar.



Figura 24

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Esse fenômeno acontece porque os núcleos ferrosos têm o que os cientistas chamam de domínios magnéticos, que funcionam como pequenos ímãs, normalmente eles estão desorientados.

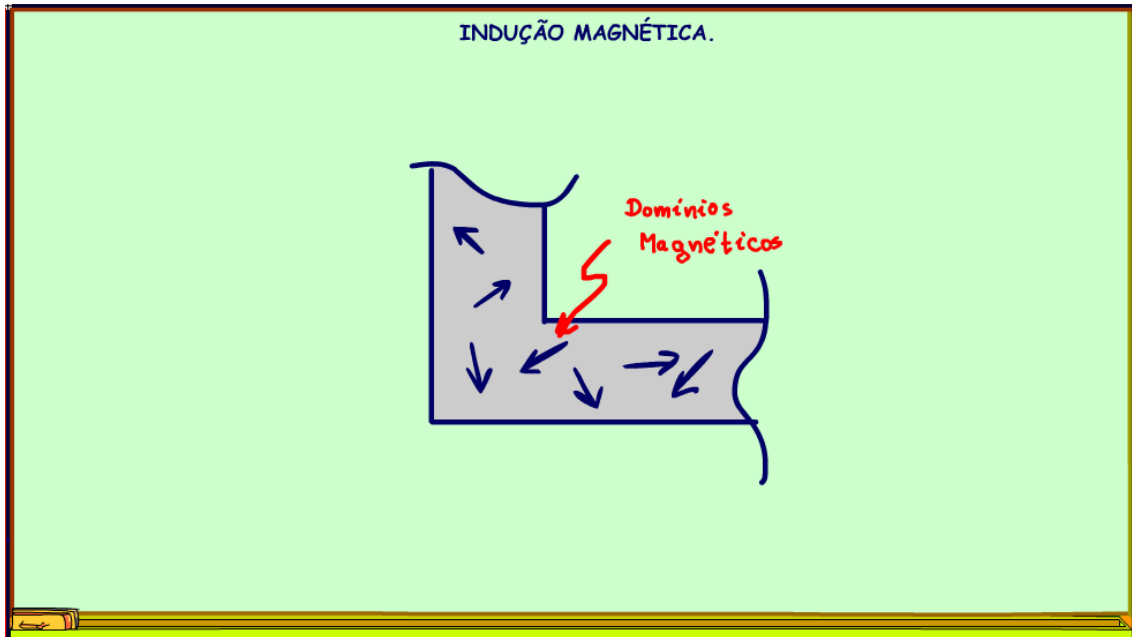


Figura 25

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Na presença do campo magnético eles se alinham reforçando o campo original, entra campo magnético e sai campo induzido.

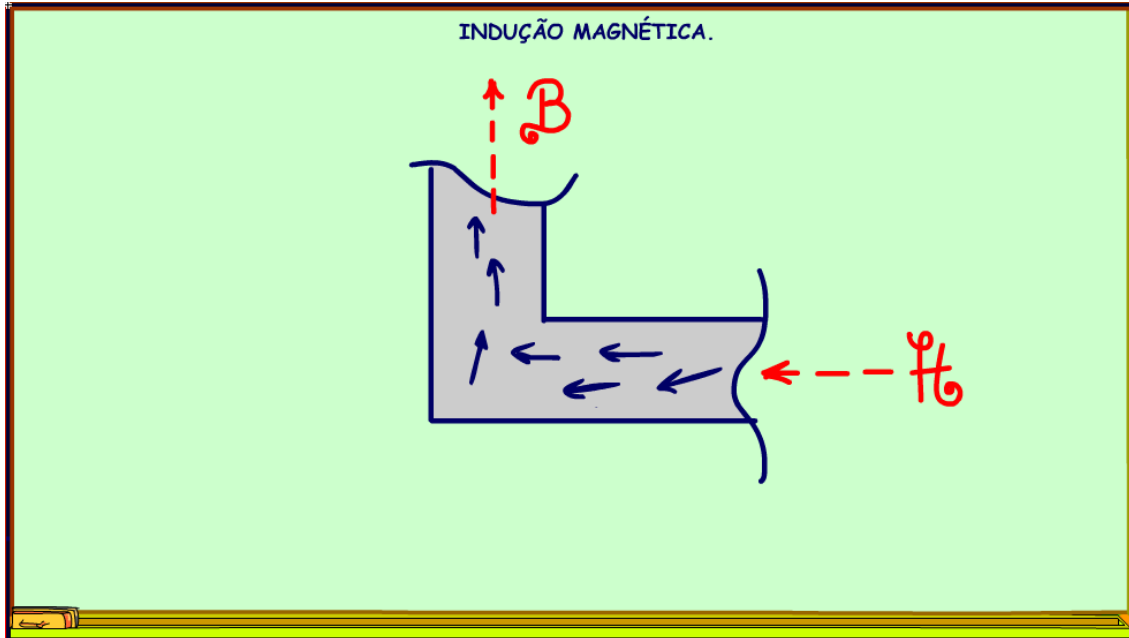


Figura 26

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O campo magnético gerado pela bobina tem orientação, exatamente como um ímã, um ímã tem um polo norte e um polo sul.

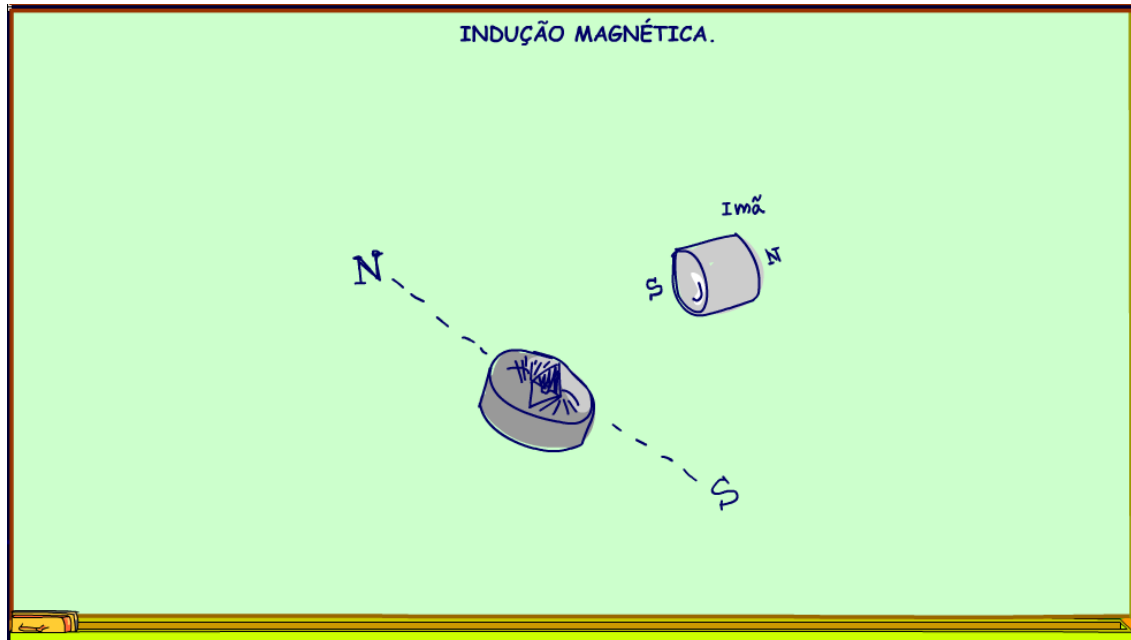


Figura 27

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Então, quando a corrente passa pela bobina ela se transforma num ímã com polos magnéticos e tudo mais.

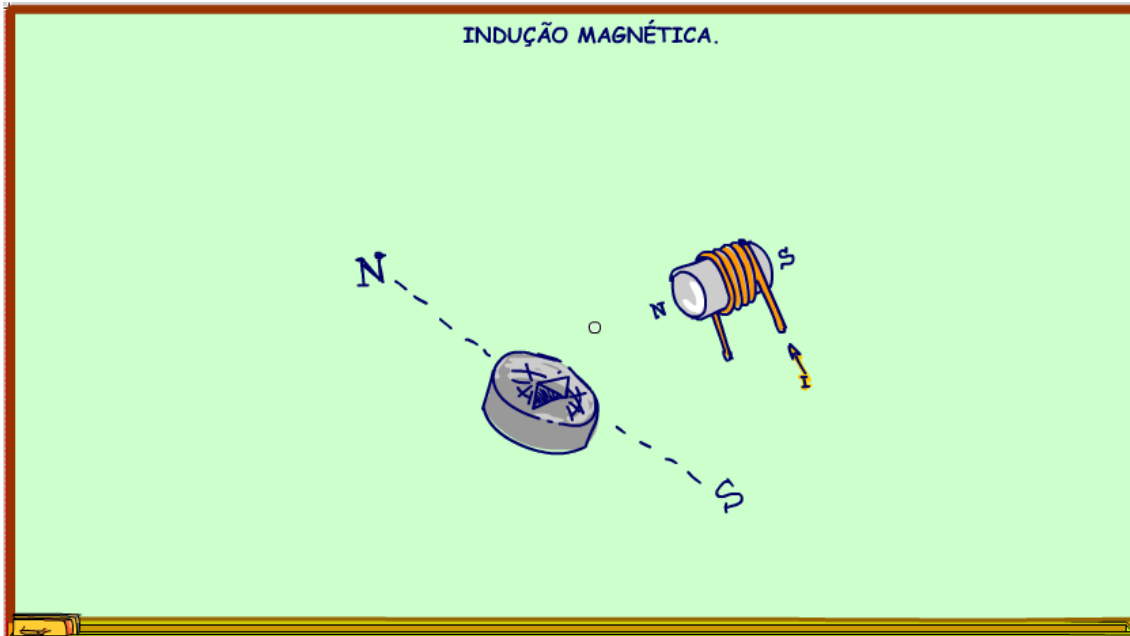


Figura 28

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A regra para saber para onde aponta o polo norte da bobina é a regra da mão direita,

Como mostra a figura, coloque os dedos simulando a corrente circulando na bobina, o dedão aponta para o polo norte.

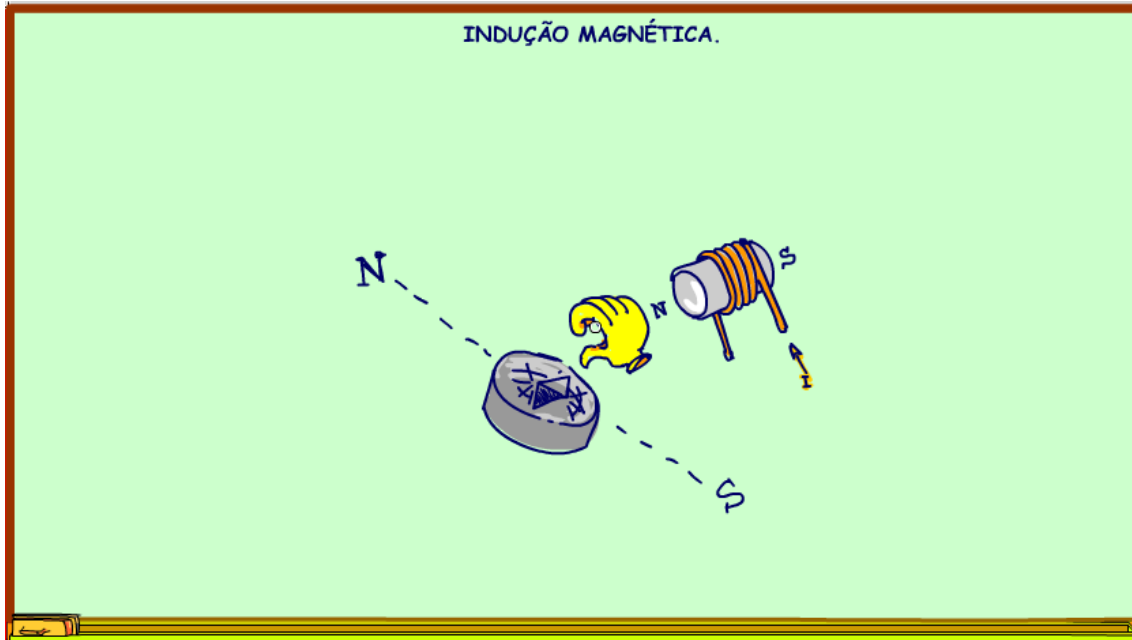


Figura 29

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Quando o núcleo não fecha totalmente, ele é chamado de eletroímã e o fluxo é reforçado no centro do eletroímã.

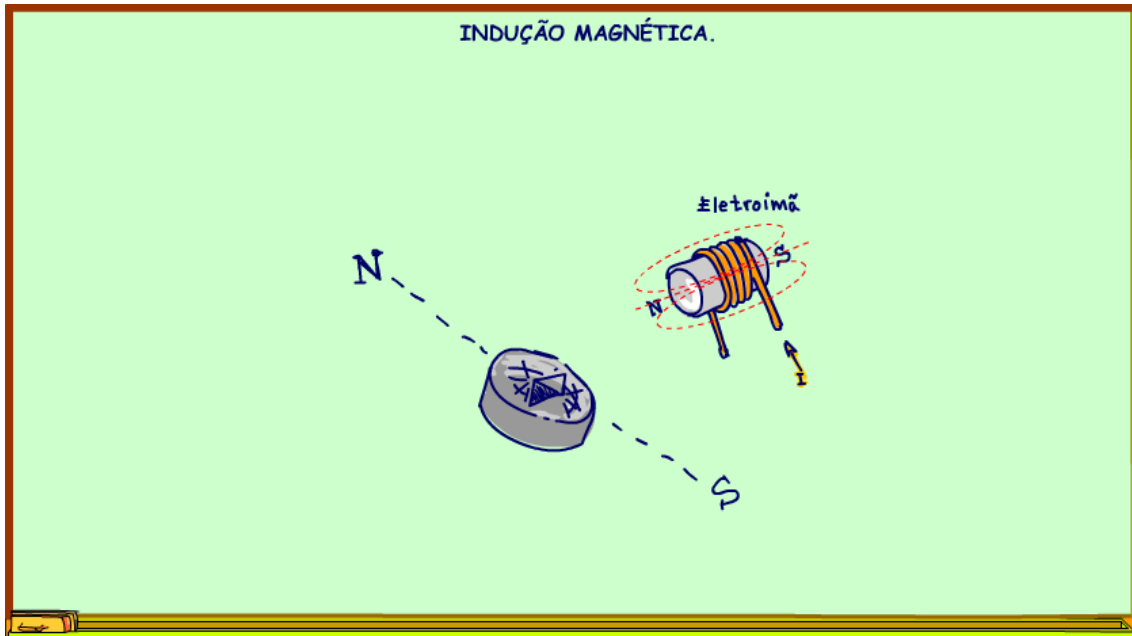


Figura 30

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Mas nem tudo são flores, já vou avisando que existe um limite para que os domínios se alinhem, acima desse limite não adianta enviar mais corrente que o campo magnético não vai ser mais reforçado, esse limite é chamado de saturação magnética.



Figura 31

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

1.5 LEI DE AMPÈRE E A INDUÇÃO MAGNÉTICA.

Até agora só temos uma equação a Lei de Ampère.

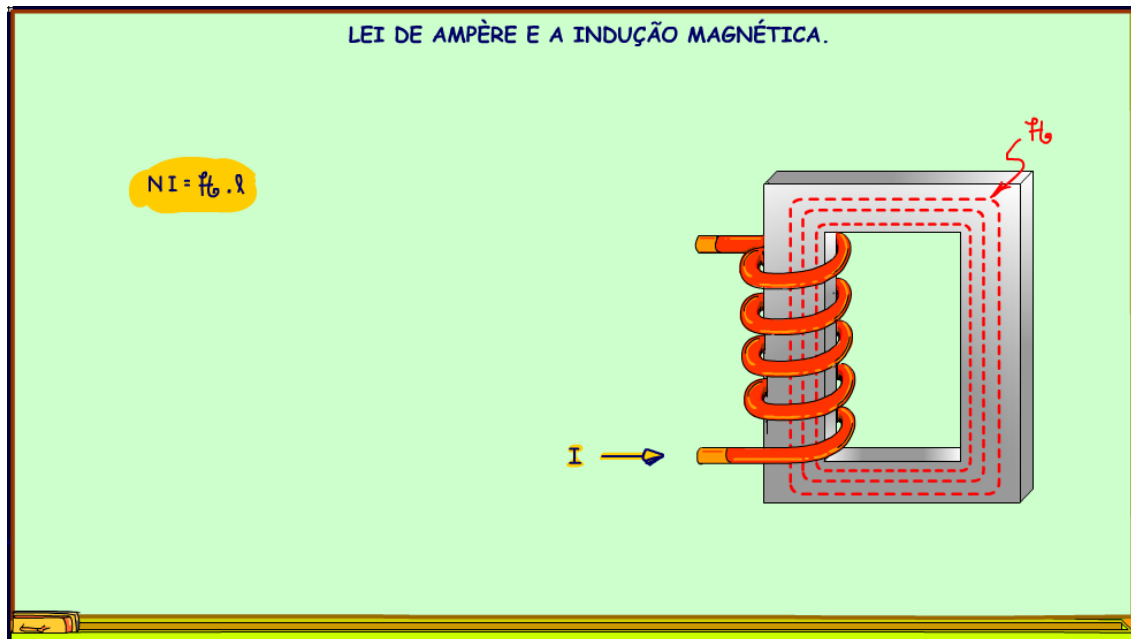


Figura 32

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Mas na prática com bobinas com núcleo ferroso a Lei de Ampère é escrita em função do campo indução magnética como mostra a figura.

