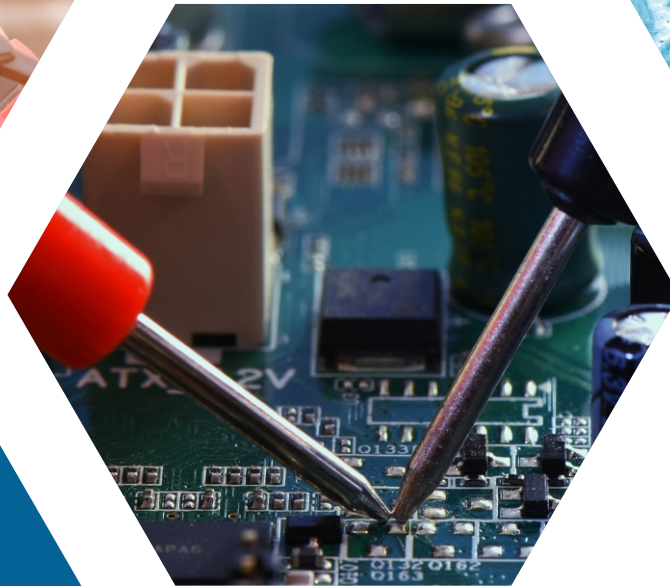
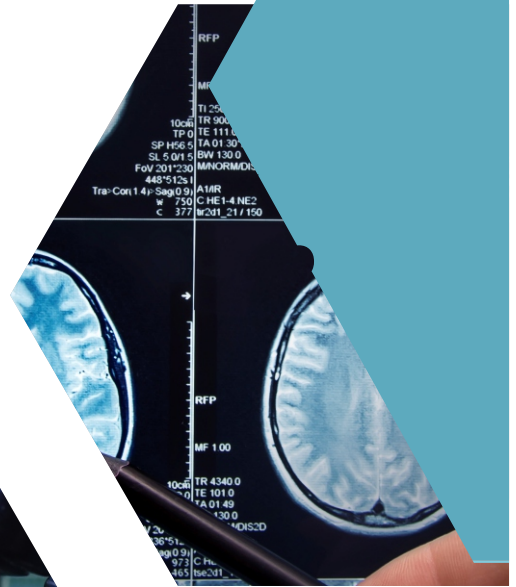


ELETROTÉCNICA - II



Biomédico Técnico/Tecnólogo em Radiologia



ELETRICIDADE DOS APARELHOS EMISSORES DE RAIOS-X



ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

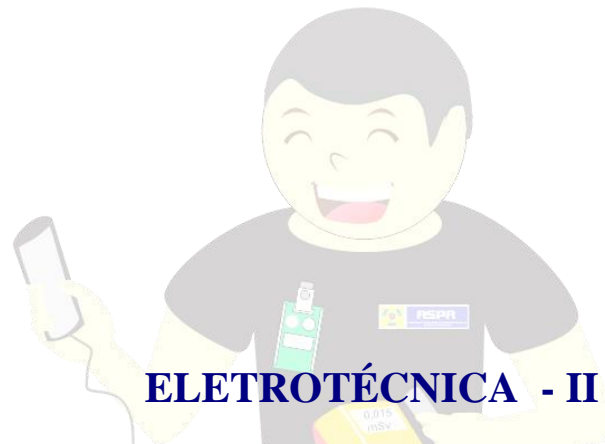
Protegendo Vidas

MÓDULO - II



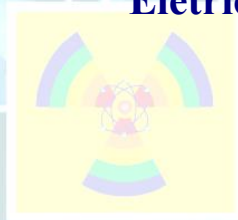
ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE



ELETROTÉCNICA - II

“Eletricidade dos Aparelhos dos R -X”



ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Protegendo Vidas

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.603 - 194 - Itabuna/Bahia

Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: aspronline@hotmail.com



www.aspronline.wix.com/aspronline ;



www.facebook.com/asprcq curtir

Milton C. Maciel

Físico em Medicina – ABFM nº 0664

Supervisor em Proteção Radiológica – CNEN 050

Coordenador do Dpto. de Física Médica da SCMI/CRI - Radioterapia

Assessor Técnico do Serviço de Radiodiagnóstico da SCMI





ÍNDICE

Prefácio	i
----------------	---

CAPÍTULO – 1 “ELETROMAGNETISMO: Instrumentos de Medidas”

1 - Introdução.....	01
2 - Galvanômetro:.....	01
Tipos de Amperímetros e Voltímetros.....	01
Símbolos para o desenho dos circuitos.....	02
3 - Utilização de medidores elétricos.....	02
4 - Multímetros.....	04
5 - Outros medidores.....	05
Frequencímetro.....	05
Wattímetro.....	05
Medidor de consumo de energia.....	05

CAPÍTULO – 2 “ELETROMAGNETISMO: Campo Magnético”

1 - Introdução.....	09
2 - Propriedade dos ímãs.....	09
3 - Campo magnético e linhas de forças do campo.....	10
Regra da mão direita.....	12
4 - Magnetização e desmagnetização.....	13
5 - Campo magnético atuando em cargas elétricas.....	14
6 - Força magnética num condutor percorrido por uma corrente elétrica.....	14

CAPÍTULO – 3 “ELETROMAGNETISMO: Indução eletromagnética”

1 - Introdução.....	19
2 - Ímã: veículo de indução.....	19
3 - Fluxo magnético (Lei de Faraday)	19
4 - Lei de Lenz: Sentido da corrente induzida.....	20
5 - Aplicações dos ímãs.....	21
Eletroímã.....	21
6 - Transformadores usados em radiologia.....	22
7 - Geradores.....	25
Geradores de corrente alternada.....	25
Geradores de corrente contínua.....	26
8 - Motor elétrico.....	26
Motores assíncronos (indução).....	27
Motores assíncronos monofásico com capacitor.....	27
Motor síncrono.....	27
9 - Usinas hidroelétricas.....	27





CAPITULO – 4 “INVERSORES E RETIFICADORES DE CORENTE ELÉTRICA”

1 - Inversores e retificadores de corrente elétrica.....	34
--	----

CAPITULO – 5 “COMPREENSÃO DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS BÁSICOS DOS APARELHOS EMISSORES DE RAIOS - X”

1 - Introdução.....	37
2 - Retificador de onda completa.....	37
3 - Transformador de alta voltagem usado em aparelho emissor de raios-X.....	38
4 - Medidores em aparelhos emissores de raios-X.....	38
5 - Relógios (reguladores).....	39

ASPR
ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Protegendo Vidas

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.603 - 194 - Itabuna/Bahia
Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: aspronline@hotmail.com
 www.aspronline.wix.com/aspronline ;  www.facebook.com/asprcq 





ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Capítulo - 1

Fundamentos de eletromagnetismo

Assuntos

1. Instrumentos de medidas
2. Eletromagnetismo
3. Eletromagnetismo:
Indução eletromagnética
4. Inversores e Retificadores de corrente elétrica
5. Compreensão de Circuitos Básicos dos aparelhos de Raios - X

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - C. 450 - 13060-000 - Sorocaba

Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: aspronline@hotmail.com



www.aspronline.wix.com/aspronline ;



www.facebook.com/aspronline





1. ELETROMAGNETISMO: INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

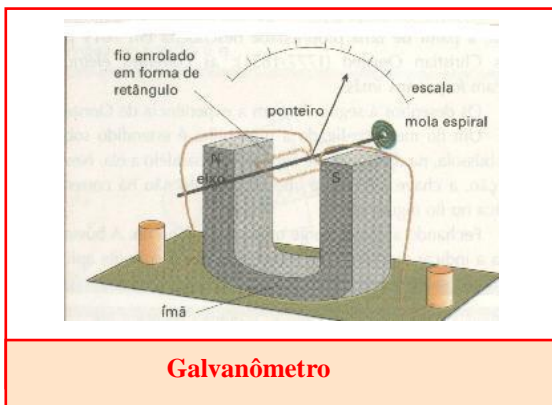
Introdução

Na prática é importante medir corretamente as grandezas associadas a um circuito elétrico, já que cada uma delas pode ter seu valor determinado através de uma leitura direta no correspondente aparelho medidor. Assim, um amperímetro mede a intensidade da corrente elétrica, um voltímetro mede a diferença de potencial, um ohmímetro mede a resistência elétrica, um wattímetro mede a potência que é usada em um circuito elétrico, etc.

Galvanômetro

Foi o primeiro instrumento elétrico de medida, criado logo depois da descoberta do efeito magnético da corrente elétrica. O galvanômetro é um instrumento que tem a finalidade de acusar a existência de uma corrente elétrica e, quase sempre o seu sentido. Os galvanômetros são instrumentos que suportam, apenas, intensidades de correntes muito pequenas.

O galvanômetro consiste basicamente em um fio enrolado que troca forças com um ímã. Por meio dessa interação, consegue-se mover um ponteiro. O deslocamento do ponteiro é proporcional à intensidade da corrente que atravessa o galvanômetro.



Galvanômetro

Quando o ponteiro está no máximo do seu deslocamento, dizemos que ele atingiu o fundo de escala.