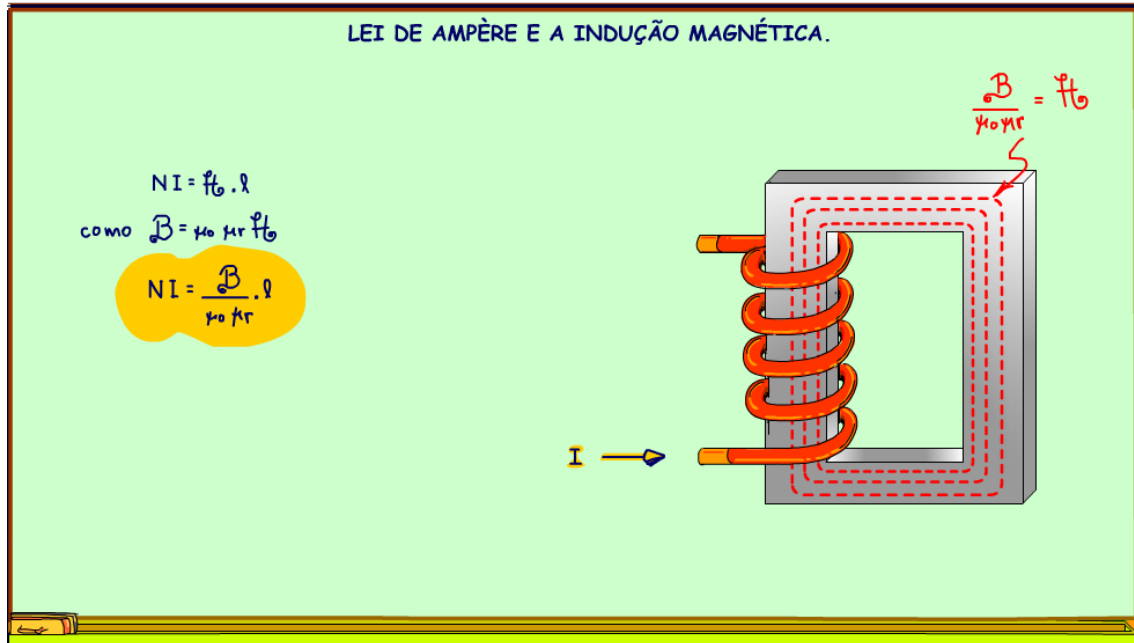


Figura 33

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Outro detalhe importante é que a corrente pode ser contínua ou alternada, no entanto nessa primeira fase do estudo vou tratar somente da corrente contínua, é o caso dos relés DC, contadores DC, motores DC etc.

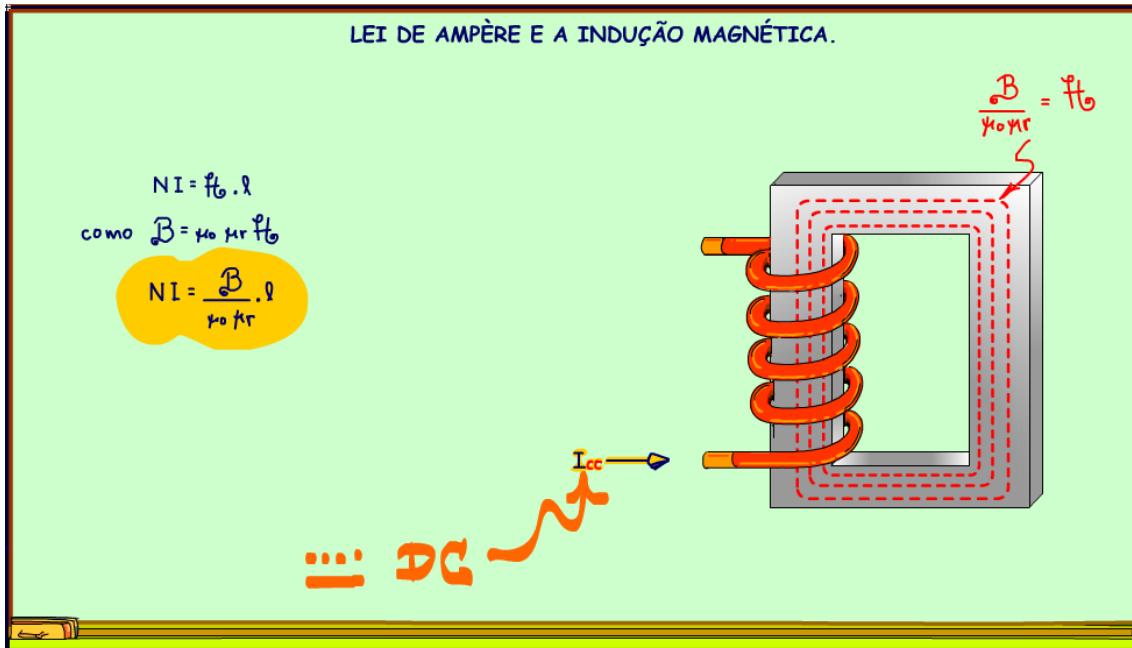


Figura 34

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Essa é uma diferença que não está bem clara na maioria dos livros, em DC não entram as questões de indutância, força eletromotriz, então fica tudo mais simples.

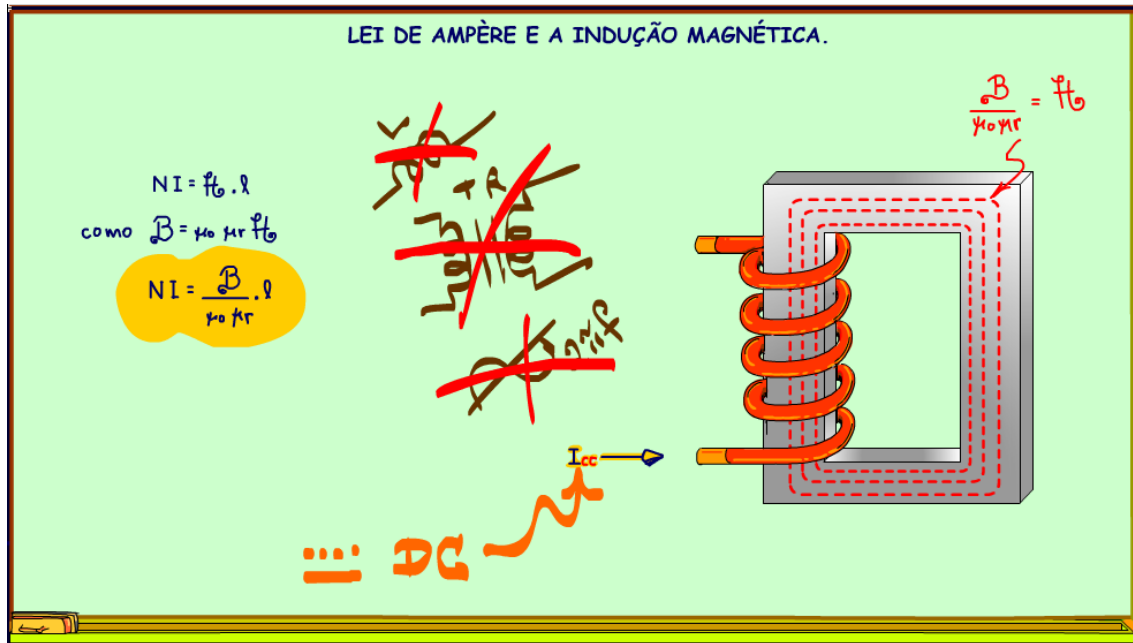


Figura 35

1.6 FLUXO MAGNÉTICO.

Quando tem o núcleo, podemos considerar que todo o campo indução magnética está concentrado no núcleo e esse campo é uma espécie de força magnética que fica girando no núcleo, esse é o conceito de fluxo magnético.

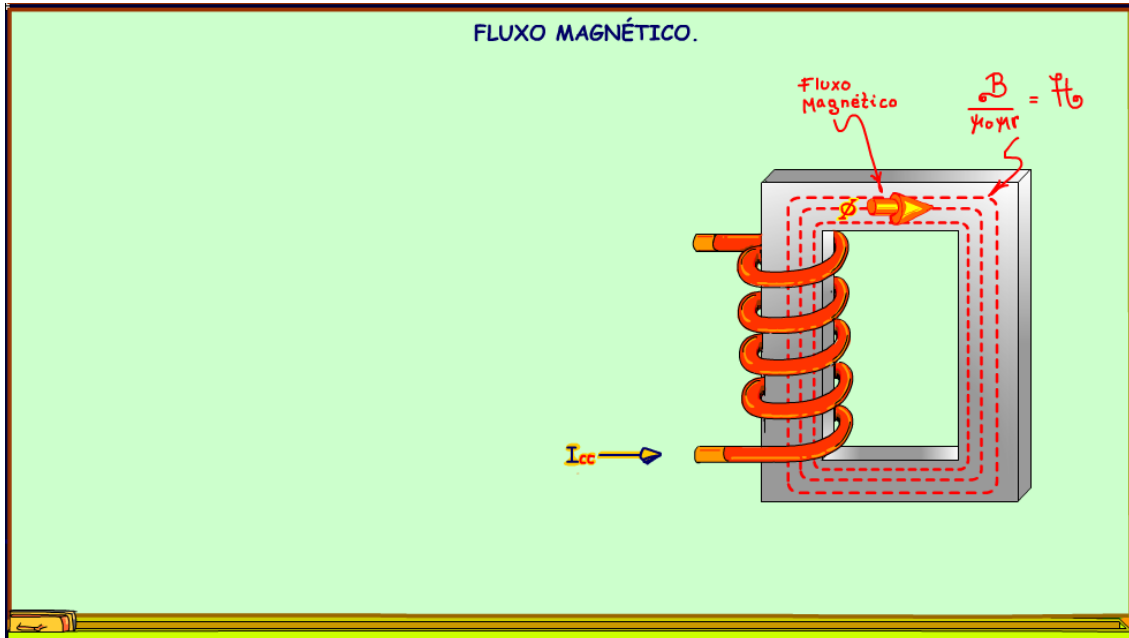


Figura 36

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Você pode imaginar o fluxo como sendo um fluxo de energia que se desloca, como um fluido por dentro do núcleo.

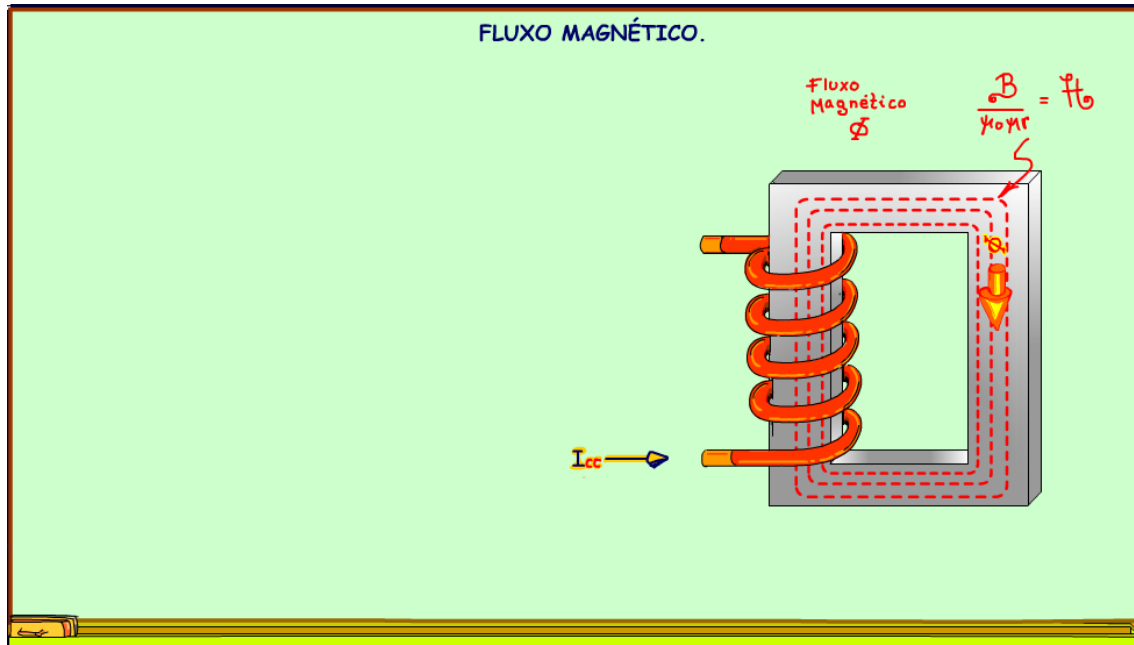


Figura 37

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Como a corrente elétrica em um condutor, a corrente elétrica é um fluxo de cargas elétricas.

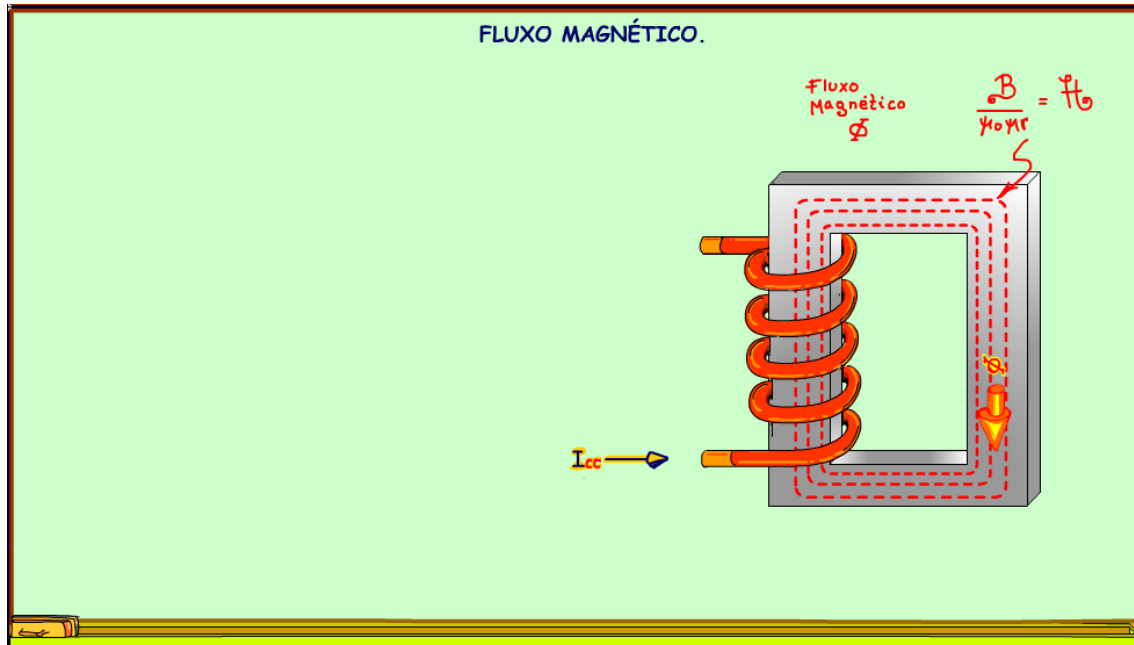


Figura 38

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Aqui é um fluxo de campo de indução magnética.

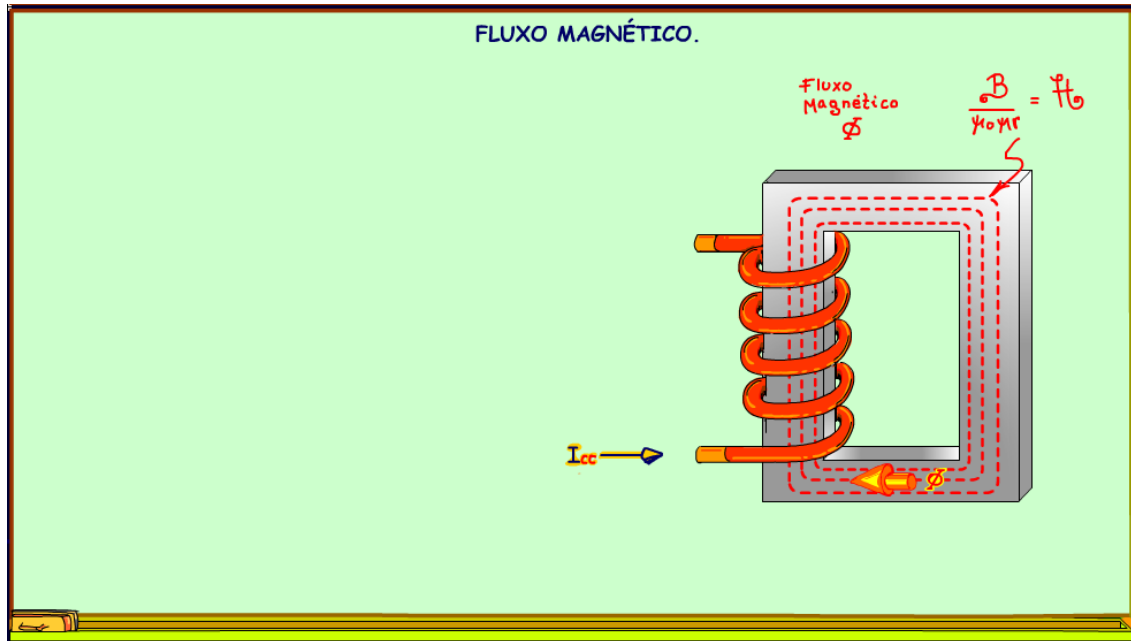


Figura 39

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Assim como a corrente elétrica é o número de cargas que cruzam a seção reta de um condutor.



Figura 40

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

No eletromagnetismo o fluxo magnético conta o número de linhas do campo indução magnética que cruza a seção reta do núcleo.