Tipos de amperímetros e voltímetros

Denomina-se amperímetro qualquer instrumento destinado a medir intensidade de corrente elétrica.

Calibrando a escala de um galvanômetro em ampères, ele se torna um amperímetro.

Outro tipo de amperímetro é o amperímetro de alicate, que mede a intensidade da corrente por meio do campo magnético ao redor do fio. O amperímetro de alicate apresenta a vantagem de medir a corrente sem ser preciso cortar o fio.



Amperímetros

Mais recentemente surgiram os amperímetros eletrônicos digitais.

Dos três tipos, os amperímetros digitais são os que têm melhor precisão.



Amperímetro digital



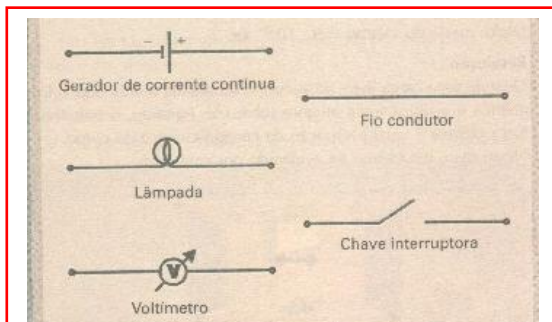


Voltímetros são instrumentos destinados a medir a diferença de potencial.

Os voltímetros também podem ser construídos a partir de galvanômetros, calibrando a escala do instrumento em volts. Além dos voltímetros de galvanômetro, há também voltímetros eletrônicos digitais.

Símbolos para o desenho de circuito

Para que qualquer pessoa possa entender o desenho de um circuito elétrico feito por outra, adotam-se mutuamente símbolos para representar os diversos elementos. Veja alguns deles:

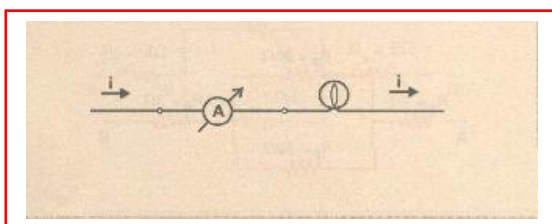


Símbolos esquemáticos

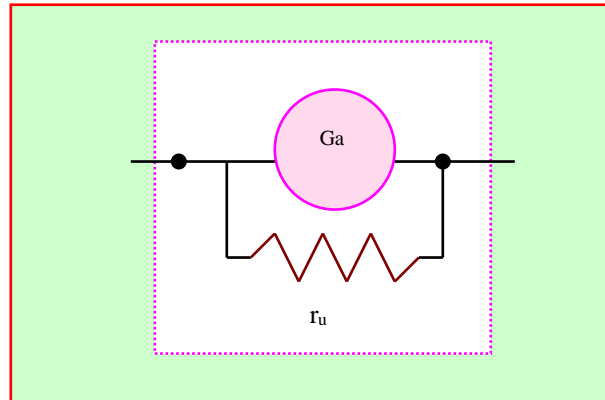
Utilização de Medidores elétricos

Para medir a intensidade de corrente num elemento qualquer de circuito, é preciso associar um amperímetro em série com ele, para que a corrente no amperímetro tenha intensidade igual a corrente no citado elemento.

Por exemplo.



O amperímetro é associado em paralelo com uma resistência de pequeno valor, denominado shunt. A finalidade da resistência shunt (r_u) é diminuir a intensidade da corrente que atravessa o galvanômetro



Amperímetro com a resistência shunt

Em resumo, podemos dizer que, para que a leitura seja correta, é necessário que:

- O amperímetro seja colocado no trecho onde se deseja determinar a intensidade de corrente elétrica
- A resistência elétrica do amperímetro seja praticamente desprezível, afim de não influir na resistência elétrica do trecho
- O amperímetro ideal é aquele cuja resistência é nula, em comparação com as resistências elétricas dos elementos dos circuitos no qual ele se encontra inserido.

OBSERVAÇÕES

1. A maior intensidade de corrente elétrica que um aparelho medidor pode registrar é denominado fundo de escala desse aparelho. Assim, por exemplo, um amperímetro que tenha fundo de escala de 100A pode registrar intensidades de correntes elétricas de até 100^A

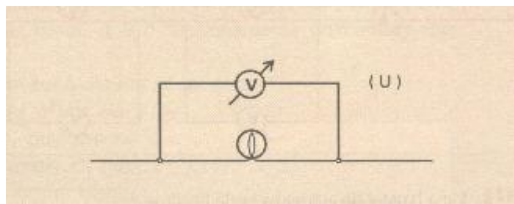




O voltímetro é o instrumento que mede a tensão ou voltagem (ddp).

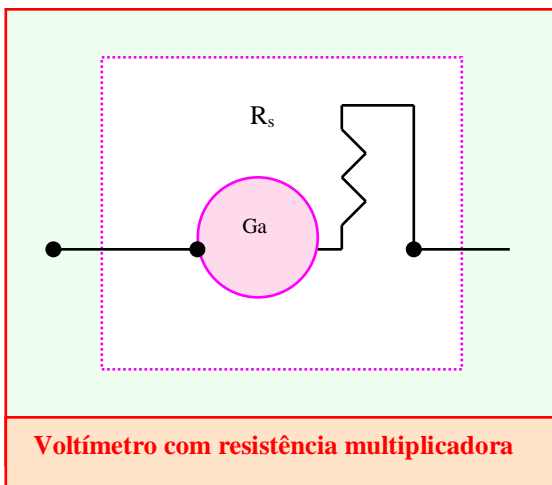
Os voltímetros podem ser classificados exatamente da mesma maneira que os amperímetros.

Para medir a diferença de potencial num elemento do circuito, o voltímetro deve ser ligado em paralelo com ele.



Voltímetro ligado em paralelo

O voltímetro é um galvanômetro, graduado em unidades de tensão, associado em série com uma resistência de grande valor, denominada resistência multiplicadora. A finalidade dessa resistência é diminuir a intensidade da corrente que atravessa o galvanômetro.



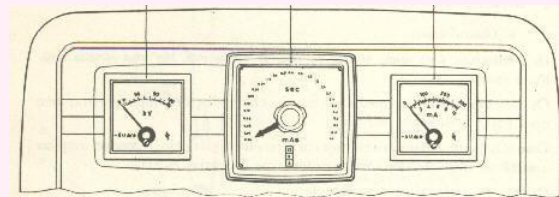
Voltímetro com resistência multiplicadora

Em resumo, podemos dizer que, para que a leitura seja correta, é necessário que:

- O voltímetro seja colocado em paralelo com o trecho onde se deseja determinar a diferença de potencial;
- A resistência elétrica do voltímetro seja praticamente infinita, afim de não desviar corrente elétrica do trecho em estudo e, conseqüentemente, não alterar a correspondente ddp.
- O voltímetro ideal é aquele que possui resistência interna elevada (resistência infinita) que por ele não passa praticamente qualquer corrente elétrica.

OBSERVAÇÕES

1. Para medir a tensão aplicada ao tubo de raios- X (em quilovolts) utiliza-se (também nos laboratórios e oficinas das indústrias radiológica) um deflagrador de esferas, o qual determina o valor de pico (valor máximo).
2. Para medir a tensão de rede (em volts) utiliza-se um voltímetro de ferro móvel. O valor marcado no instrumento é, portanto, o eficaz.



Reprodução dos medidores de uma mesa de comando do tipo antigo de um gerador de radiodiagnóstico de 300 mA

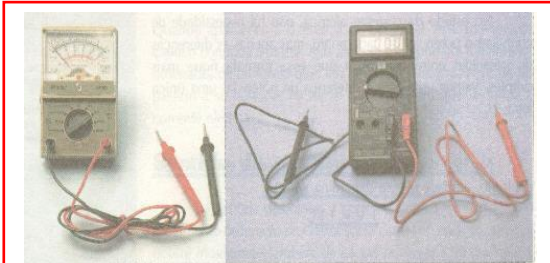
- 1 – Kilovoltímetro (instrumento de ferro móvel) que indica a tensão eficaz aplicada ao tubo de raios - X. Um comutador permite ainda verificar a tensão de alimentação da rede.
- 2- Chave seletora temporizada com pré-indicação de mAs
- 3-Miliamperímetro (instrumento de bobina móvel) com escala superior para radiografia e escala inferior para fluoroscopia





Multímetro

Basicamente, um multímetro ou multitestete consta de um voltímetro, um ohmímetro e um amperímetro em uma forma de três em um.



Instrumento combinado Volt-Ohm-Amper

Este instrumento conforme mostra o painel, pode medir voltagens e correntes alternadas, voltagens e correntes contínuas, além de resistências elétricas.