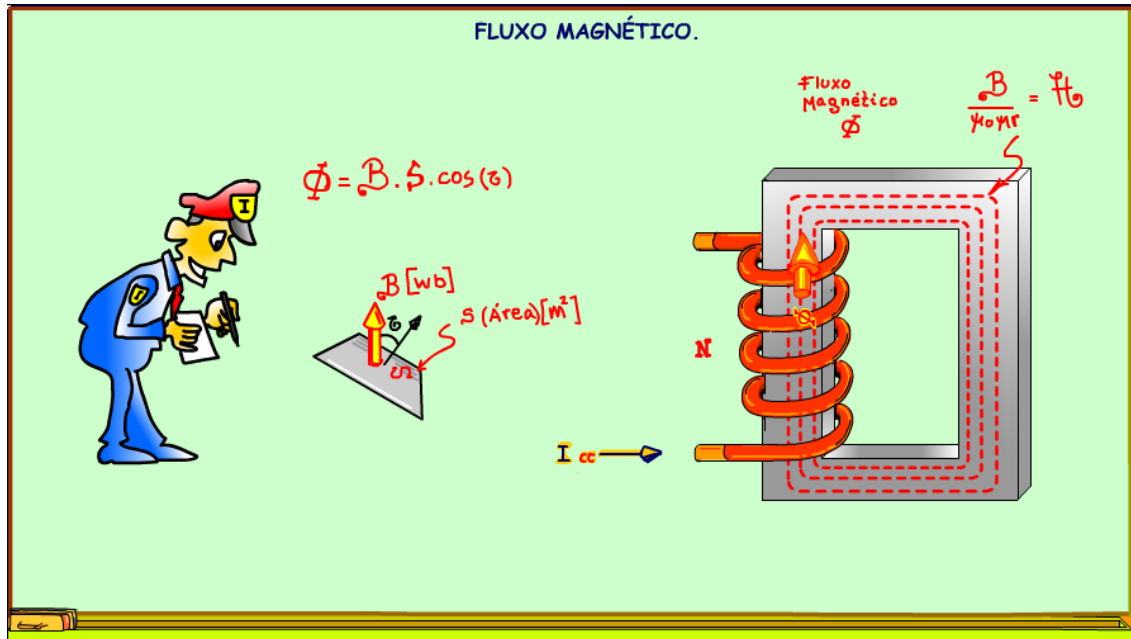


Figura 41

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Esse cosseno é para o caso do fluxo não ser perpendicular a superfície.

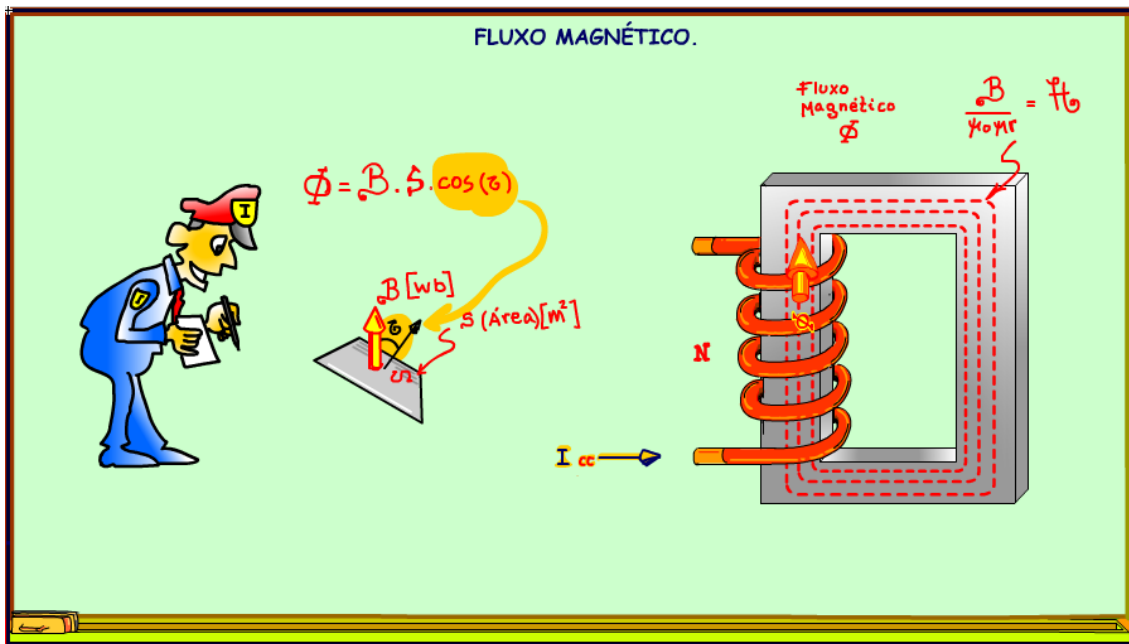


Figura 42

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Se o campo for perpendicular, não precisa multiplicar pelo cosseno do ângulo, é o caso dos núcleos que estamos estudando.

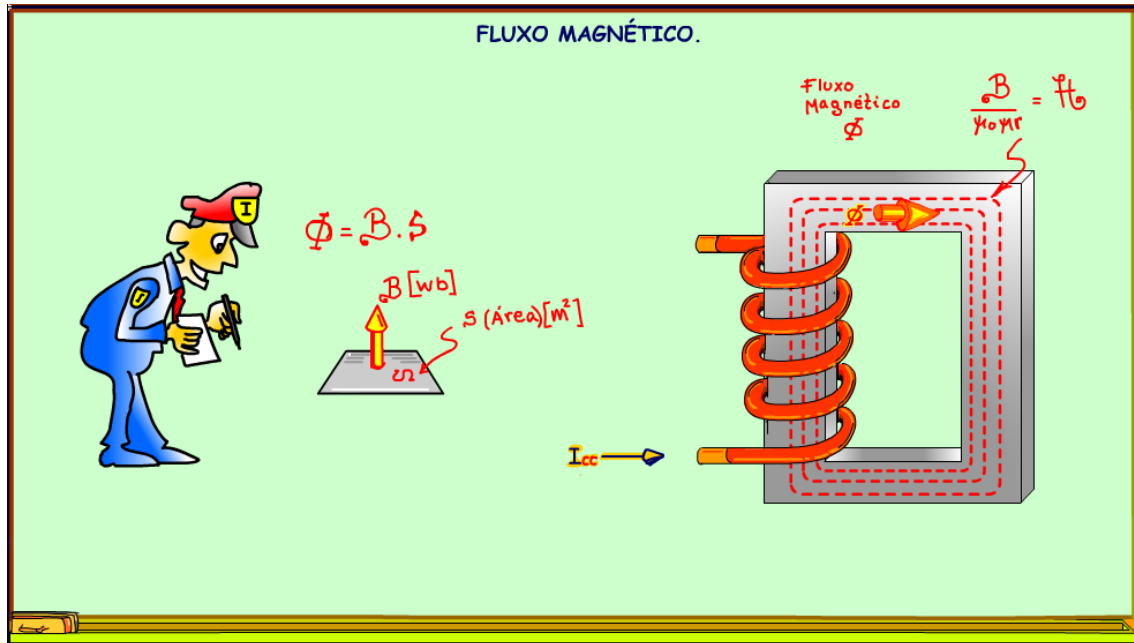


Figura 43

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Essa é a equação do fluxo, é o produto do campo indução magnética pela área da seção reta do núcleo.

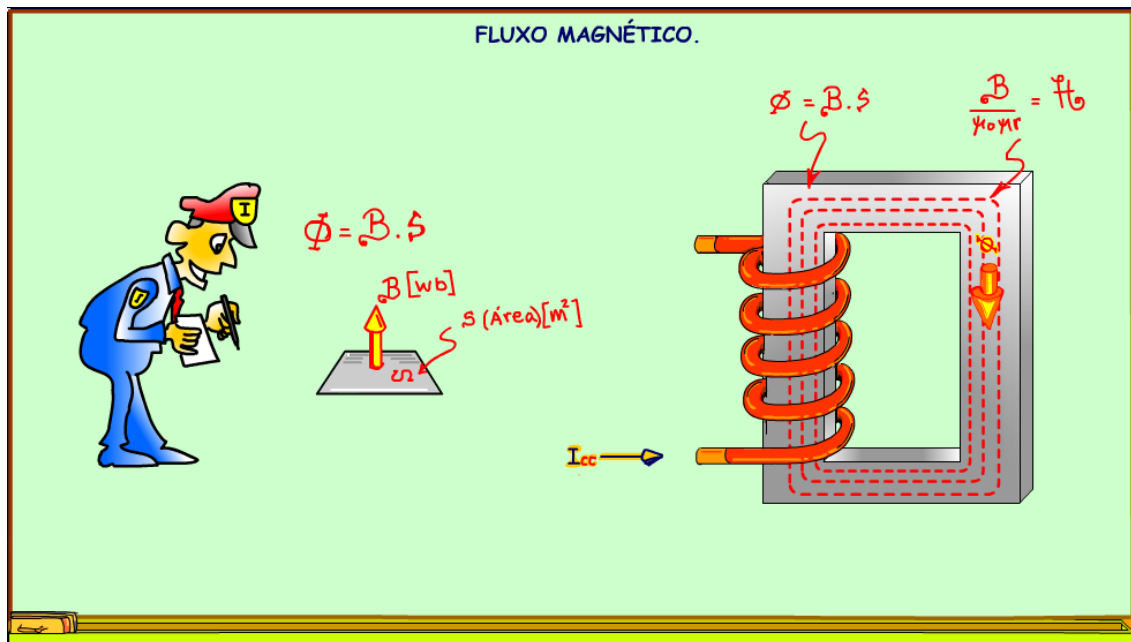


Figura 44

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A unidade é o weber.

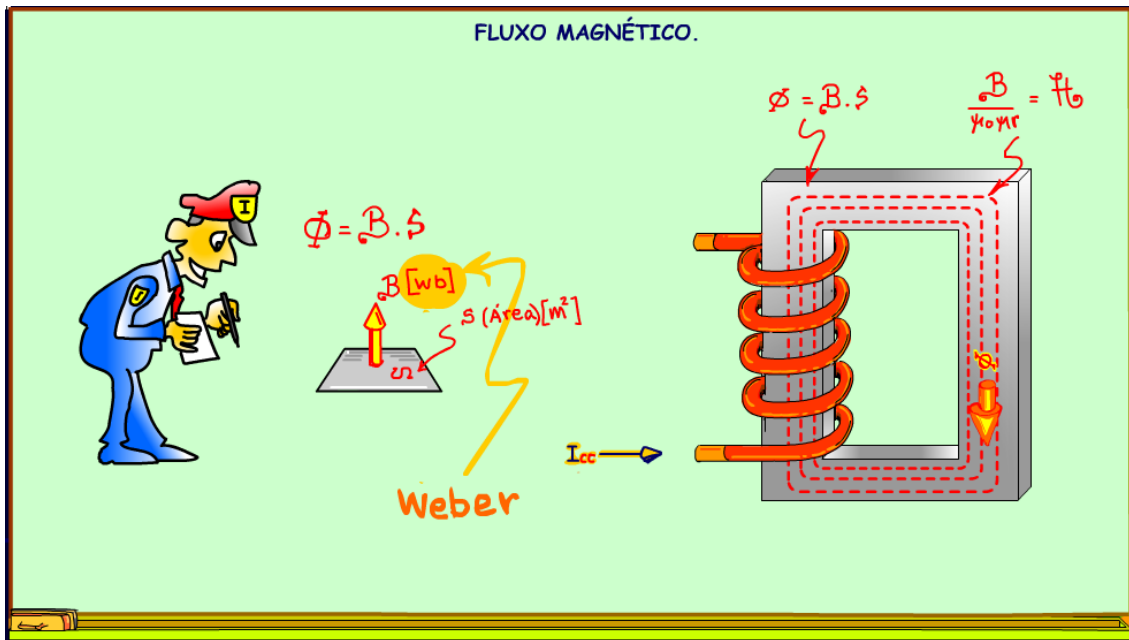


Figura 45

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Por isso esse tipo de abordagem é chamado de circuito magnético.

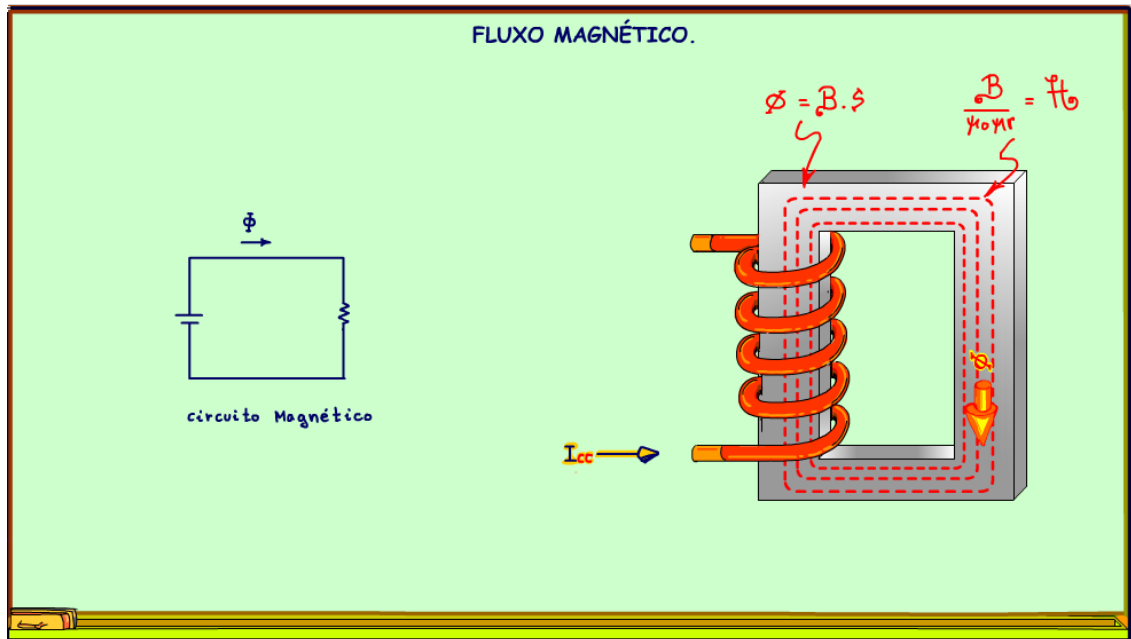


Figura 46

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Nesse circuito magnético a corrente é o fluxo magnético.

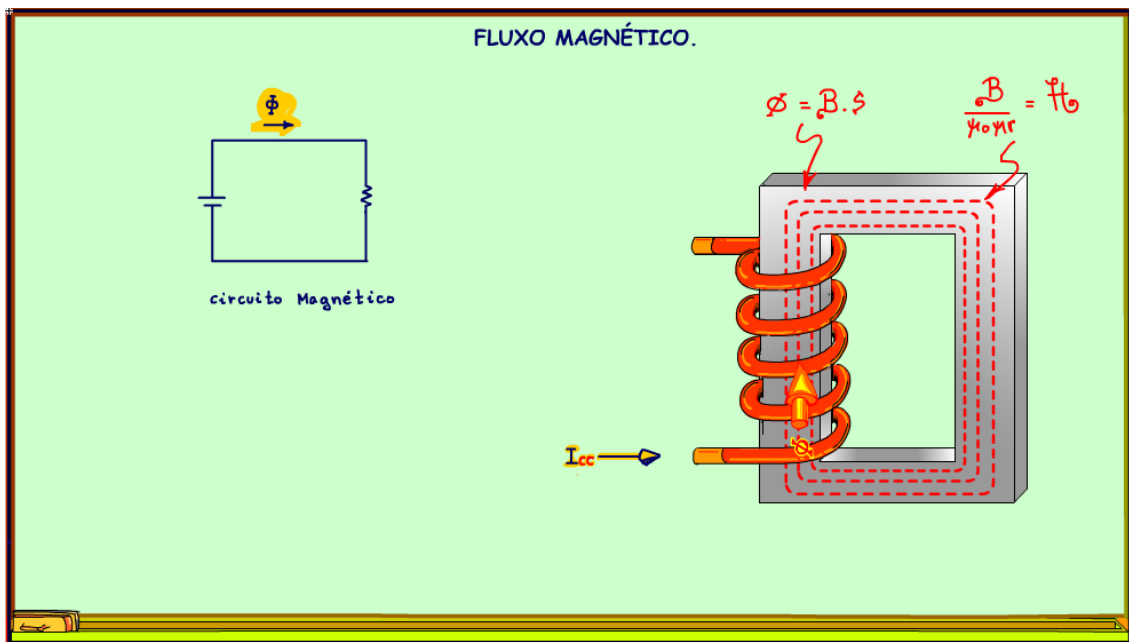


Figura 47

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Então, quanto maior a seção reta do núcleo, a área do núcleo, mais intenso vai ser o fluxo magnético.