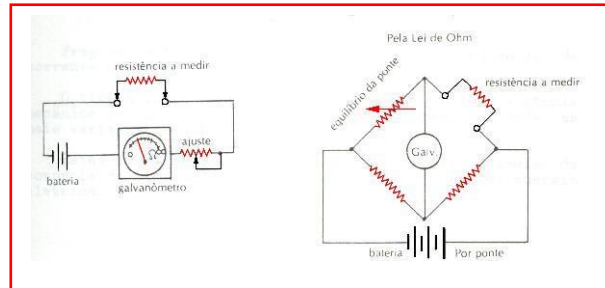
No painel, existe uma chave seletora que seleciona a grandeza que se deseja medir e duas pontas de teste uma de cor preta (-) que deve ser conectado no borne (GND) ou negativo e outra de cor vermelho (+) que deve ser conectado nos outros bornes de acordo com aquilo que se deseja medir.

O instrumento permite selecionar medidas de voltagens e resistências que vão desde valores pequenos até valores máximos tanto em **A.C** como **D.C** e **Ohm**.

A medição de resistores nunca deve ser feita em um circuito energética, pois se corre o risco de danificar o instrumento. Da mesma forma para o caso de medidas de corrente, o instrumento não deve ser ligado em paralelo ao circuito, conforme já explicamos antes.

Na parte do instrumento, este possui uma bateria própria, com tensão conhecida, e a escala é graduada em ohm.

Funciona quer aplicando diretamente a lei de ohm quer por comparação através de uma ligação em ponte.



Duas maneiras de medir resistências empregadas nos ohmímetros

A figura abaixo mostra alguns multímetros, tanto digitais como analógico.



Multímetros digitais e analógicos





Outros medidores

Frequencímetro

Frequencímetro é o instrumento que mede a frequência da corrente alternada (figura).

O tipo mais comum funciona pelo princípio da sintonia mecânica de lâminas de aço de tamanhos diferentes e mede as mais variadas frequências em Hz.

Estes instrumentos são muito empregados em painéis de controle do tipo industrial, quadros de geradores de energia elétrica, etc.



Frequencímetro de 400 Hz

Wattímetro

Para medir a potência que está sendo solicitada da linha pela carga, usa-se um instrumento chamado wattímetro.



Wattímetro de painel, com escala até 100 e 150 kW

É geralmente um instrumento do tipo magnetodinâmico e pode ser usado tanto

Para corrente contínua como para corrente alternada. Sua medida, indica diretamente em Watts, os valores dos produtos da corrente pela tensão em corrente contínua e da tensão pela componente da corrente em fase com a tensão em corrente alternada (ou seja, indica a potência ativa).

Medidor de consumo de energia

É o instrumento com o qual se mede o consumo de energia elétrica. Mede e totaliza o número de quilowatt-hora que a instalação consome.



Dois tipos de medidores de energia

Há instrumentos para circuitos monofásicos, bifásicos e trifásicos, para uso com 2, 3, ou 4 fios e projetados para baixa tensão e correntes correspondentes a carga.

Quando a energia é entregue em alta tensão, a medição é feita sempre através de transformadores de corrente e potencial, estando o medidor ligado em baixa tensão.

Todas as instalações elétricas são alimentadas, quando por concessionária de distribuição de energia elétrica, através de medidor que registra a energia a cobrar. Tal medidor é de propriedade da concessionária, porém fica sob a responsabilidade do proprietário do prédio onde estiver instalado.





RESOLVA OS EXERCÍCIOS

54-Complete as lacunas

- a) Num galvanômetro o deslocamento do ponteiro é
(Proporcional/inversamente proporcional) à intensidade da corrente que o atravessa.
- b) Os instrumentos de medição podem ser de(móvel/fixo) ou de bobina (móvel/fixo)
- c) Um amperímetro mede a (Intensidade/qualidade) de corrente elétrica que circula num condutor.
- d) Um voltímetro mede a
(intensidade/ddp) nas extremidades de um condutor elétrico.

55-Marque **certo** ou **errado** nos parênteses abaixo.

- a) O galvanômetro consiste basicamente em um fio enrolado que troca forças com um ímã. Certo () Errado ()
- b) Um amperímetro é um aparelho destinado a medir a ddp em um circuito elétrico. Certo () Errado ()
- c) Um amperímetro sempre deve ser ligado em série em um elemento de circuito. Certo () Errado ()
- d) O volt-amperímetro de alicate é um instrumento que é usado ao redor do fio e sua medida é decorrente do fenômeno eletromagnético. Certo () Errado ()
- e) O amperímetro só pode medir corrente alternado (CA). Certo () Errado ()
- f) Para que um amperímetro seja considerado preciso, sua resistência shunt deve ser de um valor bastante alto. Certo () Errado ()
- g) A finalidade da resistência shunt é diminuir a intensidade da corrente que atravessa o galvanômetro. Certo () Errado ()

- h) Quando um amperímetro é ligado em paralelo ao circuito, esta cria um curto-circuito e danifica-se. Certo () Errado ()
- i) O voltímetro é um instrumento destinado a medir a ddp ou tensão elétrica em um elemento do circuito. Certo () Errado ()
- j) O voltímetro é um galvanômetro, graduado em unidades de tensão e é associada em paralelo com uma resistência de grande valor denominada resistência multiplicadora. Certo () Errado ()
- l) A finalidade de resistência multiplicadora é diminuir a intensidade da corrente que atravessa o galvanômetro. Certo () Errado ()
- m) Voltímetro é um instrumento destinado a medir somente tensão alternada. Certo () Errado ()
- n) Para medir a tensão de rede utiliza-se um voltímetro de ferro móvel, e o valor marcado no instrumento é o valor eficaz. Certo () errado ()
- o) A tensão aplicada aos tubos de raios – X são medidos com um instrumento chamado deflagrador de esferas o qual mede a tensão de pico (valor máximo). Certo () Errado ()
- p) Nas mesas de comando dos aparelhos de raios – X, os instrumentos podem ser somente analógicos. Certo () Errado ()
- q) Nas mesas de comando dos aparelhos de raios-X, os instrumentos indicadores de ddp e de intensidade de corrente estão indicados respectivamente em kV e mA. Certo () Errado ()
- r) Na mesa de comando do aparelho de raios – X, o mAs é um aferidor da carga que se deseja trabalhar. Certo () Errado ()
- s) Nos modernos geradores de radiodiagnóstico, a tensão real aplicada ao tubo pode ser lida previamente no instrumento. Certo () Errado ()

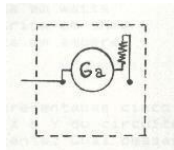




56- Qual o símbolo que melhor representa uma corrente contínua e uma corrente alternada.

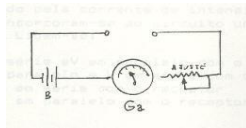
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

57- A figura abaixo representa o esquema do instrumento de medida:



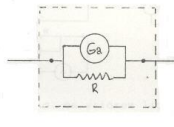
- a) ddp em volts
- b) Corrente elétrica em ampere
- c) Resistência elétrica em ohm
- d) Potencia elétrica em watts
- e) NRC

58- A figura abaixo representa o esquema do instrumento de medida da:



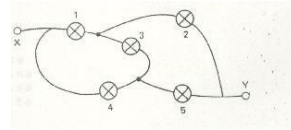
- a) Corrente elétrica em ampere
- b) Potência elétrica em watts
- c) Resistência elétrica em ohms
- d) ddp em volts
- e) NRC

59- A figura abaixo representa o esquema de um instrumento de medida da:



- a) Potencia elétrica em watts
- b) Resistência elétrica em ohms
- c) Corrente elétrica em ampere
- d) ddp em volts
- e) NRC

60- Na figura estão representadas cinco lâmpadas iguais (1,2,3,4, e 5). Os terminais X e Y do circuito elétrico estão submetidos a uma ddp constante. Qual dessas lâmpadas pode ser retirado do circuito sem alterar a luminosidade das outras?

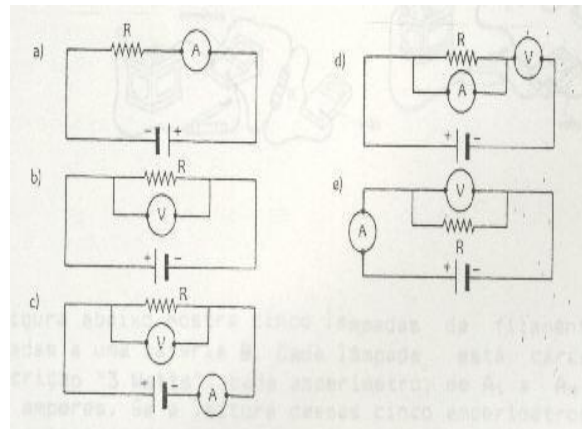


- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 d) 5

61- Certo circuito elétrico compreende um gerador (por exemplo, acumulador elétrico) ligado a um receptor (por exemplo, um motor elétrico). O receptor fica submetido à tensão U , e é percorrido pela corrente de intensidade i , para a medição de U e i , incorporam-se ao circuito um voltímetro V e um amperímetro A . Ligam-se:

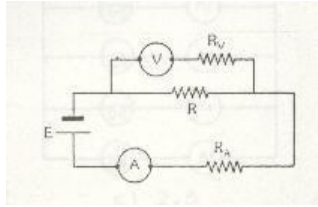
- a) A em série e V em paralelo com o receptor
- b) A em paralelo e V em série com o receptor
- c) A e V em série com o receptor
- d) A e V em paralelo com o receptor

62- Indique em que circuito a colocação do voltímetro e/ ou amperímetro é **incorreta** para fazer as medições da corrente elétrica e da diferença de potencial.