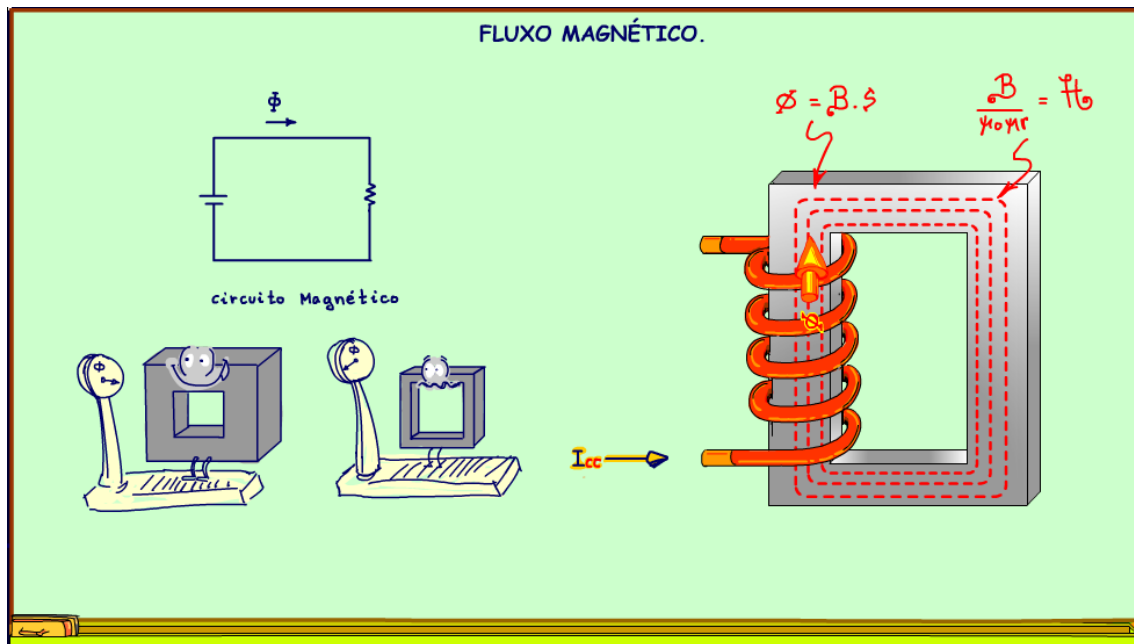


Figura 48

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Quando trabalhamos com eletromagnetismo é importante conhecer a equação da Lei de Ampère escrita em função do fluxo.

Essa é a Lei de Ampère inicial, ela diz que a corrente gera um campo magnético.

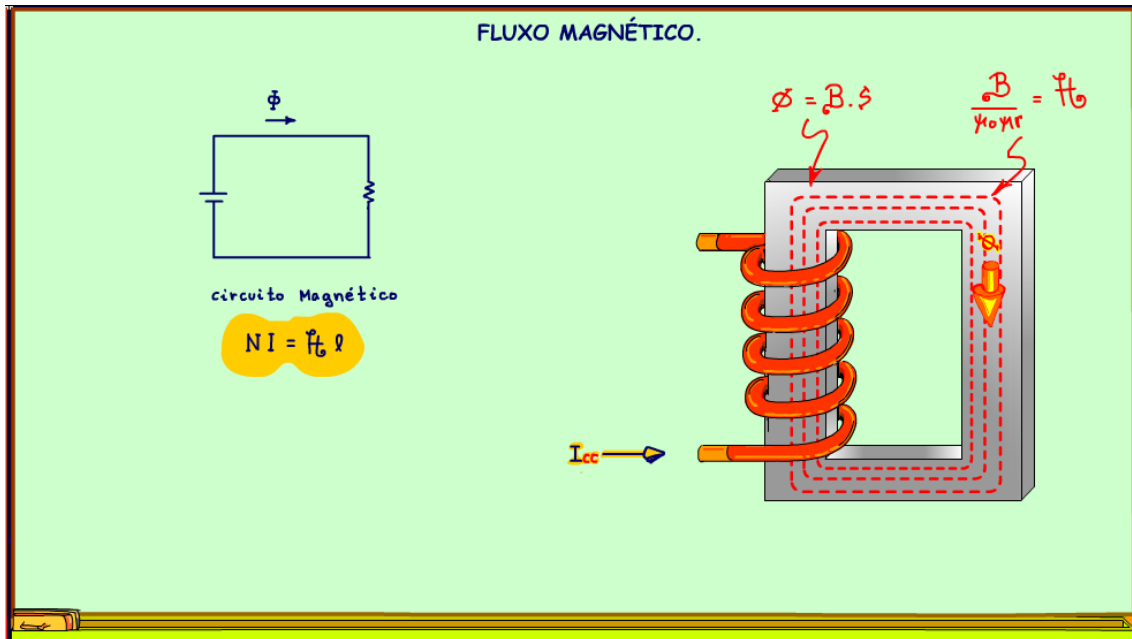


Figura 49

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

No núcleo de ferro o campo magnético é concentrado e se transforma no campo indução magnética, a permeabilidade magnética relativa descreve a influência do núcleo.

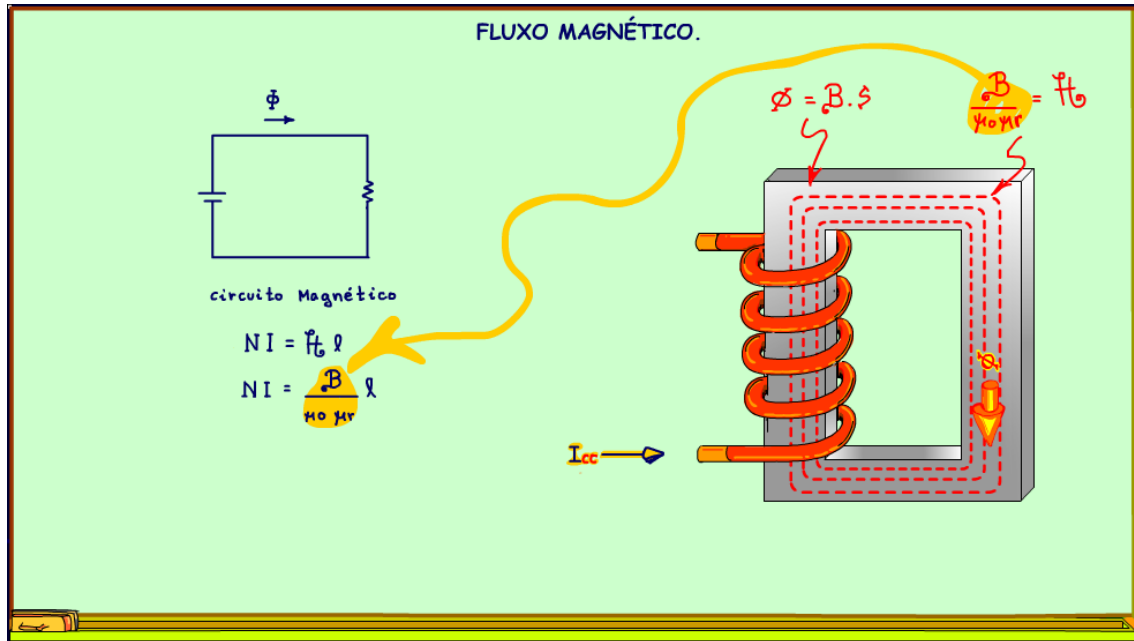


Figura 50

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Agora é só pegar o fluxo magnético em função do campo indução magnética e trazer para a equação.

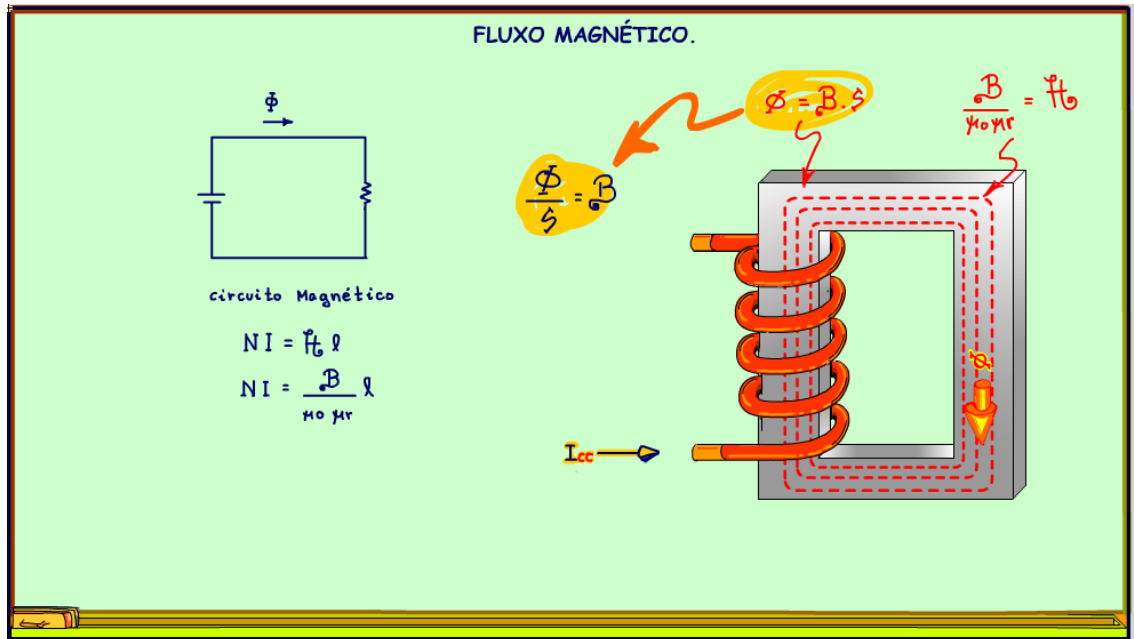


Figura 51

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Substituindo o fluxo no lugar da indução magnética, pronto, temos a lei de ampère como é tratada no eletromagnetismo.

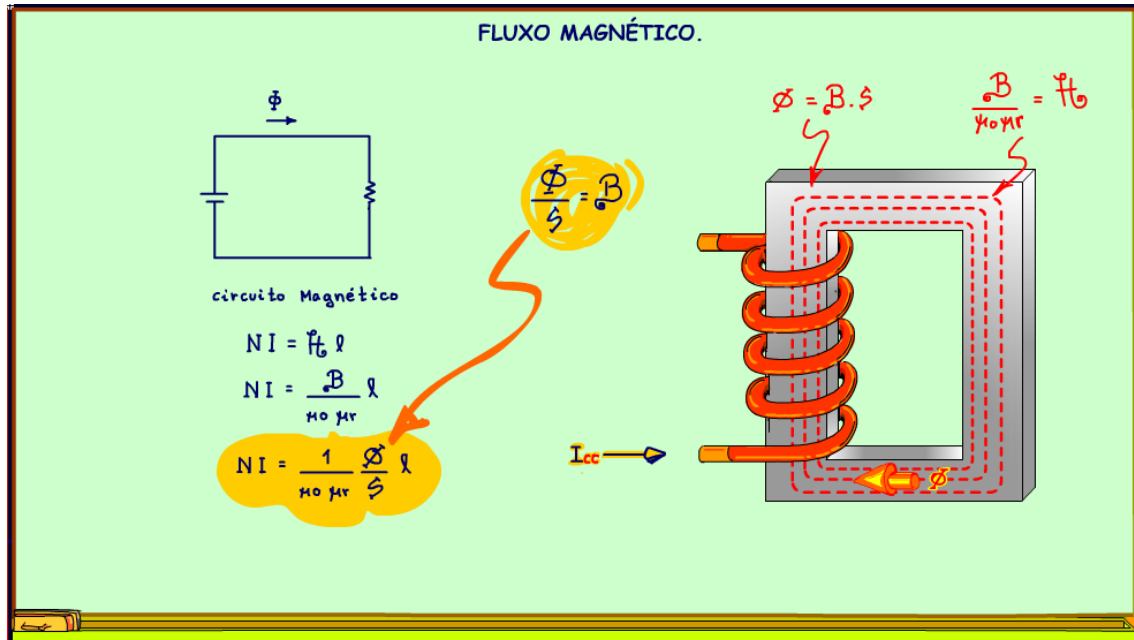


Figura 52

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

E chegamos na Lei de Ampère como é tratada para fazer máquinas elétricas, transformadores e tudo mais, se você entendeu tudo até aqui parabéns!

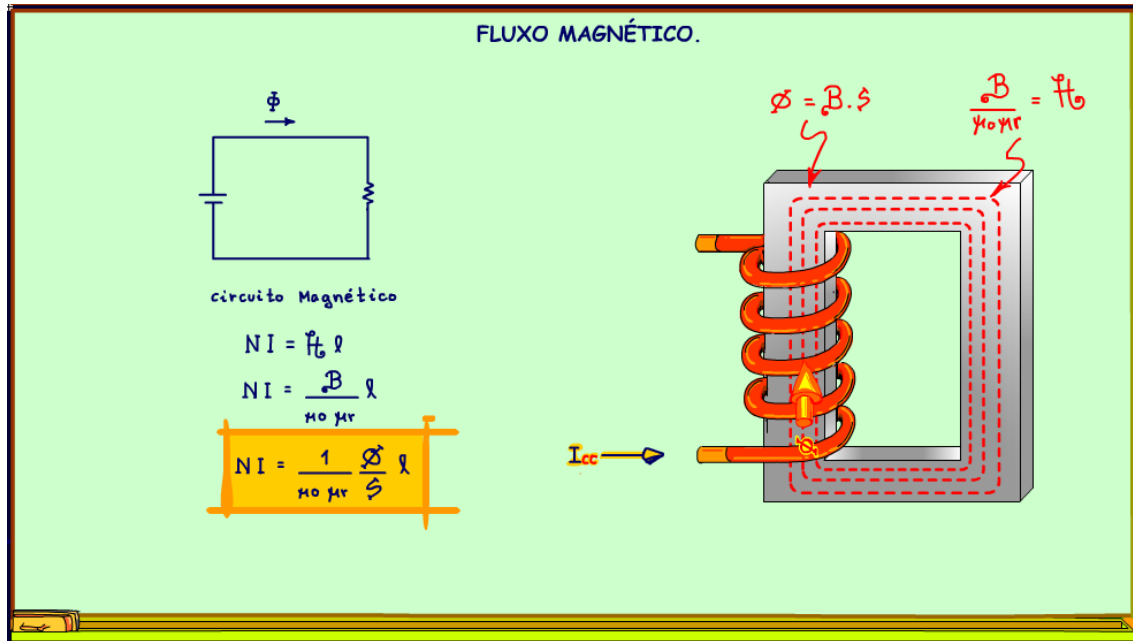


Figura 53

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Mas na prática, em aplicações em corrente contínua e até ac, o núcleo não é fechado, ele é aberto, ali vai ser colocado a armadura do solenóide, o rotor do motor etc.

Veja como a abertura do núcleo muda tudo.

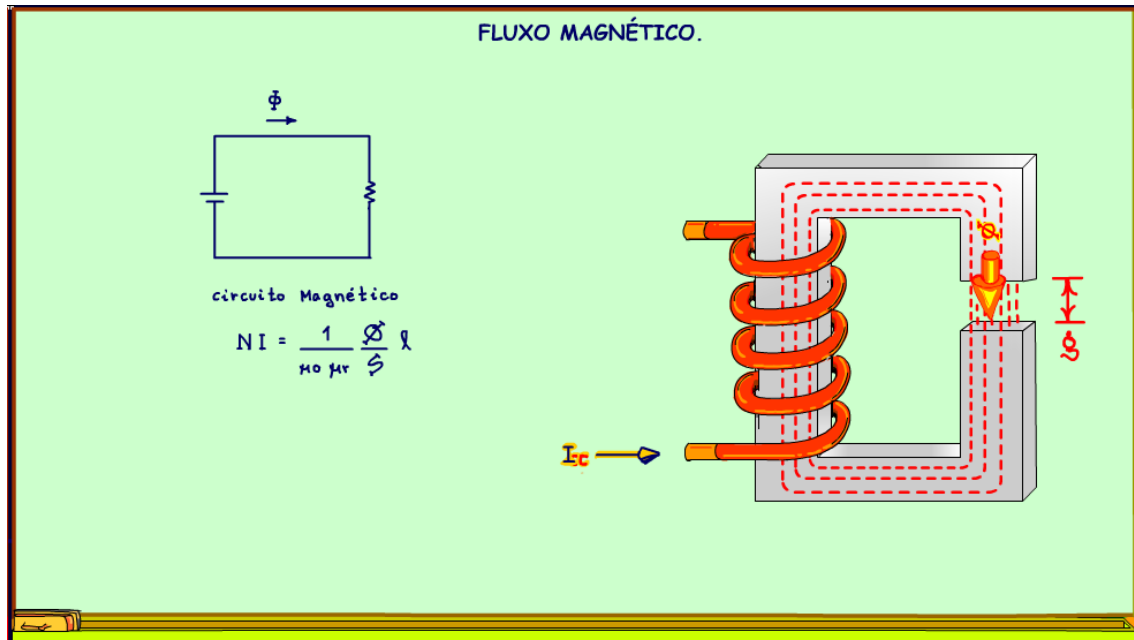


Figura 54

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Essa abertura se for pequena é chamada de gap e o fluxo magnético é constante dentro gap, isso é o fluxo que estava dentro do núcleo de ferro é o mesmo no gap.

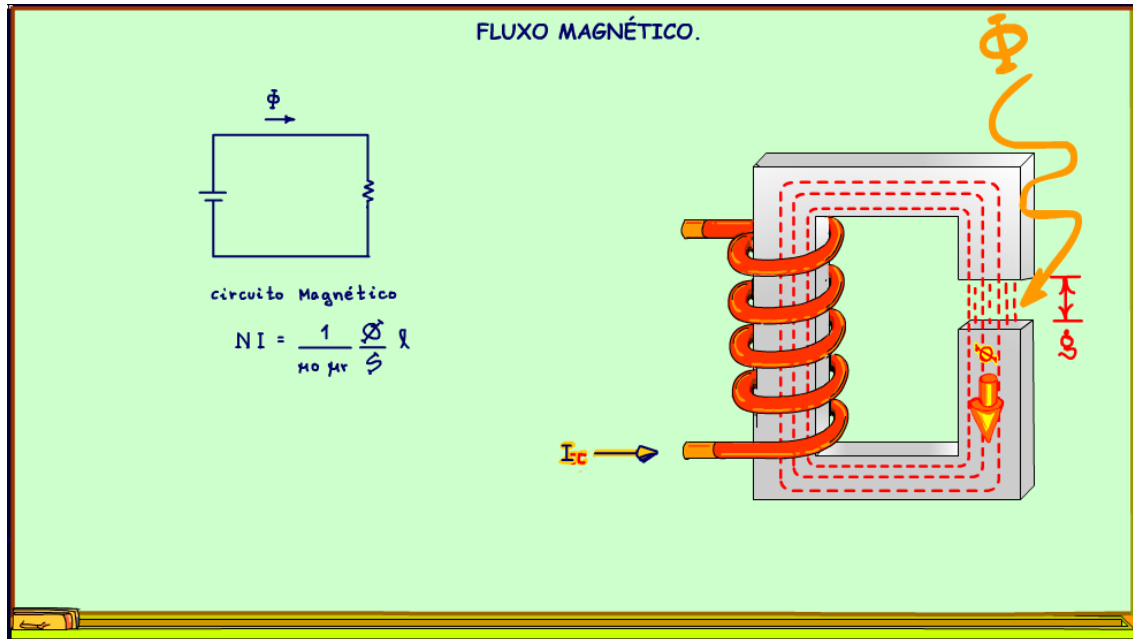


Figura 55

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Se o gap for muito grande o fluxo se dispersa, e as equações precisam ser ajustadas, mas isso você vai ver no momento apropriado.