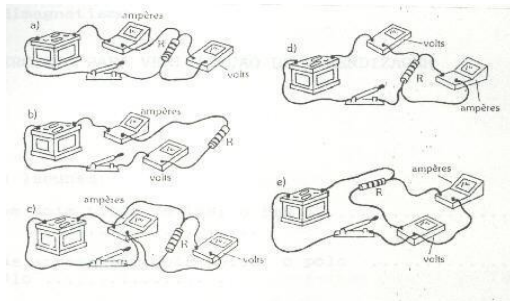


63-No circuito abaixo, os valores lidos no voltímetro V e no amperímetro A eram mais precisos se as resistências internas R_V e R_A dos aparelhos forem:

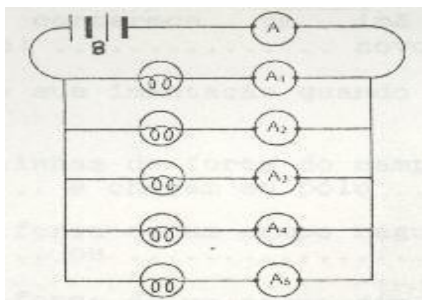


- R_V alta e R_A alta
- R_V alta e R_A baixa
- R_V baixa e R_A baixa
- R_V baixa e R_A alta
- $R_V = R_A$

64-Você dispõe de um voltímetro e de um amperímetro ideal, para determinar experimentalmente a resistência R , você escolheria a montagem:

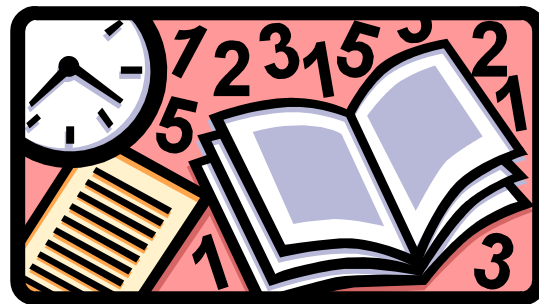


65-A figura abaixo mostra cinco lâmpadas de filamento iguais, ligadas a uma bateria B . Cada lâmpada está marcada com a inscrição “3 watts”. Cada amperímetro, de A_1 a A_5 , registra **0,5 ampere**. Se a leitura desses cinco amperímetros é precisa, a leitura do amperímetro A será, em ampere:



- 0,5
- 1,2
- 2,5
- 3
- 6

**PARABÉNS POR TER
CONSEGUIDO
VENCER MAIS ESTA
ETAPA, CONSERTEZA
VOCÊ É UMA PESSOA
MAIS PREPARADA DO
QUE ANTES,
CONTINUE ASSIM, E
VOCÊ SERÁ UM
VENCEDOR.**





ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Capítulo - 2

Eletromagnetismo: Campo Magnético

Assuntos

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45000-000 - Itabuna/Bahia
Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: aspronline@hotmail.com
www.aspronline.wix.com/aspronline ; www.asprcqb.com.br curtir

1. Introdução
2. Propriedade dos imãs
3. Campos magnéticos:
Linhas de força do
campo
4. Magnetização e
Desmagnetização
5. Campo magnético
atuando em carga
elétrica
6. Forças magnéticas num
condutor percorrido por
uma corrente elétrica



1. ELETROMAGNETISMO: CAMPO MAGNÉTICO

Introdução

Magnésia, cidade da Grécia, berço do Pastor Magnes. A história conta, que certa vez Magnes andando por sua terra, observou que o ferro da ponta inferior de sua bengala era atraído por algo existente no solo. Observando, Magnes notou que pequenos pedaços de uma rocha negra atraíam o ferro. Essa rocha continha Óxido de ferro (Fe_3O_4), que posteriormente ficou conhecida com o nome de magnetita ou pedra ímã. A partir daí criou-se o ímã, objeto capaz de atrair pedaços de ferro ou aço.

A propriedade física apresentada por esses materiais recebe o nome de propriedade magnética dos ímãs.



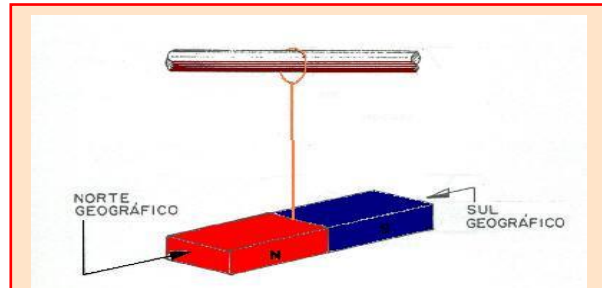
Minério natural de ferro chamado magnetita e sua fórmula é Fe_3O_4

Propriedade dos ímãs

Existem dois tipos de ímãs:

- Ímã natural – pedra de magnetita
- Ímã artificial – São ímãs fabricados pelo homem (processo de imantação)

Suspendendo-se um ímã através de um pedaço de barbante há de se notar que suas extremidades apontarão sempre para o norte geográfico e para o sul. Essas extremidades são os pólos norte e sul do ímã



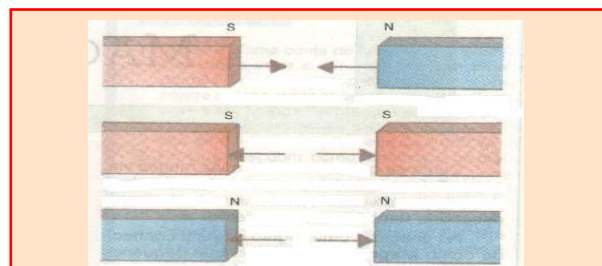
Ímã em forma de barra

Foram os chineses os primeiros a fazer uso do ímã na construção de bússolas para se guiarem na navegação.



Bússola

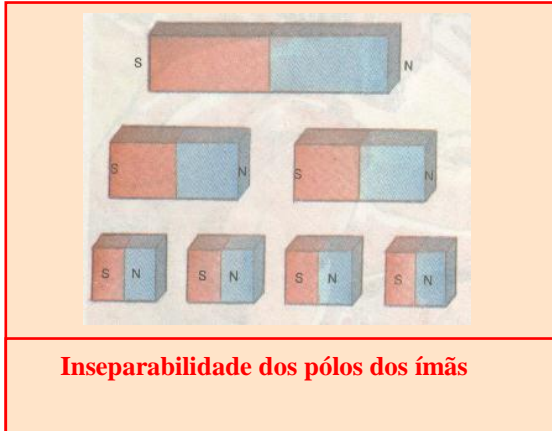
Entre os ímãs, pólos iguais se repelem e pólos diferentes se atraem.



**. Pólos iguais se repelem
. Pólos diferentes se atraem**



Por mais que cortemos um ímã, nunca conseguiremos separar seus pólos. Cada vez que partimos, conseguiremos novos pólos. Este fenômeno chama-se inseparabilidade dos pólos de um ímã.



Os ímãs são usados, entre outras aplicações, em dínamos, motores elétricos, alto-falantes, solenóides, etc.

Os ímãs utilizados na prática podem ser:

- **Ímãs de ligas metálica**, contendo principalmente ferro, carbono, cobalto, cobre, molibdênio, níquel e alumínio.
- **Ímãs cerâmicos**, feitos com o pó de uma substância chamada ferrita – Uma mistura de óxido de ferro e de bário. Eles são frágeis, mas podem ser ligados com plásticos ou borracha, constituindo assim, ímãs flexíveis. Nos grandes computadores, são utilizados muitos ímãs minúsculos, de anel cerâmico, cada um com diâmetro de aproximadamente 1 mm; esses são entrelaçados para funcionar como memória magnética do círculo.

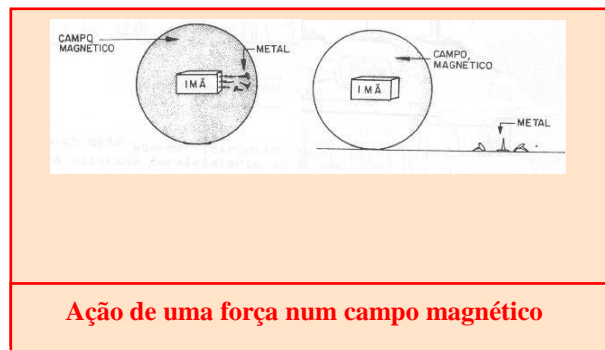
Campo magnético e linhas de forças do campo

Denomina-se campo magnético, toda uma região em que um ímã consegue obter influências magnéticas sobre uma pequena barra de metal. Tal campo magnético é descrito por um vetor, o vetor B , chamado vetor indução magnética ou vetor campo magnético. O vetor campo magnético é tangente às linhas de campo magnéticas e tem o mesmo sentido dessas linhas em cada ponto.