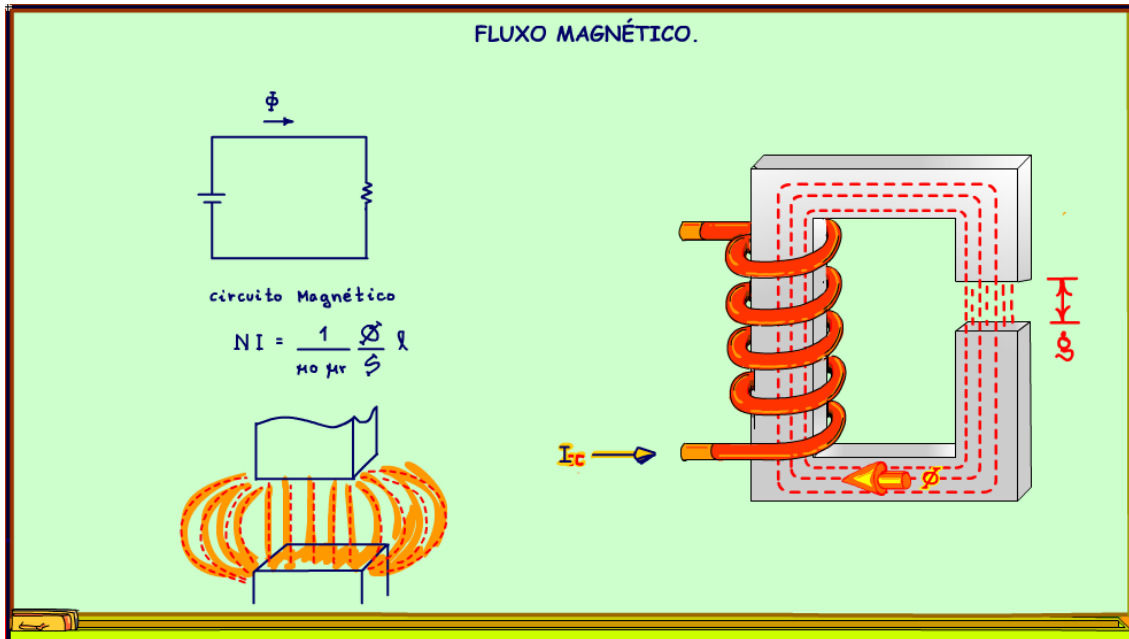


Figura 56

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Note que o gap altera o nosso circuito magnético, agora têm duas regiões com permeabilidades diferentes, o núcleo e o gap, então a Lei de Ampère deve ser ajustada.

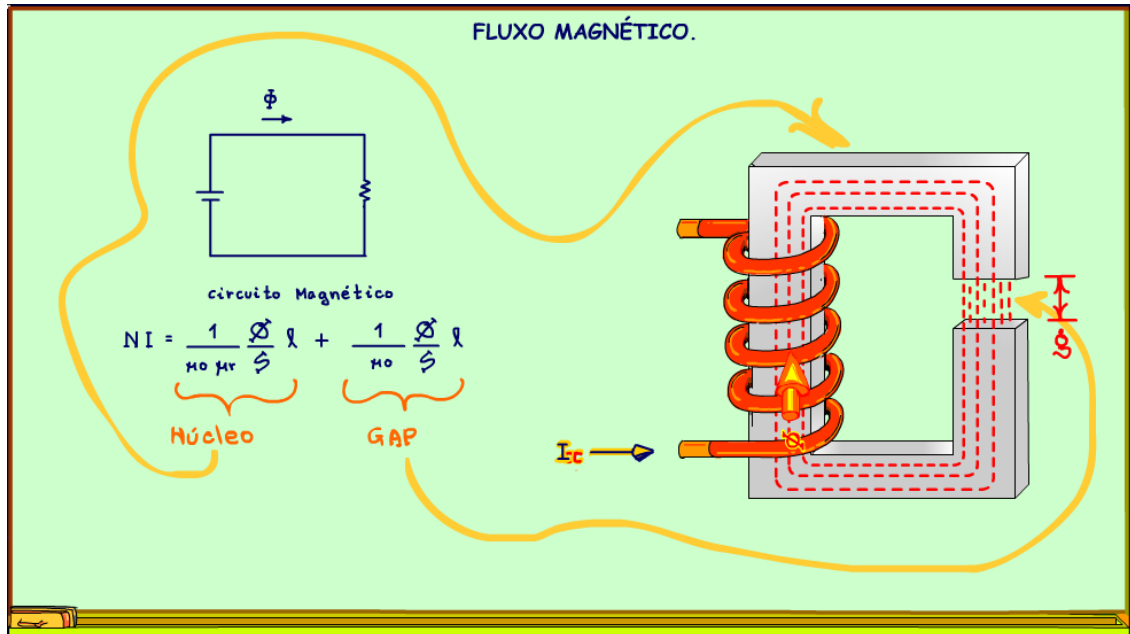


Figura 57

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O fluxo é constante é o mesmo ao longo de todo o circuito, então pode ser colocado em evidência, isso vai ser importante.

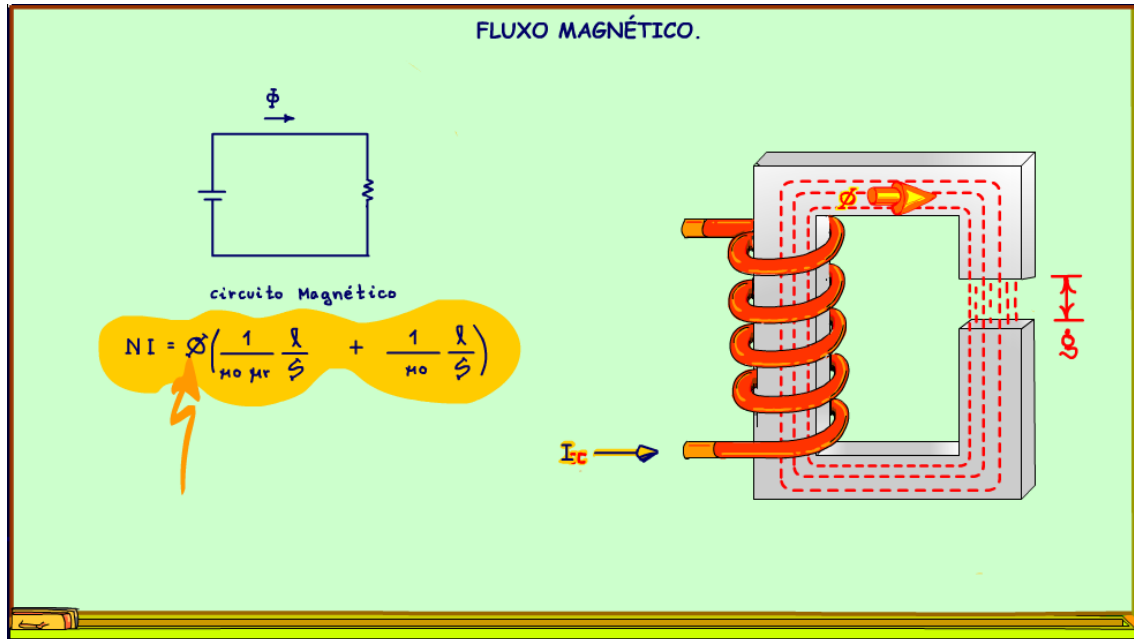


Figura 58

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

1.7 RELUTÂNCIA MAGNÉTICA

As parcelas entre parênteses são chamadas de relutâncias magnéticas, é uma espécie de resistência do circuito magnético.

Então existem nesse circuito magnético duas relutâncias em série, a do núcleo e a do gap.

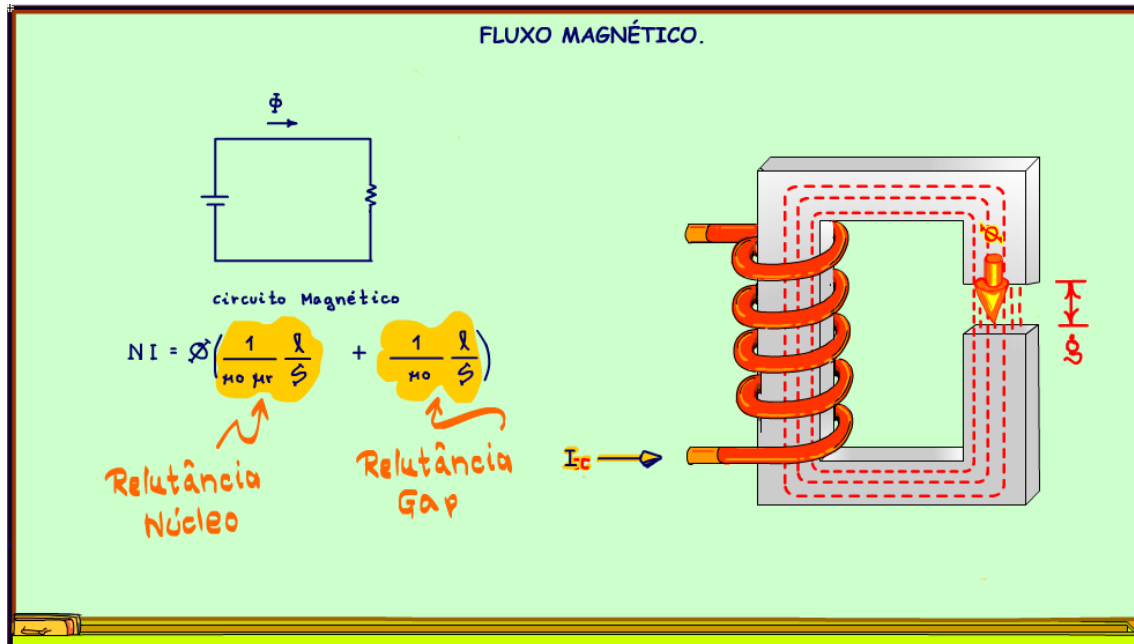


Figura 59

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A relutância é descrita por essa letra "R", similar a resistência nos circuitos elétricos.

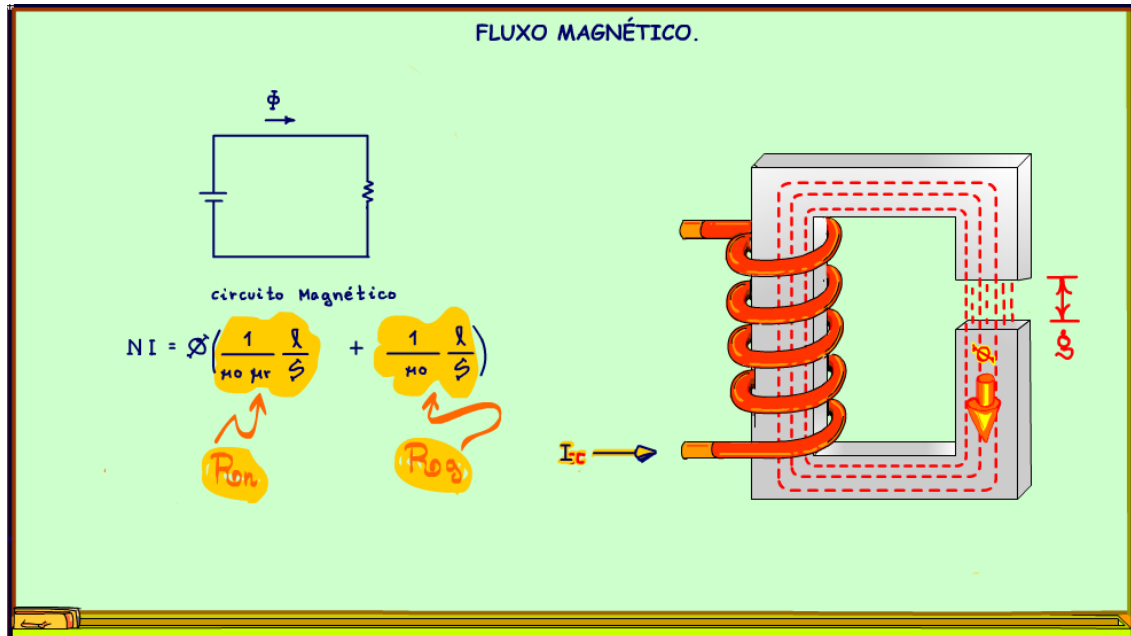


Figura 60

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A unidade é meio estranha, segundo Fitzgerald, no seu livro máquinas elétricas, que é a base desse trabalho, a unidade é Henry na menos um.

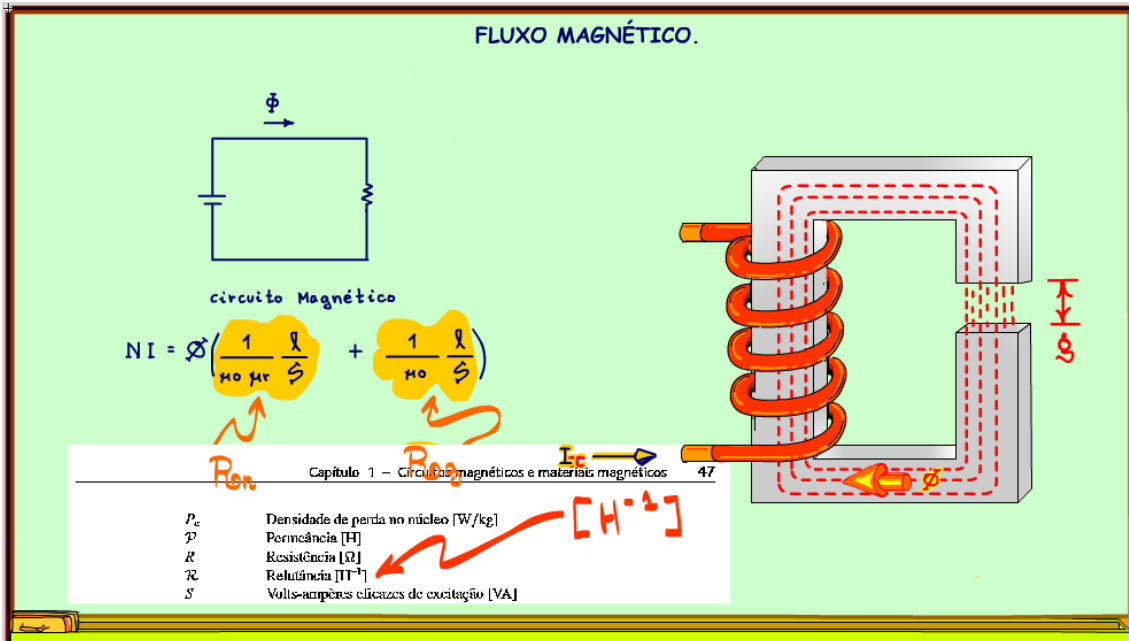


Figura 61

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Agora observe que o termo da permeabilidade magnética do núcleo é muito grande, então, a relutância do núcleo é muito pequena em relação ao gap.

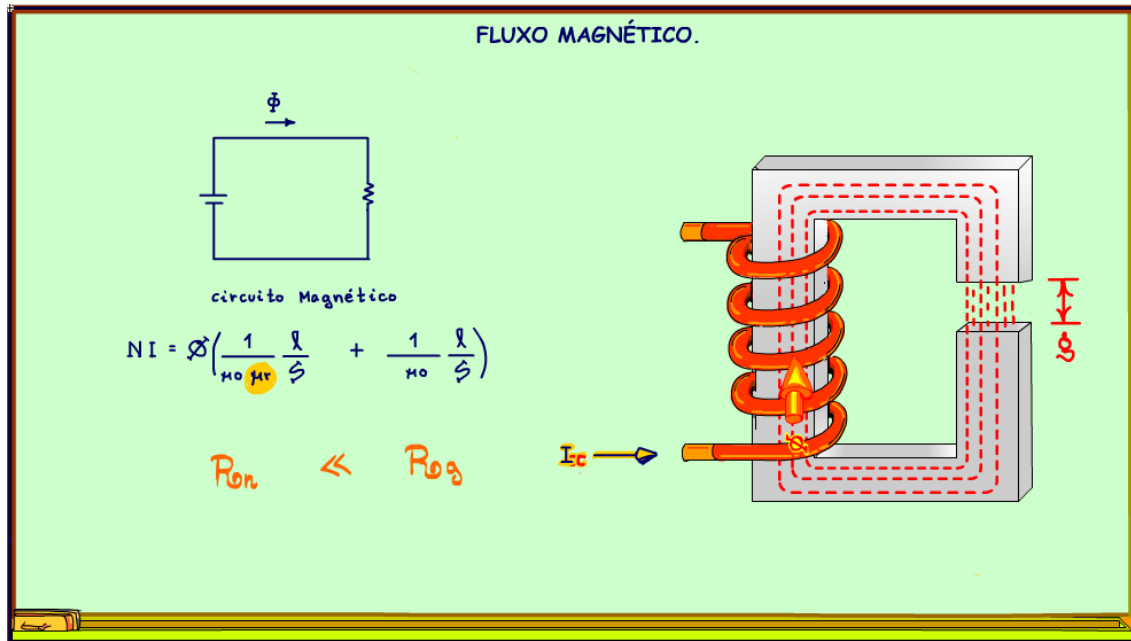


Figura 62

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Tão pequena que pode ser desprezada, tudo isso porque o gap não tem núcleo ferroso só ar.