No sistema Internacional de Unidades, a unidade de medida da intensidade do vetor indução magnética é o Tesla (T), em homenagem ao físico Nikola Tesla (Iugoslavo).

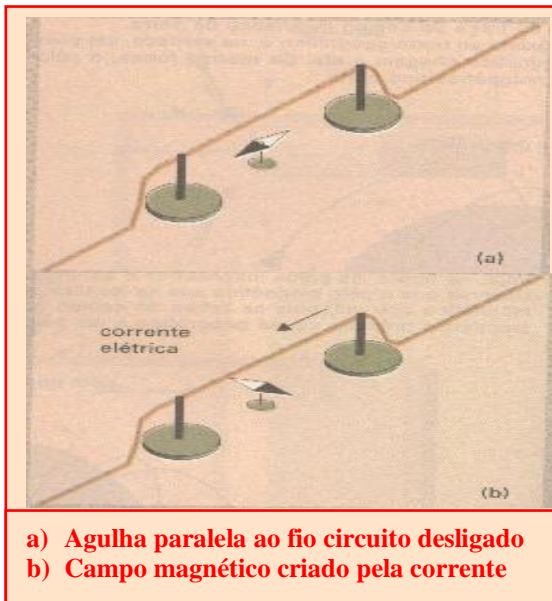


A medida em que afastamos um metal de um ímã, a força de atração magnética entre eles diminui até o momento em que essa força cessa, dando, portanto, a configuração do campo.



Um campo magnético pode também ser criado por corrente elétrica.

- 1- Quando a chave está aberta não tem corrente elétrica, portanto a agulha fica alinhada paralelamente ao fio.
- 2- Fechando o circuito, a agulha sofre desvio.



O desvio é por causa do campo magnético que a corrente elétrica cria em torno do fio, e conseqüentemente na agulha. A esse fenômeno chamamos de Eletromagnetismo.

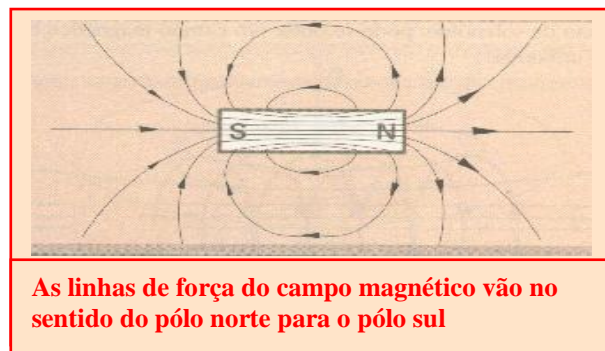
Uma maneira de constatarmos esse campo magnético consiste no seguinte:

- 1- Colocando um ímã sob um pedaço de papel
- 2- Jogando limalha de ferro sobre ele, teremos a formação de um desenho com várias linhas.



Cada uma linha representa o conjunto de pontos onde a força eletromagnética possui a mesma intensidade. Essas linhas curvas citadas na figura acima são chamadas de linhas de força do campo magnético ou linhas de indução.

As linhas curvas que vão de um pólo ao outro do ímã, no sentido Norte – Sul.

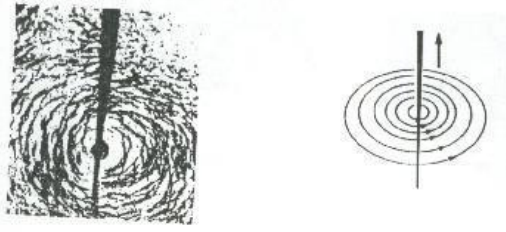


As linhas de força de um campo podem ser uniformes ou não – uniformes.

- Linhas de força uniforme são as que possuem uniformidade em todos os pontos do campo (direção, sentido e intensidade).



- Campo magnético de um fio retilíneo – A passagem da corrente elétrica em um fio condutor, produz um vetor campo magnético que é perpendicular a direção da corrente e são circunferências com o centro no fio.

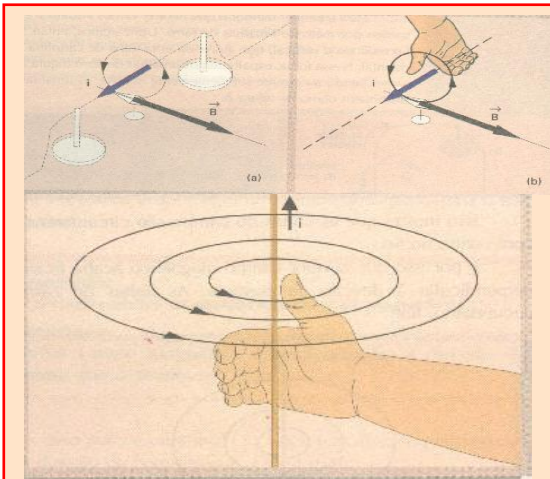


Linhas de força concêntricas em torno do fio

Para relacionar o sentido da corrente elétrica com o sentido das linhas de força do campo magnético, utilizamos a seguinte regra:

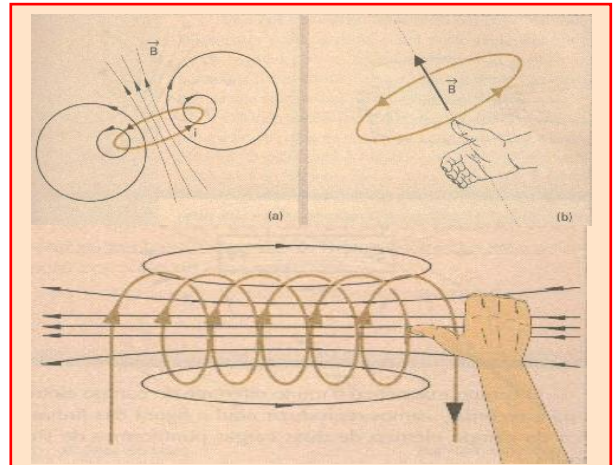
Regra da mão direita

Envolvendo o condutor com a mão direita e o polegar voltado para o sentido da corrente, os outros dedos indicam o sentido do campo magnético.



Sentido das linhas de força regra

Uma forma de obtermos um campo mais concentrado numa região é colocando na forma de uma espira circular, e para obtermos campos magnéticos intensos, enrola-se um fio de modo que este forme muitas espiras (centenas ou até milhares). Esse fio é chamado Bobina. Se a bobina for enrolada com forma de solenóide, pode-se obter um campo magnético bastante uniforme.



- Campo magnético de uma espira circular**
- Regra da mão direita**
- Campo magnético de um solenóide**

O solenóide origina campo magnético semelhante ao de um ímã em forma de barra. É por isso que podemos atribuir ao solenóide pólos Norte e Sul

O sentido do campo é achado da mesma maneira que os anteriores, usando-se a regra da mão direita.

Dentro do solenóide, as linhas de campo são praticamente paralelas: O campo magnético pode ser considerado uniforme.





Magnetização e Desmagnetização

Aproximando-se duas barras de ferro, nota-se que entre elas não há atração. Sabe você por quê? Muito simples. Seus pólos magnéticos estão desalinhados.



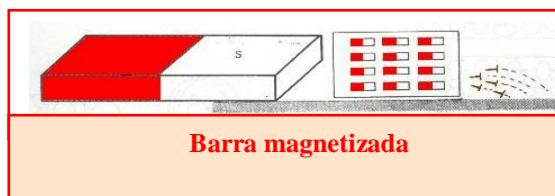
Com a presença de um ímã, os pólos das barras se orientam, havendo, portanto, atração.



Se a barra estiver com seus pólos desorientados e aproximarmos de uma porção de alfinete, a barra não é capaz de atraí-los.



Pela aproximação de um ímã, os pólos da barra se alinham e os alfinetes são atraídos. Diz-se, portanto que a barra sofreu magnetização.



Afastando-se o ímã da barra, os pólos se desalinham e os alfinetes caem. Diz-se que a barra ficou desmagnetizada.



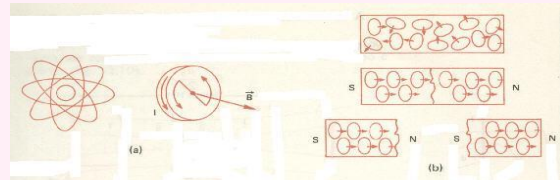
Há substâncias, como por exemplo o aço que não perde os domínios dos pólos ainda que esteja ausente de um ímã. Dizemos então, que estas substâncias são ímãs permanentes.

LEITURA COMPLEMENTAR

INTERPRETAÇÃO MICOSCÓPICA DO MAGNETISMO

À primeira vista, parece que os campos magnéticos originados ao redor de ímãs e de condutores percorridos por correntes têm causas inteiramente diferentes, pois não se observa corrente alguma passando pelos ímãs, eles não estão ligados a nenhum gerador e podem ser guardados por décadas, mantendo sempre seu campo magnético.