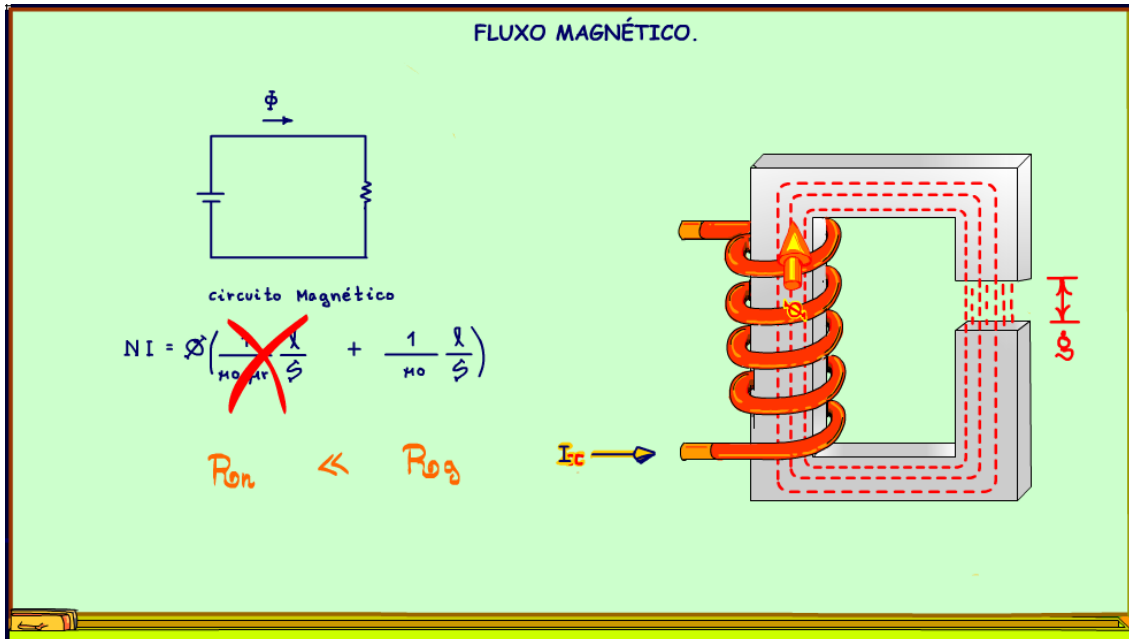


Figura 63

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Então, a equação do nosso circuito magnético fica bem mais simplificada.

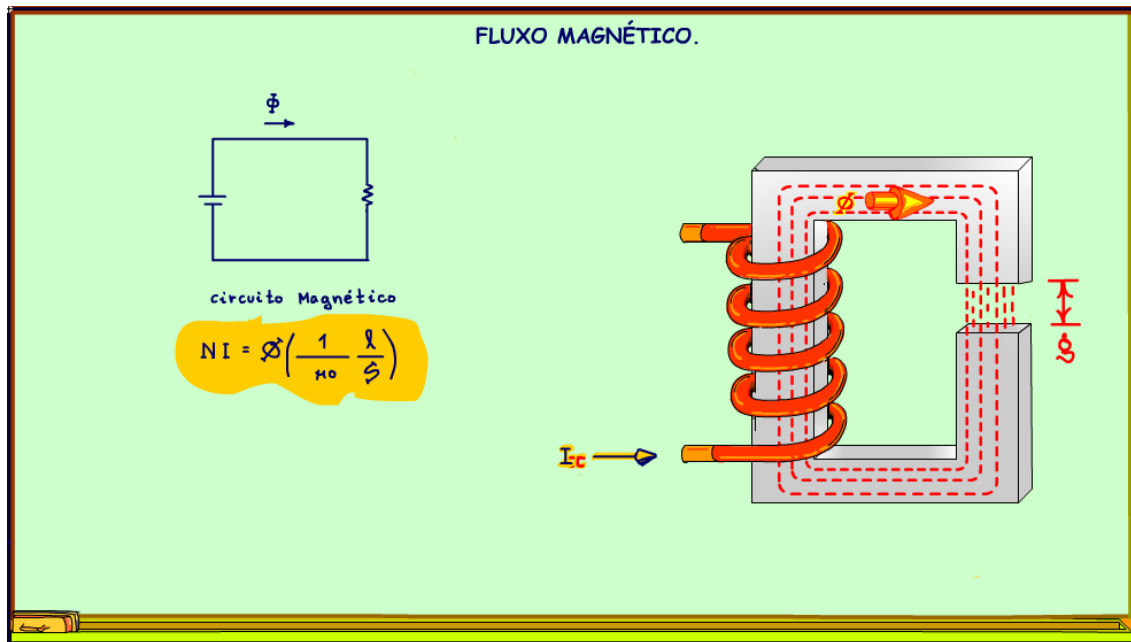


Figura 64

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

1.8 O CIRCUITO MAGNÉTICO.

Agora o nosso circuito magnético pode ser escrito como um circuito elétrico, onde a corrente é o fluxo e a resistência é a relutância.

Aí fica mais fácil para nós eletrônicos, não é mesmo?

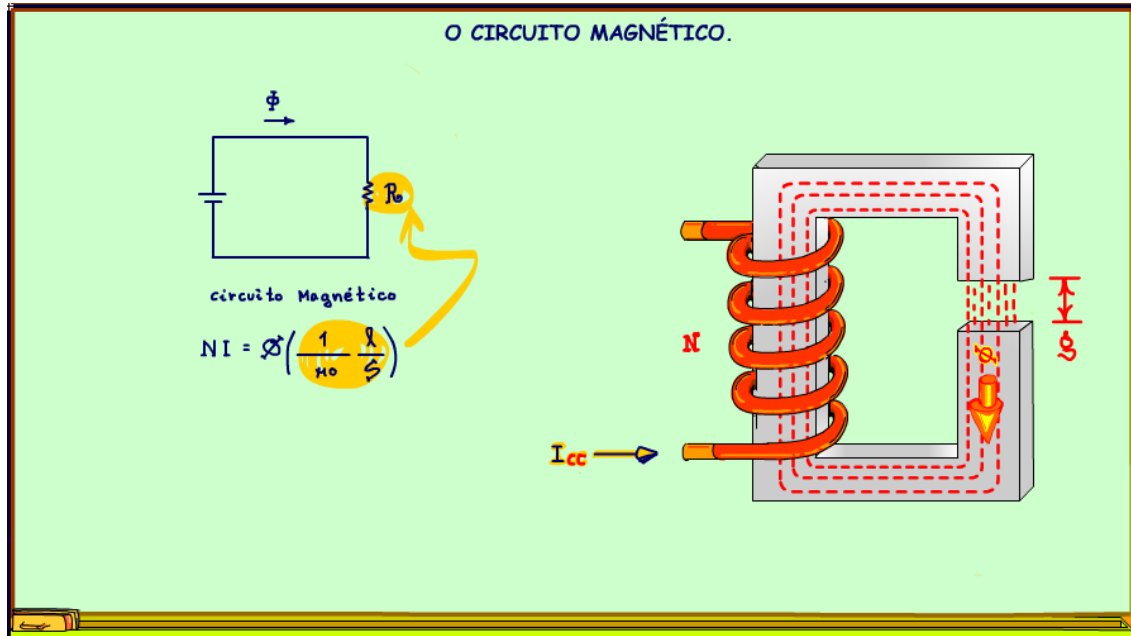


Figura 65

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O termo NI é chamado de força magneto motriz FMM e representa a fonte de energia elétrica a fonte de tensão no nosso circuito magnético.

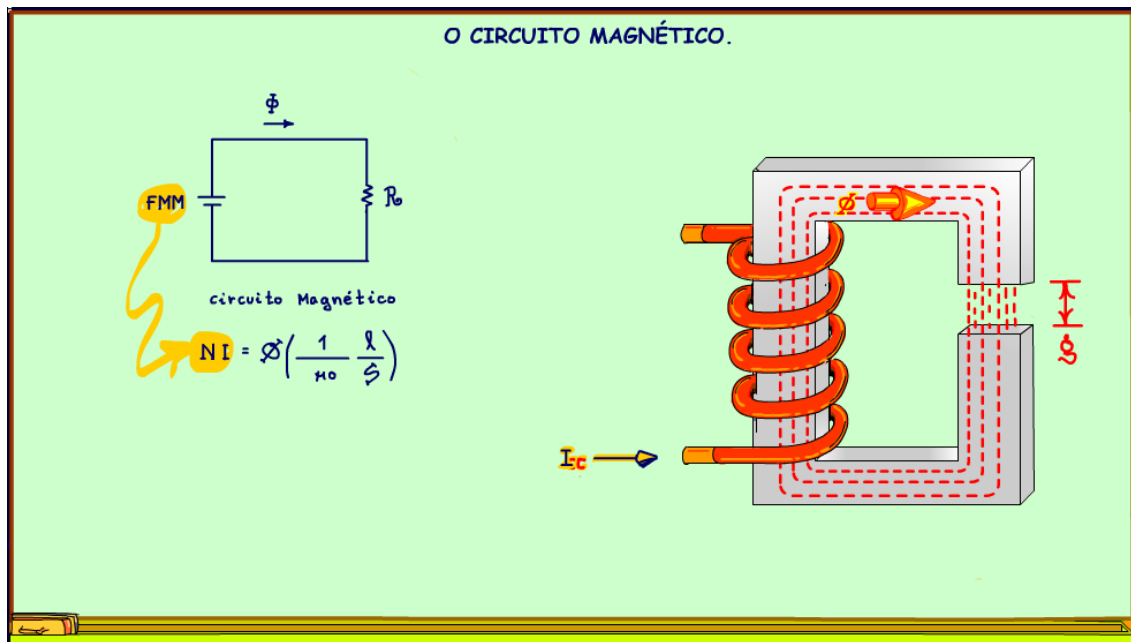


Figura 66

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A unidade de força magneto motriz é Ampère, muito estranho não é mesmo?

Uma fonte de tensão com a unidade Ampère!

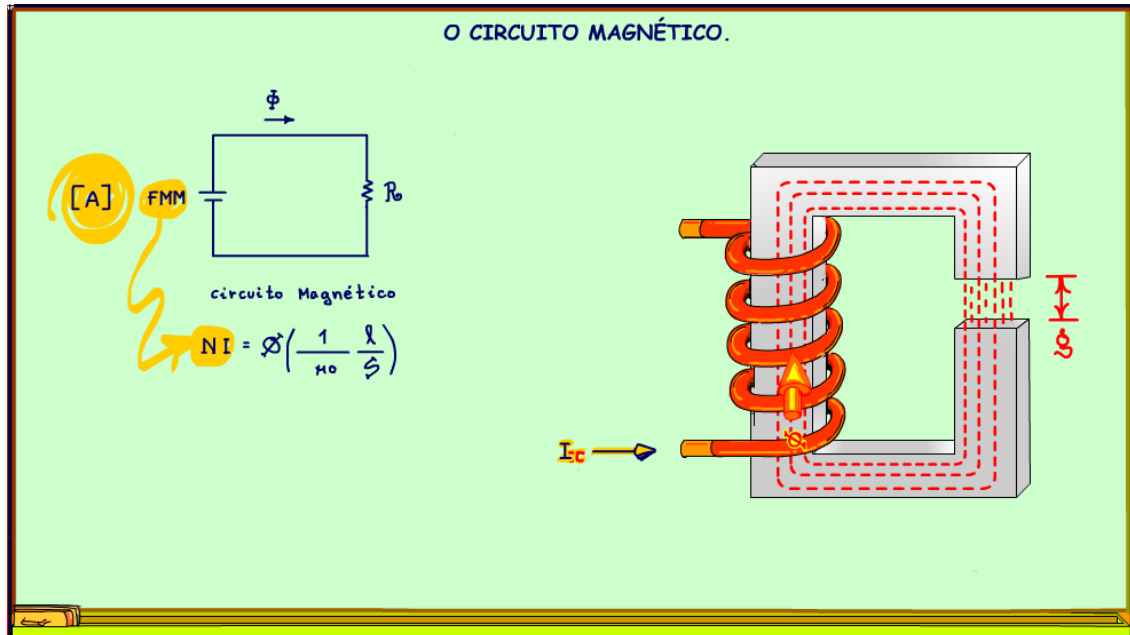


Figura 67

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Pronto, esse é o nosso circuito magnético, onde o condutor elétrico é o núcleo de ferro, relutância praticamente zero.

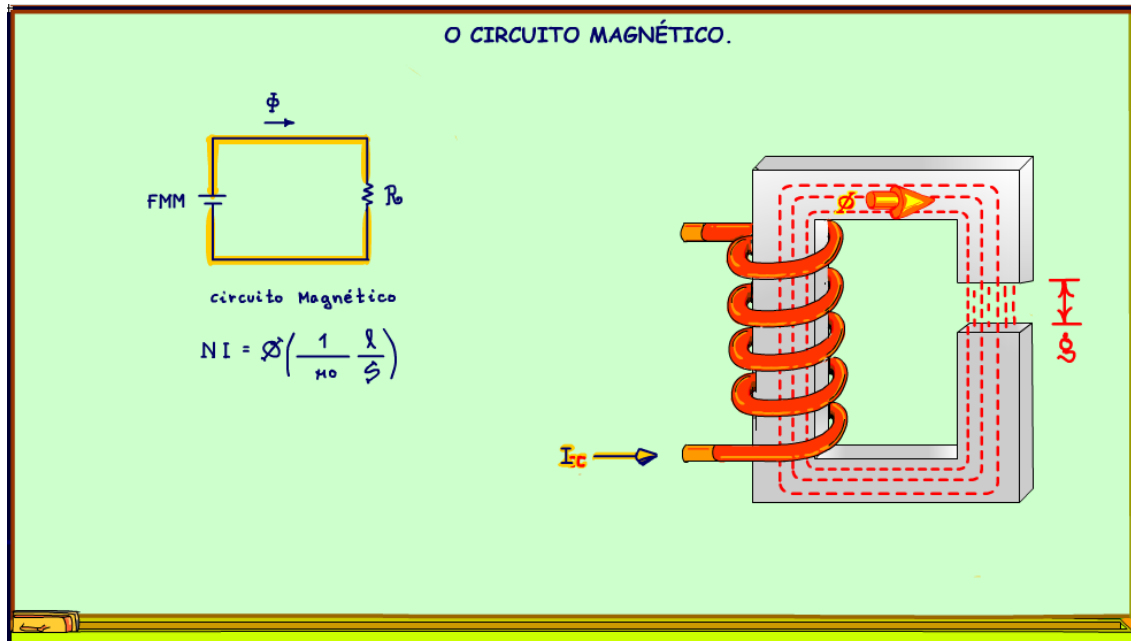


Figura 68

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A corrente é representada pelo fluxo magnético, a força magneto motriz empurra a corrente para o circuito.

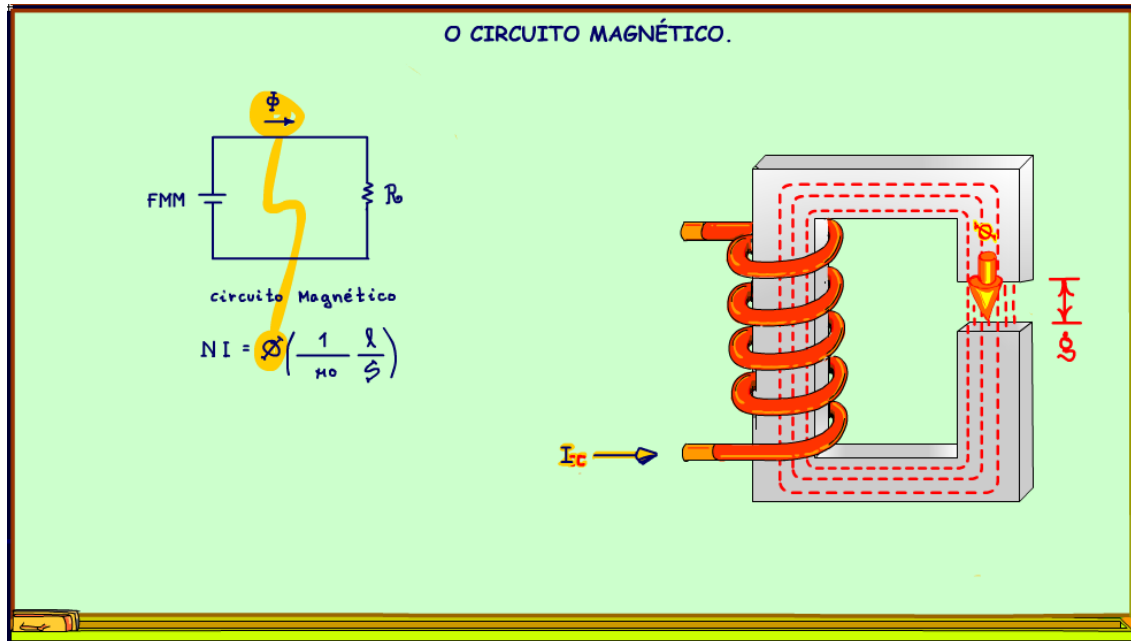


Figura 69

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

E a resistência representa a relutância que é função das características do gap, largura, área e permeabilidade.

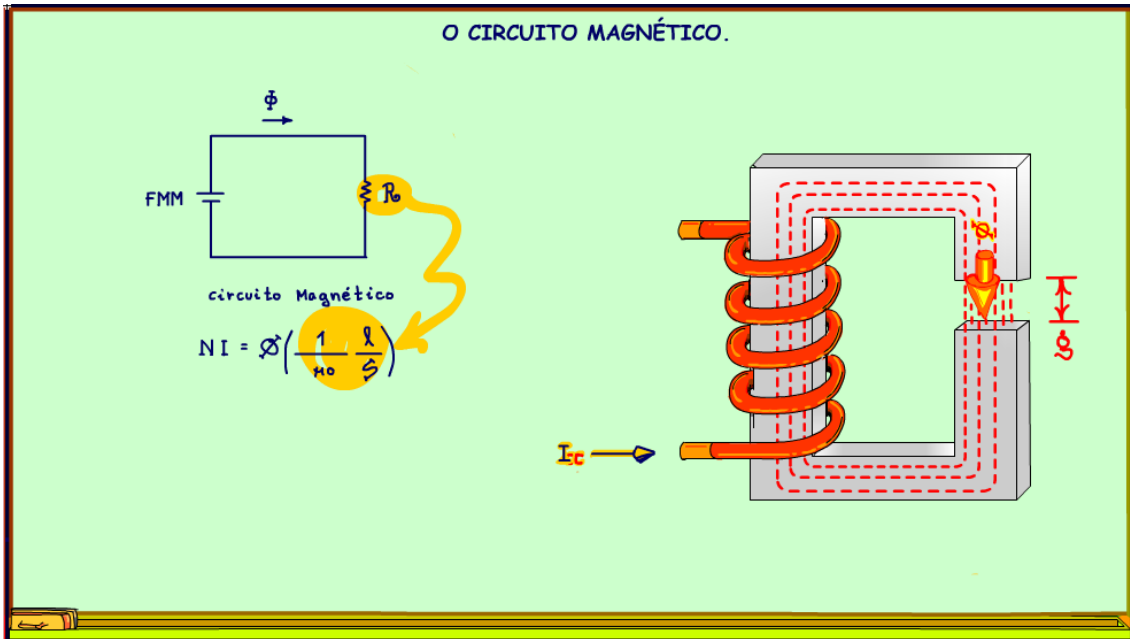


Figura 70

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

E agora o melhor de tudo.

A relutância tem a função de limitar, controlar a intensidade do fluxo magnético, exatamente como a resistência serve para limitar a corrente no circuito elétrico.

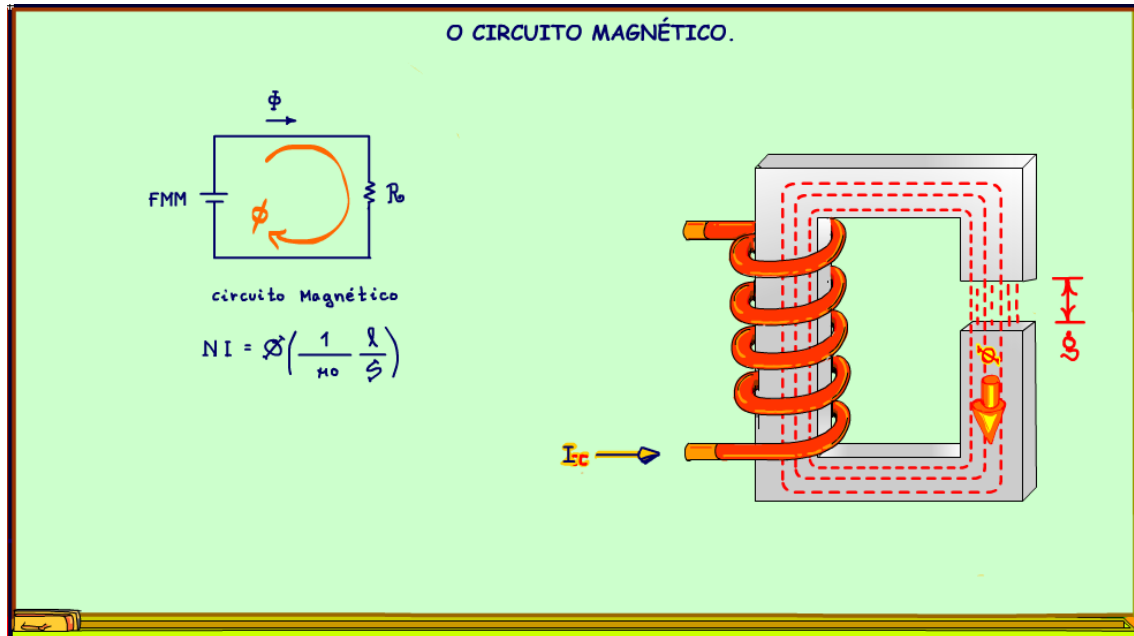


Figura 71

1.9 EXEMPLO.

Vamos fazer um exemplo para liquidar com a questão.

Esse exemplo está no famoso livro do Fitzgerald, que eu estudei lá na década de oitenta no século passado.

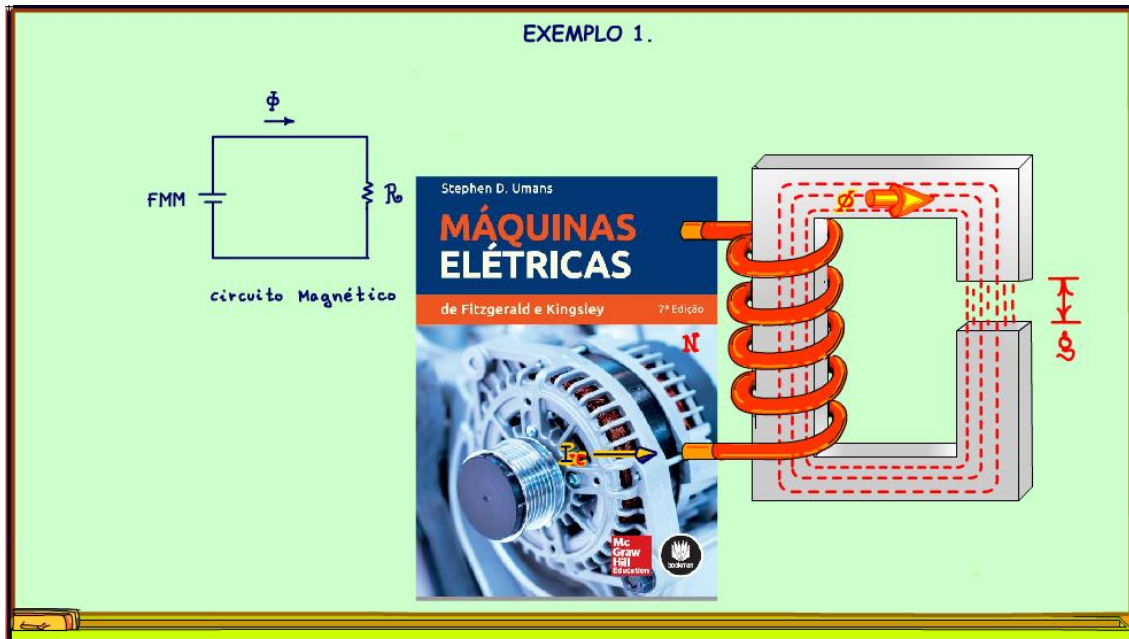


Figura 72

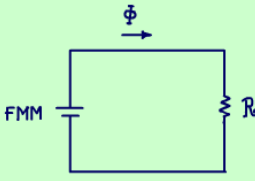
Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?

Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?
Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1T$
 $g = 0,05cm$
 $S = 9cm^2$

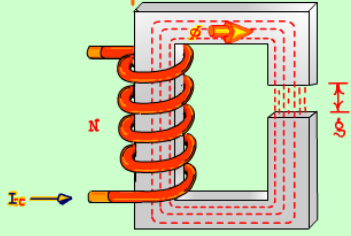


Figura 73

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

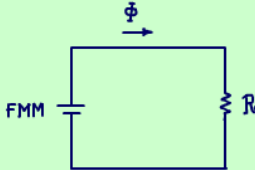
Veja a solução:

Como a relutância do núcleo é muito grande, ela pode ser desprezada, são os condutores do nosso circuito elétrico.

Primeiro vou calcular a relutância do gap.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla? Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1T$
 $g = 0,05cm$
 $S = 9cm^2$

$$R_{g_s} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \cdot \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}}$$

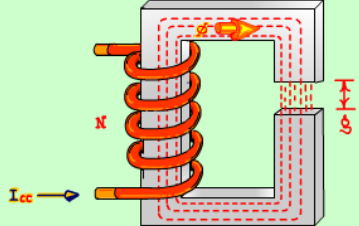


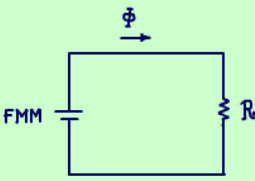
Figura 74

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O comprimento do gap é de 0,05 cm, uma fenda bem estreita, cuidado com a unidade, tudo deve ser escrito em metros.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla? Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1\text{T}$
 $g = 0,05\text{cm}$
 $S = 9\text{cm}^2$

$$R_{\text{gap}} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \cdot \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}}$$

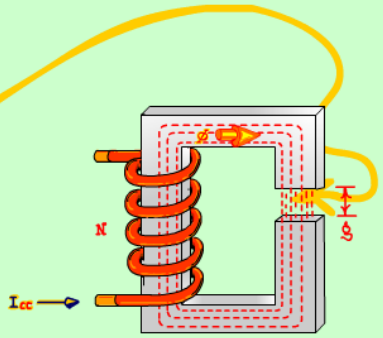


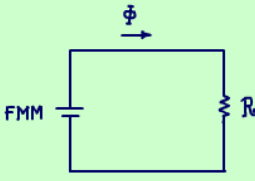
Figura 75

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

A área do núcleo é de 9 cm quadrados, olha a unidade deve ser metros também.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?
 Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1T$
 $g = 0,05cm$
 $S = 9cm^2$

$$R_{lg} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}}$$

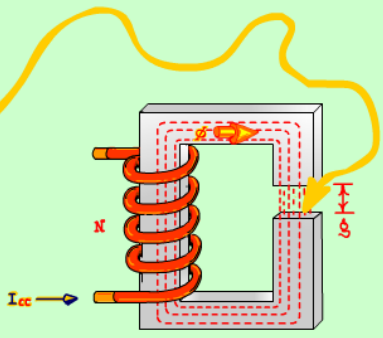


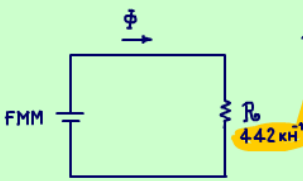
Figura 76

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Calculando dá 442 097 Henry na menos um, equivale a uma resistência de 442 K, parece um circuito elétrico viu como é fácil.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla? Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1T$
 $g = 0,05cm$
 $S = 9cm^2$

$$R_{g_s} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \cdot \frac{0,05cm}{9cm^2} = 442 kH^{-1}$$

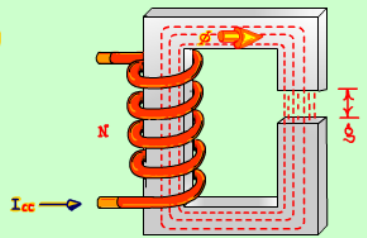


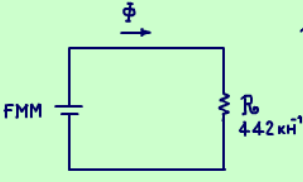
Figura 77

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Agora vou calcular o fluxo, a corrente do circuito, no caso é dado a indução magnética, então tem que calcular como descrito na figura, campo vezes a área, e note que a área está na unidade metros.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?
 Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1T$
 $g = 0,05cm$
 $S = 9cm^2$

$$R_{b_g} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \cdot \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 442 kH^{-1}$$

$$\phi = B \cdot S = 1T \cdot 9 \cdot 10^{-4} m^2 = 9 \cdot 10^{-4} Wb$$

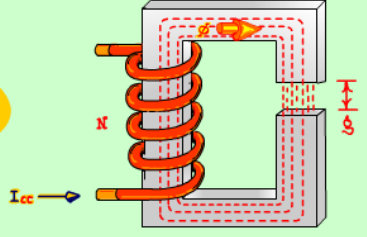


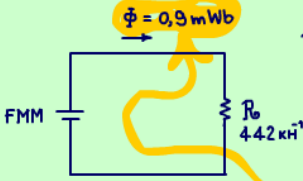
Figura 78

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O fluxo é igual 0,9 mWb, é melhor escrever nessas escalas como é feito nos circuitos elétricos, mA, kohm.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?
 Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1\text{T}$
 $g = 0,05\text{cm}$
 $S = 9\text{cm}^2$

$$R_{0g} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 442\text{ kH}^{-1}$$

$$\phi = B \cdot S = 1\text{T} \cdot 9 \cdot 10^{-4}\text{m}^2 = 9 \cdot 10^{-4}\text{ Wb}$$

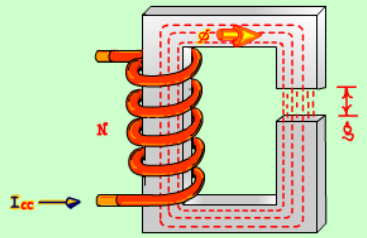


Figura 79

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

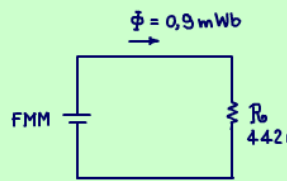
Agora é só usar lei de OHM para achar a tensão, a Força Magneto Motriz.

O fluxo vezes a relutância, note que eu mantive as unidades similar a um circuito elétrico mA e K OHM, tudo bem familiar.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?
 Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!

$\Phi = 0,9 \text{ mWb}$



circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1 \text{ T}$
 $g = 0,05 \text{ cm}$
 $S = 9 \text{ cm}^2$

$$R_{b_g} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 442 \text{ kH}^{-1}$$

$$\Phi = B \cdot S = 1 \text{ T} \cdot 9 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

$FMM = \Phi \cdot R_b = 0,9 \text{ m} \cdot 442 \text{ k}$

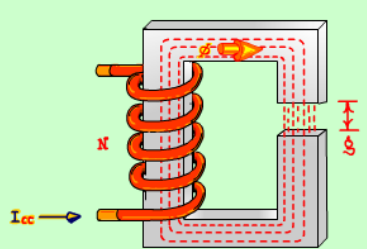


Figura 80

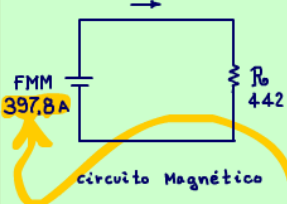
Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

O produto dá 397,8 A, veja que estranho a tensão magnética, a força magnetomotriz é dada em ampères.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?
 Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!

$\Phi = 0,9 \text{ mWb}$



FMM
397,8 A

$R_b = 442 \text{ kH}^{-1}$

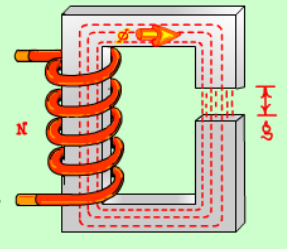
circuito Magnético

$N = 500$
 $B_m = 1 \text{ T}$
 $g = 0,05 \text{ cm}$
 $S = 9 \text{ cm}^2$

$$R_{b_g} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 442 \text{ kH}^{-1}$$

$$\Phi = B \cdot S = 1 \text{ T} \cdot 9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\text{FMM} = \Phi \cdot R_b = 0,9 \text{ m} \cdot 442 \text{ k} = 397,8 \text{ A}$$



I_{cc}

Figura 81

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

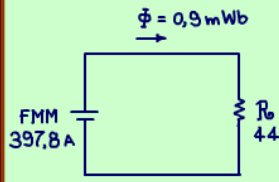
Mas cuidado, essa é a força magneto motriz não a corrente no circuito, para achar a corrente tem que dividir pelo número de espiras.

A corrente na bobina deverá ser de 0,79A para gerar um campo de 1T, muito simples não é mesmo.

EXEMPLO 1.

1) No circuito magnético da figura encontre a corrente que irá gerar um campo de indução magnética de 1 Tesla?
 Considere a relutância do núcleo igual a 70000, o número de espiras igual a 500, a espessura do gap igual a 0,05cm e a seção do núcleo igual a 9cm²!

$\Phi = 0,9 \text{ mWb}$



FMM = 397,8 A

$R_b = 442 \text{ kH}^{-1}$

circuito Magnético

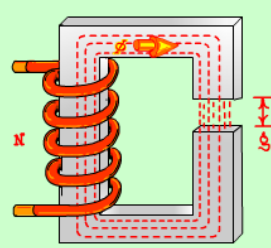
$N = 500$
 $B_m = 1 \text{ T}$
 $g = 0,05 \text{ cm}$
 $S = 9 \text{ cm}^2$

$R_{b_g} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \cdot \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 442 \text{ kH}^{-1}$

$\Phi = B_m \cdot S = 1 \text{ T} \cdot 9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$

FMM = $\Phi \cdot R_b = 0,9 \text{ m} \cdot 442 \text{ k} = 397,8 \text{ A}$

$FMM = N \cdot I_{cc} \Rightarrow I_{cc} = \frac{FMM}{N} = \frac{397,8 \text{ A}}{500} = 0,79 \text{ A}$



I_{cc}

Figura 82

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

1.10 EXEMPLO 2.

Pensando como um circuito fica fácil responder perguntas como.