Alguns anos depois da experiência de Oersted, o físico francês André Marie Ampere sugeriu que, apesar das aparências, os campos poderiam, na verdade, ter a mesma causa, embora naquele tempo o conhecimento sobre a estrutura atômica fosse pequeno, Ampere imaginou o átomo contendo cargas elétricas (hoje sabemos que ele contém elétrons) em movimento muito rápido dentro de si mesmo (hoje sabemos ser ao redor do núcleo). O movimento dos elétrons é equivalente a uma corrente elétrica (fig. Abaixo) e o átomo se comporta como uma pequena bobina: Possui uma face N e uma face S, originando um campo magnético no seu centro. Em outras palavras, os átomos poderiam ser originados como bobinas em miniatura



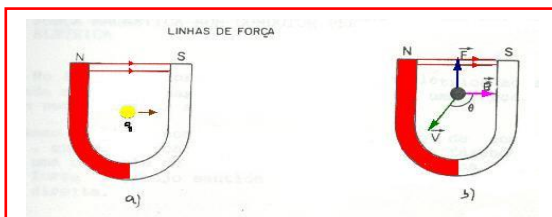
Quando um material não está magnetizado, seus átomos orientam-se ao acaso, o que anula seus efeitos (fig. B acima). Mas, em um ímã há uma orientação privilegiada para os átomos, originando os polos N e S. Isto permite explicar por que os pólos de um ímã são inseparáveis como vimos anteriormente.

Esta interpretação microscópica do magnetismo – As propriedades magnéticas da matéria são decorrentes do movimento de suas cargas elétricas –, elaborada em 1825 por Ampere, corrigida e completada pelas descobertas modernas sobre a estrutura do átomo, é hoje considerada perfeitamente válida.



Campo Magnético Atuando em Cargas Elétricas

Consideremos uma carga elétrica (q) num campo magnético de linhas de força uniforme (fig. a) O movimento da carga no sentido das linhas de força não é motivado pela força do campo magnético. Mas, se a carga se movimenta num sentido que não seja os da linha de força, aparece a ação da força magnética sobre a carga q .



- a) Carga elétrica q num campo magnético
 b) Força F perpendicular ao campo B e ao movimento V

A intensidade da força que age sobre esta carga q calcula-se através da equação:

$$F = q \cdot V \cdot B \cdot \text{sen } \theta$$

Onde:

Q = carga elétrica

V = velocidade

B = Campo

θ = ângulo formado entre B e V

Na eletrostática o campo elétrico possui uma grandeza chamada Vetor Campo Elétrico “ E ”. O eletromagnetismo possui em seu campo magnético o Vetor Indução Magnética “ B ”, Calculado pela equação:

$$B = \frac{F}{q \cdot V \cdot \text{sen } \theta}$$

Conforme já dissemos antes, o campo magnético no SI é medido em **Tesla (T)**. Uma outra unidade comum de medida é o **Gauss (Gs)**, onde:

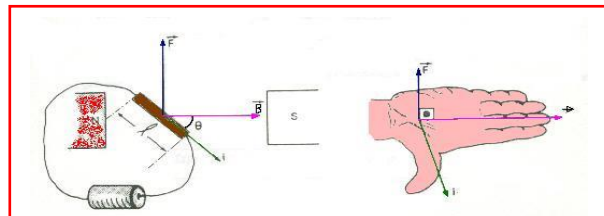
$$1 \text{ T} = 10.000 \text{ Gauss}$$

Somente a título de comparação, o campo magnético da terra é cerca de 0,5 Gauss.

Força Magnética num Condutor percorrido por uma Corrente Elétrica

No item anterior vimos que uma carga elétrica ao ser colocada num campo magnético, fica sujeito a uma força magnética perpendicular.

O mesmo acontece com um condutor retilíneo de comprimento “ l ”, quando colocado num campo magnético, e fazendo-se passar uma corrente de intensidade “ i ”. Este fica sujeito a uma força “ F ”, cujo sentido da força é dado pela regra da mão direita.



Fio sujeito a uma força

A força magnética atuante no fio é dada pela equação:

$$F = B \cdot i \cdot l \cdot \text{sen } \theta$$

Onde

F = força magnética atuante no condutor

B = vetor indução magnética

i = intensidade da corrente que passa pelo condutor

l = comprimento do condutor

θ = ângulo formado entre B e i



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

1 – Complete as lacunas:

- a) Existem dois tipos de ímã: o ímã e o ímã
- b) Os ímãs apresentam dois pólos: o pólo..... e o pólo
- c) Pólos de mesmo nome se e pólos de nomes diferentes se
- d) Os primeiros povos a usarem o ímã na construção de bússolas foram o
- e) Nunca se pode obter separadamente um pólo ou um pólo
- f) Sempre que cortarmos um ímã ao meio, obtemos (um/dois/três) novos ímãs
- g) Um ímã perde sua imantação quando submetido a alta
- h) Num ímã, as linhas de força do campo magnético podem ser ou
- i) As linhas de força de um campo magnético podem ser ou
- j) As linhas de força de um campo dizem-se uniforme quando em qualquer apresentam
- k) A direção da força em um campo magnético é ao e ao
- l) A intensidade da força que age sobre uma carga num campo magnético é dado pela expressão:
- m) Num campo magnético aparece o vetor.....
- n) O vetor indução magnética calcula-se através da expressão:
- o) A unidade do vetor indução magnética é o

- p) O campo magnético da terra vale aproximadamente
- q) O sentido da força magnética, determina-se se usando a regra da

Responda os testes

2 –As extremidades dos ímãs chamam-se:

- a) Fusos c) pólos
- b) Magnetitas d) magnéticos

3 –Assinale a afirmativa correta sobre ímãs

- a) pólos de mesmo sinal se atraem e sinais diferentes se repelem;
- b) pólos de mesmo sinal se repelem e sinais diferentes se atraem
- c) pólos de sinais diferentes ora se atraem, ora se repelem
- d) pólos de sinais iguais ora se repelem, ora se atraem

4 – Por mais que cortemos um ímã, nunca conseguiremos separar seus pólos

- a) esta afirmativa não é verdadeira
- b) esta afirmativa é verdadeira
- c) magnetibilidade dos pólos
- d) esta afirmativa é falsa

5 – Por mais que cortemos um ímã, nunca conseguiremos separar seus pólos. A este fenômeno dá-se o nome de:

- a) separabilidade dos pólos
- b) desintegrabilidade dos pólos
- c) magnetibilidade dos pólos
- d) inseparabilidade dos pólos

6 –Cargas elétricas em movimento podem criar:

- a) cargas elétricas estacionárias
- b) um campo magnético
- c) circuito magnético
- d) pólos magnéticos

7 –O sentido das linhas de força num campo magnético dá-se do:

- a) pólo Norte (+) para o pólo Sul (-)
- b) pólo Sul (-) para o pólo Norte (+)
- c) pólo Norte (+) para o pólo Leste (+)
- d) pólo Leste (+) para o pólo Oeste (-)





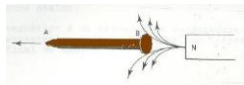
8 –As linhas de força são sempre:

- Uniforme
- Não – uniforme
- Uniformes ou não uniformes
- Paralelas ao campo magnético

9 –Linhas de força uniforme são aquelas que:

- não apresentam uniformidade em todo os pontos do campo
- apresentam uniformidades em todos os pontos do campo
- seguem do pólo Sul para o pólo Norte
- saem do pólo Norte para o pólo Sul

10-O prego de ferro AB, inicialmente não imantado, é aproximado do pólo Norte N de um ímã, como mostra a figura abaixo. A respeito desta situação são feitas três afirmações:



- O campo magnético do ímã magnetiza o prego parcialmente
- Em A se forma um pólo Norte e em B um pólo Sul
- O ímã atrai o prego

Destas afirmações, está (estão) correta (s)

- apenas III
- apenas I e II
- I, II e III
- apenas II e III
- apenas I I

11-Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um ímã, conforme a figura abaixo. Qual é a única afirmação correta relativa a situação em apreço?



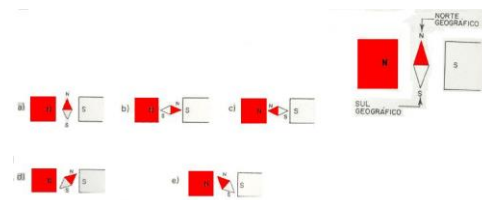
- é o ferro que atrai o ímã
- é o ímã que atrai o ferro
- a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã
- a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro
- a tração do ímã é mais intensa do que a atração do ímã pelo ferro

12-Quando uma barra de ferro é magnetizada, são:

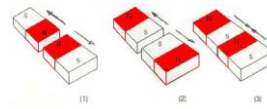
- acrescentados ímãs elementares à barra
- ordenados os ímãs elementares da barra
- acrescentados elétrons à barra
- retirados ímãs elementares da barra

13-Uma pequena agulha magnética orientada inicialmente na direção Norte – Sul é colocada entre os pólos de um ímã, como mostra a figura abaixo.