2) Se eu diminuir a largura do gap pela metade 0,025 cm, qual o novo valor de corrente eu devo ajustar na bobina para manter o fluxo de 0,9mWb?

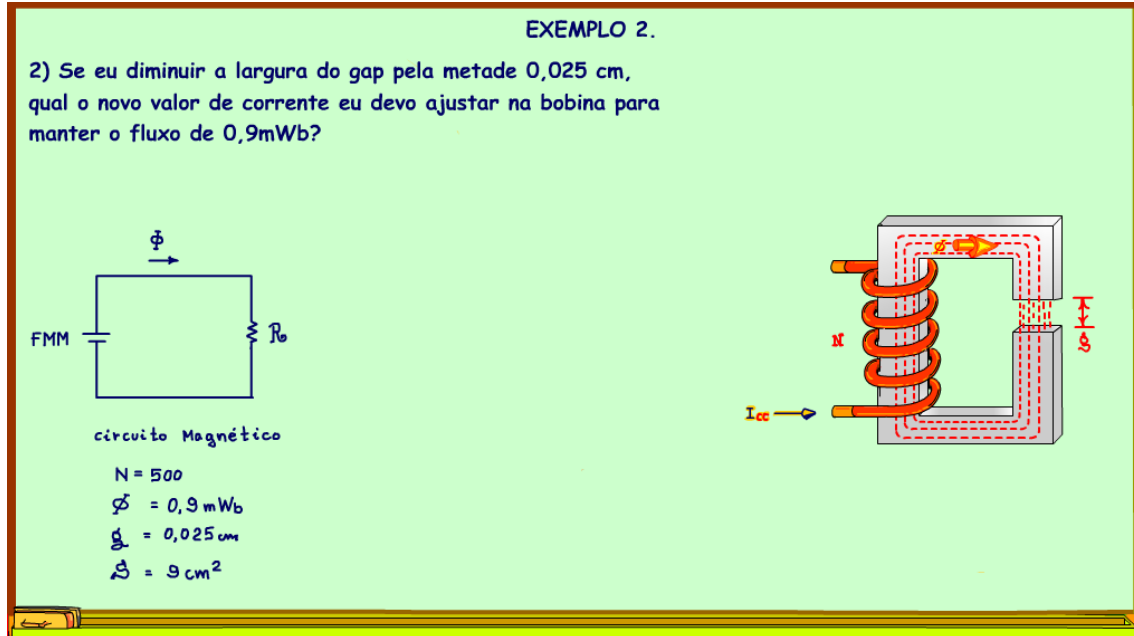


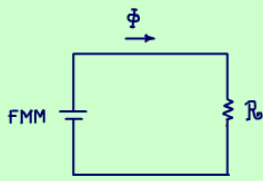
Figura 83

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Olhando como circuito fica fácil, diminuir o gap significa diminuir a relutância do circuito, a resistência a passagem do fluxo.

EXEMPLO 2.

2) Se eu diminuir a largura do gap pela metade 0,025 cm, qual o novo valor de corrente eu devo ajustar na bobina para manter o fluxo de 0,9mWb?



circuito Magnético

$N = 500$
 $\Phi = 0,9 \text{ mWb}$
 $g = 0,025 \text{ cm}$
 $S = 9 \text{ cm}^2$

$$R_{b_g} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{l}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \frac{0,025 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 221 \text{ kH}^{-1}$$

$FMM = \Phi \cdot R_b = 0,9 \text{ m} \cdot 221 \text{ k} = 198,9 \text{ A}$

$FMM = N \cdot I_{cc} \Rightarrow I_{cc} = \frac{FMM}{N} = \frac{198,9 \text{ A}}{500} = 0,395 \text{ A}$

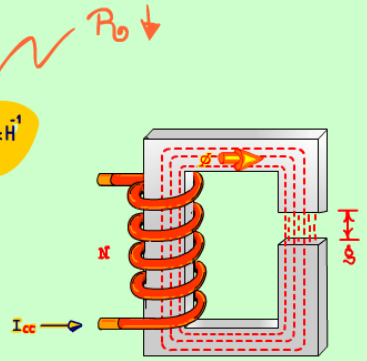


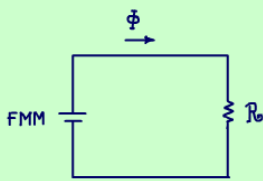
Figura 84

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Então, se a resistência diminui a tensão tem que diminuir para manter a mesma corrente, aqui a força magneto motriz tem que diminuir.

EXEMPLO 2.

2) Se eu diminuir a largura do gap pela metade 0,025 cm, qual o novo valor de corrente eu devo ajustar na bobina para manter o fluxo de 0,9mWb?



circuito Magnético

$N = 500$
 $\Phi = 0,9 \text{ mWb}$
 $g = 0,025 \text{ cm}$
 $S = 9 \text{ cm}^2$

$$R_{b_g} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \frac{0,025 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 221 \text{ kH}^{-1}$$

FMM ↓

$FMM = \Phi \cdot R_b = 0,9 \text{ m} \cdot 221 \text{ k} = 198,9 \text{ A}$

$$FMM = N \cdot I_{cc} \Rightarrow I_{cc} = \frac{FMM}{N} = \frac{198,9 \text{ A}}{500} = 0,395 \text{ A}$$

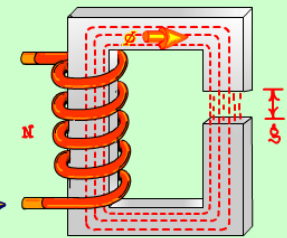


Figura 85

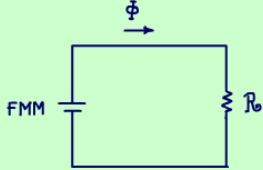
Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Se o número de espiras da bobina não mudar, você vai precisar alimentar essa bobina com menos corrente!

Agora parece que tudo ficou bem claro.

EXEMPLO 2.

2) Se eu diminuir a largura do gap pela metade 0,025 cm, qual o novo valor de corrente eu devo ajustar na bobina para manter o fluxo de 0,9mWb?

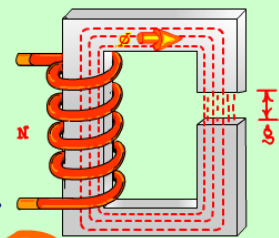


circuito Magnético

$N = 500$
 $\Phi = 0,9 \text{ mWb}$
 $g = 0,025 \text{ cm}$
 $S = 9 \text{ cm}^2$

$$R_{\text{gap}} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{g}{S} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} \frac{0,025 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-4}} = 221 \text{ kH}^{-1}$$

$$FMM = \Phi \cdot R_b = 0,9 \text{ m} \cdot 221 \text{ k} = 198,9 \text{ A}$$



$$FMM = N \cdot I_{cc} \Rightarrow I_{cc} = \frac{FMM}{N} = \frac{198,9 \text{ A}}{500} = 0,395 \text{ A}$$

Figura 86

1.11 CONCLUSÃO.

E aqui está o resumo de tudo que você precisa saber sobre eletromagnetismo para trabalhar com máquina DC.

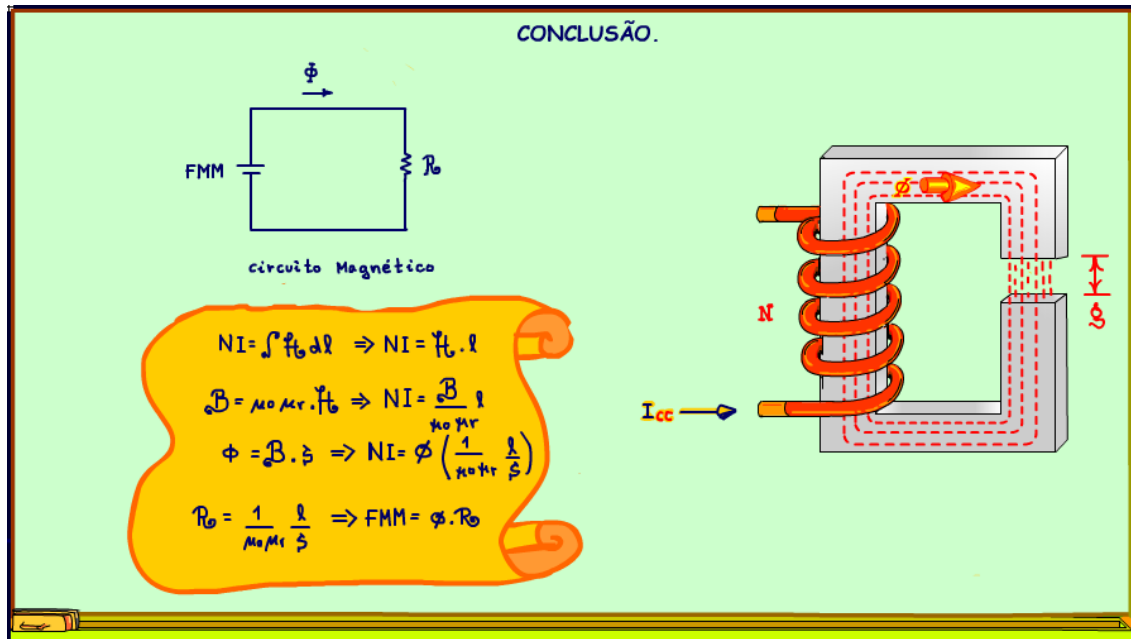


Figura 87

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Tudo começou lá na Lei de Ampère.

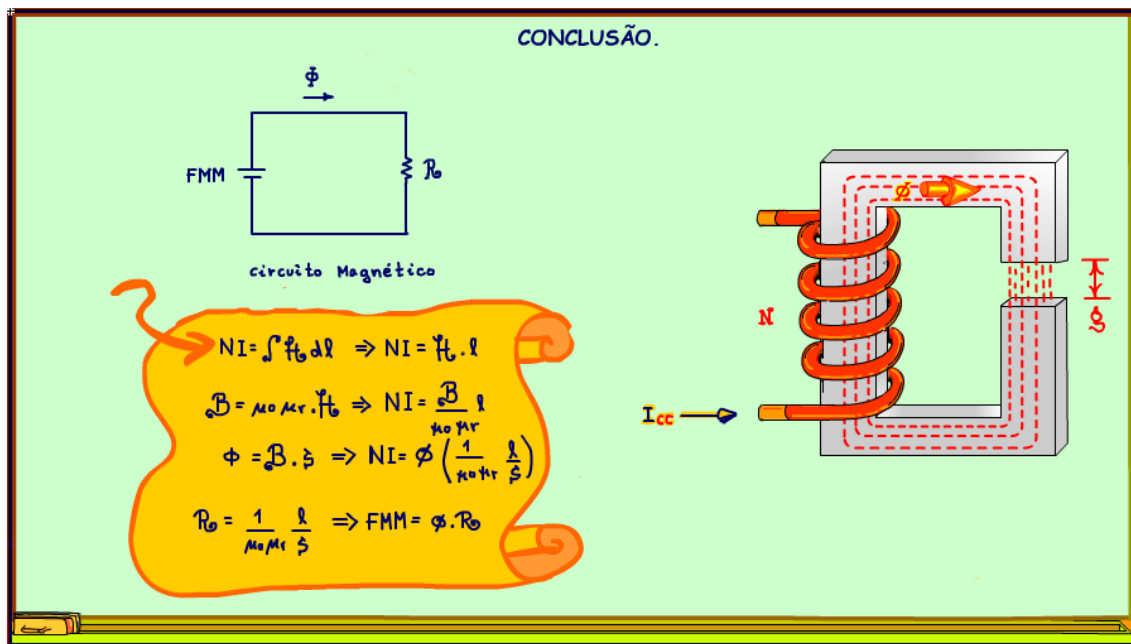


Figura 88

Eletromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Que foi se adaptando, simplificando para dispositivos com núcleo de ferro.

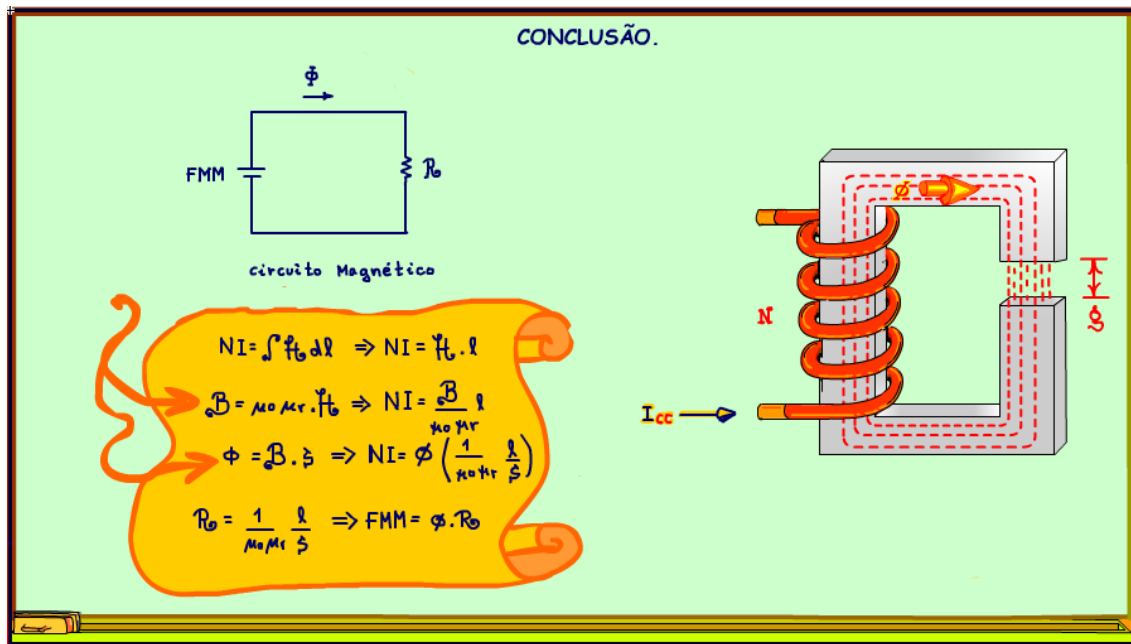


Figura 89

Eletrromagnetismo: Lei de Ampère e Relutância magnética.

Até chegar no circuito magnético, que é a mesma Lei de Ampère ajustada para nós técnicos eletrônicos.

Nos próximos tutoriais vou mostrar o efeito de alimentar esse circuito magnético com uma corrente AC.

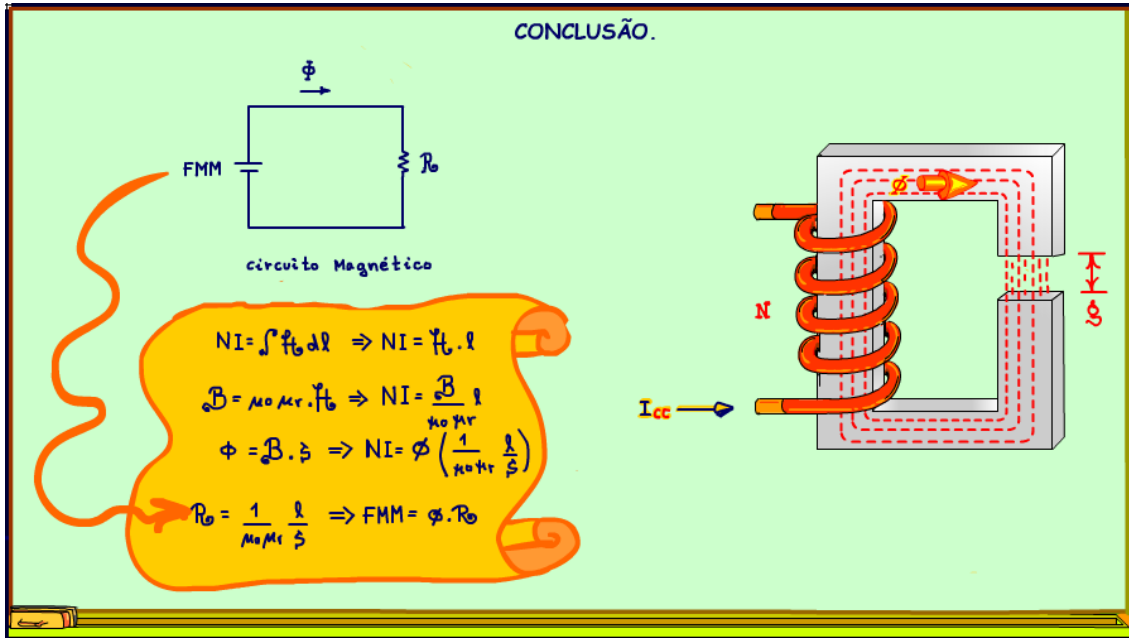


Figura 90

1.12 CRÉDITOS

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

Arthurzinho: E não tem site.

Tem sim é www.bairrospd.com lá você encontra o pdf e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

The image shows a screenshot of the website www.bairrospd.com. The website header includes the logo 'bairrospd' and the text 'BAIROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a green banner that says 'ESTUDE ELETRÔNICA NO SITE WWW.BAIROS.PD.COM!'. The main content area features a navigation menu with options like 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABIA?', and 'CONTATO'. A prominent yellow banner reads 'APRENDA A LER RESISTORES' and is accompanied by a cartoon illustration of a man working with a resistor. To the right of this banner, there is a search bar and a section titled 'O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência.'. At the bottom of the website screenshot, there is a blue banner that says 'AULAS OU ACESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' and a 'CLIQUE AQUI!' button. Overlaid on the right side of the screenshot is large green text that reads 'VISITE O NOSSO SITE e CANAL YOUTUBE' followed by the website URL 'www.bairrospd.com' and the name 'Professor Bairros'.

www.bairrospd.com

https://www.youtube.com/channel/UC_tfxnYdBh4IbiR9twtppA