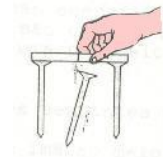
Se o campo magnético é da mesma ordem de grandeza do campo magnético terrestre, o gráfico que melhor representa a orientação final da agulha é:



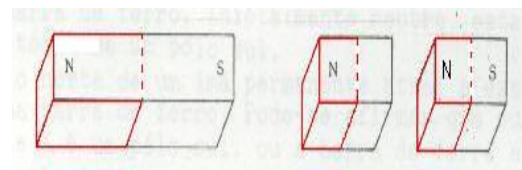
14-Quais situações ilustradas abaixo realmente ocorrem na prática?



15-Qual a explicação para a situação ilustrada abaixo?

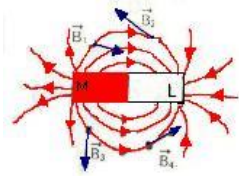


16-Um ímã em forma de barra foi dividido, ao meio, como mostra a figura





17-Determine os nomes no ímã ilustrado e diga quais vetores indução – magnética estão representados corretamente.



18-Assinale as seguintes proposições:

I – A magnética (Fe_3O_4) tem a propriedade natural de atrair fragmentos de ferro.

II – Quando aproximamos dois pólos norte um do outro, a força de atração entre eles aumenta.

III – Cobalto e níquel são materiais magnéticos.

Temos:

- I, II e III são corretas
- I, II e III são incorretas
- Apenas I e II são corretas
- Apenas I e III são corretas
- Existe somente uma proposição correta.

19-Qual das afirmações seguintes está errada?

- Se cortarmos um ímã ao meio, cada pedaço constituirá um novo ímã.
- A terra funciona como um grande ímã, cujo pólo norte está próximo do pólo sul geográfico
- Um pedaço de ferro, ainda não magnetizado, torna-se um ímã ao ser aproximado do pólo de um ímã permanente.
- Ao se aproximar o pólo sul de um ímã da extremidade de uma barra de ferro, inicialmente neutra, esta extremidade torna-se um pólo sul
- O pólo norte de um ímã permanente atrai a extremidade X de uma barra de ferro. Pode-se afirmar que ou a extremidade X é um pólo sul, ou a barra de ferro estava inicialmente neutro e passou a apresentar magnetismo induzido

20-Três barras de aço, aparentemente idênticas, **MN**, **OP** e **QR**, são analisadas experimentalmente e verifica-se que **M** atrai **O** e **P**; **N** atrai **O** e **P**; **M** atrai **Q** e repele **R**.

M N

O P

Q R

Pode-se prever então que:

- Q atrairá O e repelirá P
- R atrairá O e repelirá P
- Q repelirá M e N
- R atrairá M e N
- Q atrairá O e P

21-Dadas as afirmações:

I– A agulha magnética de uma bússola colocada nas proximidades de um fio percorrido por uma corrente elétrica orienta-se na direção do vetor campo magnético B , fornecendo-nos a direção desse vetor.

II–A agulha magnética de uma bússola colocada nas proximidades de um fio percorrido por uma corrente elétrica sofre desvio à ação do campo elétrico criado nas proximidades desse fio.

III-Num campo magnético, representado numa região do espaço por linhas de campo, o vetor campo magnético B é tangente a cada ponto de qualquer dessas linhas

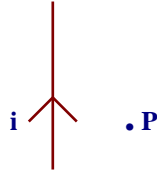
Podemos dizer que:

- somente a afirmação III é verdadeira
- somente a afirmação II é verdadeira
- somente a afirmação é verdadeira
- somente as afirmações II e III são verdadeiras
- somente as afirmações I e III são verdadeiras.



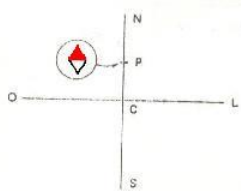


22-A figura mostra um fio longo, percorrido por uma corrente elétrica i no sentido indicado. O sentido do campo magnético, criado por ela no ponto P , é:



- entrando no plano do papel
- saindo do plano do papel
- vertical para cima
- vertical para baixo
- horizontal para a esquerda

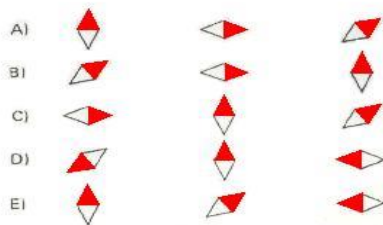
23-As direções Norte-Sul e Leste-Oeste são riscadas no piso de uma sala, conforme indica a figura. Um fio desce verticalmente no ponto C , conduzindo uma corrente I dirigida para baixo. No ponto P é colocada uma bússola.



Considere as seguintes afirmações:

- O campo magnético da corrente é desprezível quando comparado com o da terra
- O campo magnético da terra é desprezível quando comparado com o da corrente
- Os dois campos tem aproximadamente a mesma intensidade.

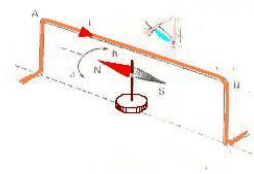
Nestas três situações, as orientações da agulha da bússola, são respectivamente:



24-Entre as afirmações abaixo, existe apenas uma correta. Assinale-a:

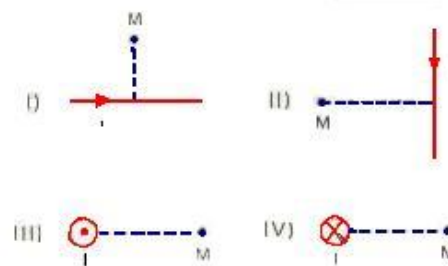
- As linhas do campo magnético de um condutor reto, percorrido por uma corrente constante, são retas paralelas ao condutor.
- O campo magnético do interior de um solenóide é nulo.
- Um condutor percorrido por uma corrente elétrica também sofre à ação de um campo magnético.
- Em um ímã as linhas de campo “saem” do pólo sul e “chegam” ao pólo norte.
- Cortando-se um ímã em duas partes iguais, verifica-se que uma das partes fica desmagnetizada.

25-Na figura representa-se o experimento de Oersted. Enquanto não passa corrente pelo condutor metálico AB , o eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB . Faz-se passar corrente elétrica I dirigida de A para B . O observador visa a montagem de cima para baixo.



- No condutor metálico fluem elétrons de A para B .
- No condutor metálico fluem prótons de B para A
- O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido anti-horário (seta a)
- O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido horário (seta h)
- Nenhuma das anteriores

26-Represente o vetor campo magnético B num ponto M nos seguintes casos:





ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLOGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Capítulo - 3

Eletromagnetismo: Indução Eletromagnética

Assuntos

1. Introdução
2. Imã: Veículo de indução
3. Fluxo magnético (Lei de Faraday)
4. Lei de Lenz: Sentido da corrente elétrica
5. Aplicações dos imãs
6. Transformadores usados em radiologia
7. Gerador
8. Motor elétrico
9. Usinas hidroelétricas

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45010-000 - Vitória, ES
Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: aspronline@gmail.com
www.aspronline.wix.com/aspronline ; www.facebook.com/aspronline curtir





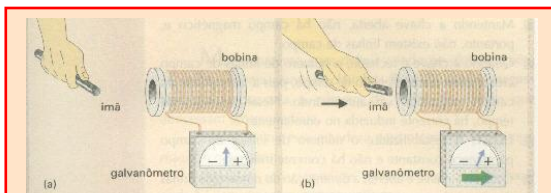
1. ELETROMAGNETISMO: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Introdução

Já sabemos que Oertede, em 1920, descobriu que uma corrente elétrica produz campo magnético. A partir dessa descoberta, Michel Faraday se dedicou a conseguir o efeito inverso, isto é, a obtenção de corrente elétrica a partir do campo magnético. Faraday primeiro realizou experiências com um campo magnético gerado a partir da corrente elétrica.

Ímã – Veículo de indução

Sabendo que os ímãs geram campos magnéticos, da mesma forma que as correntes elétricas, Faraday realizou a seguinte experiência utilizando um ímã:



Experiência de Faraday: Indução eletromagnética

- 1 – Na figura –a, temos uma bobina (solenóide) ligada a um galvanômetro. Estando o ímã em **repouso**, próximo à bobina, o galvanômetro **não acusa nenhuma corrente**.
- 2 – Na figura –b, ao aproximarmos (ou afastarmos) o ímã da bobina. **Enquanto o ímã se move**, o galvanômetro **acusa a passagem de corrente elétrica** em um ou outro sentido

Faraday descobriu, assim, como obter corrente elétrica por meio de um campo magnético. Após muitas experiências, chegou à seguinte conclusão:

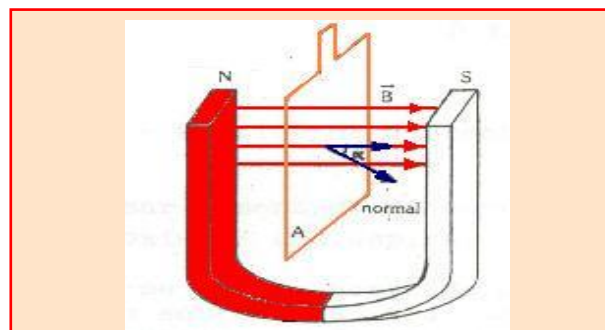
Um circuito fechado dentro de um campo magnético envolve uma certa quantidade de linhas do campo magnético. Quando esse número de linhas de campo aumenta ou diminui com o tempo, surge uma corrente elétrica no circuito.

A passagem de corrente produzida pelo ímã no circuito denomina-se corrente induzida. O ímã que originou esta corrente chama-se indutor, e o fenômeno foi denominado indução eletromagnética.

Fluxo Magnético (Lei Faraday)

Para entendermos melhor o fenômeno de indução magnética estudada no item anterior, vamos agora introduzir uma nova grandeza escalar, o fluxo do campo magnético “ ϕ ” (phi).

Considere uma superfície plana de área “ A ” (quadro formado por um fio condutor) colocada no interior de um campo magnético uniforme “ B ”, produzida por exemplo, entre os pólos norte e sul de um ímã em forma de ferradura.



Fluxo do campo magnético





Assim, podemos definir o fluxo do campo magnético através de uma superfície (espira) como:

$$\phi = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

onde

ϕ = valor do fluxo magnético através de uma superfície

B = vetor indução campo magnético

A = área da espira

α = ângulo entre a direção das linhas de campo e a direção da reta normal à superfície

Quando $\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$, então

$$\phi = B \cdot A$$

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade do fluxo magnético é o Weber (Wb).

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2 \text{ e } 1 \text{ T} = \frac{1 \text{ Wb}}{\text{m}^2}$$

Estudando o fluxo magnético, o físico inglês Michael Faraday chegou a seguinte conclusão:

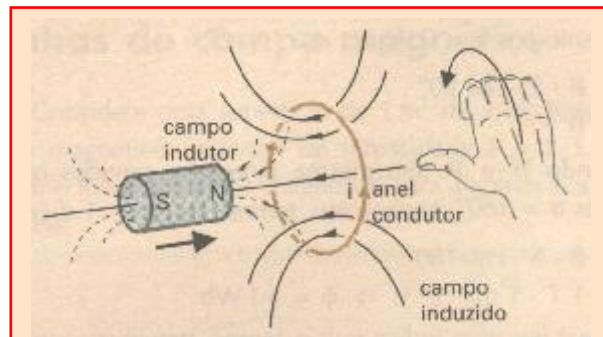
A força eletromotriz induzida (E), que surge num circuito no qual ocorre uma variação do fluxo magnético ($\Delta\phi$) num intervalo de tempo (Δt) é igual à fem do circuito.

$$E_m = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Lei de Lenz – Sentido da Corrente Induzida

Vamos analisar o sentido da corrente induzida por um ímã em movimento próximo a uma espira.

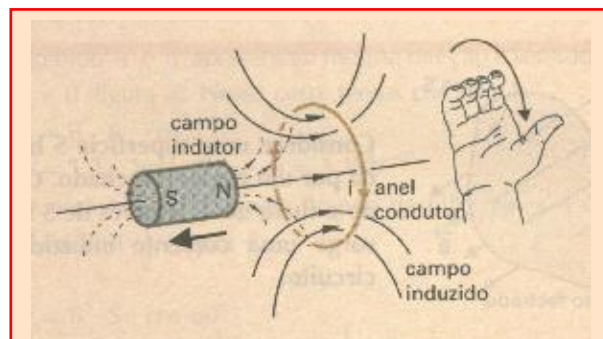
Aproximando-se o pólo norte de um ímã a uma espira, aumenta-se o fluxo sobre esta, e a corrente induzida na espira tem o sentido indicado na figura.



Pólo norte próximo da espira: aumento do fluxo e o sentido da linha são o mesmo que as do ímã

Aplicando-se a essa corrente a regra da mão direita, verifica-se que o campo produzido por ela (campo induzido) tem sentido oposto ao do ímã (campo indutor).

Quando afastamos o ímã da espira, o fluxo do campo indutor diminui, e a corrente induzida tem o sentido contrário à situação anterior (figura).



Afastando-se o ímã, o fluxo diminui, o sentido da linha de indução é o mesmo que as do ímã





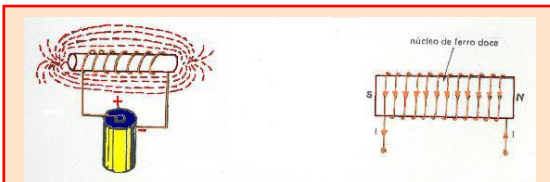
A partir daí Lens formulou a seguinte lei:

O sentido da corrente induzida é de tal maneira, que cria um fluxo magnético capaz de anular a variação do fluxo indutor.

Aplicações dos Ímãs

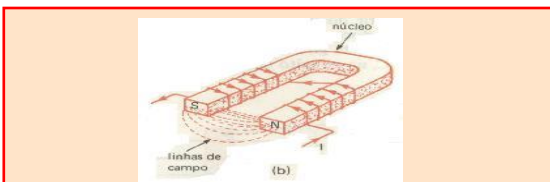
Eletroímã

É um dispositivo constituído de um núcleo de ferro doce (baixo teor de carbono) que se magnetiza somente quando existe campo magnético devido à corrente que circula nas espiras que o envolvem (Figura). Sua magnetização é temporária, o que não ocorreria caso o núcleo fosse de aço, por exemplo. A ação de um eletroímã aumenta com o aumento da intensidade I da corrente ou do número de voltas da espira.



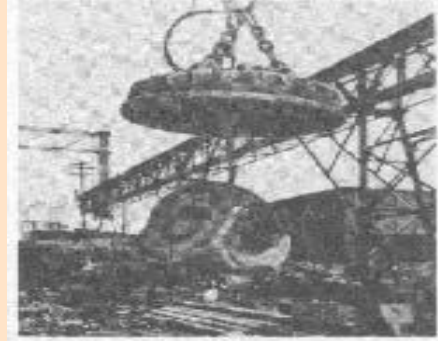
Magnetização obtida a partir do campo magnético devido a corrente

Na figura abaixo, o núcleo do eletroímã tem forma de U (ou ferradura). Observe que as espiras são enroladas em sentidos opostos em cada parte do núcleo, a fim de originar polos diferentes.



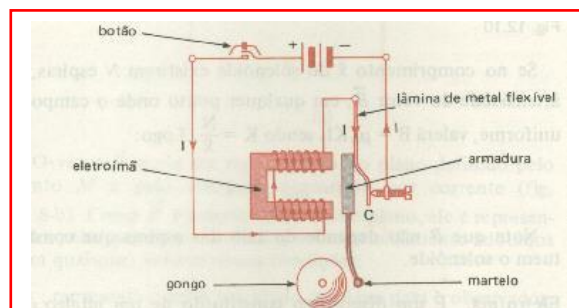
Eletroímã com núcleo em forma de U

O eletroímã além de ser usado em guindaste para levantar objetos de ferro pesados (figura), um eletroímã é parte essencial de muitos aparelhos elétricos tais como:



Eletroímã usado em guindaste

- 1) **Campainha elétrica** – Quando se aperta o botão, o circuito se completa. Assim, a corrente passa nas espiras do eletroímã, que se magnetiza e atrai a barra de ferro doce, chamada **armadura**. Esta, ao se deslocar, bate com o martelo no gongo. Nesse instante, o circuito é aberto no ponto C do parafuso de contato; a corrente cessa, o eletroímã perde seu magnetismo e não atrai mais a armadura. A lâmina de metal flexível puxa, então, a armadura e refaz o contato em C, fechando novamente o circuito. A seqüência é repetida enquanto estiver apertado o botão da campainha.

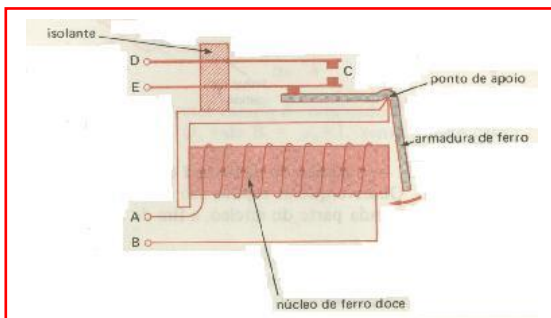


Funcionamento da campainha elétrica





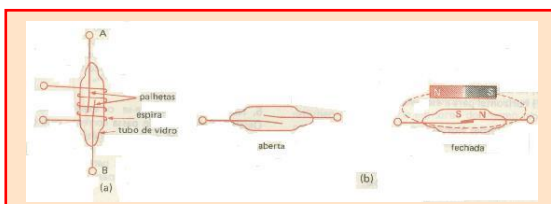
2) **Relé** – É um dispositivo de segurança, muito útil quando queremos que um circuito controle outro, especialmente se este é percorrido por corrente muito intensa, o que torna perigosos aciona-lo diretamente. Quando a corrente passa pela espira, a partir do circuito ligado aos terminais **A** e **B**, o núcleo de ferro doce se magnetiza e atrai a armadura de ferro em forma de **L**. Esta gira sobre seu ponto de apoio e fecha os contatos em **C**, no circuito ligado aos terminais **D** e **E**.



Funcionamento do relé

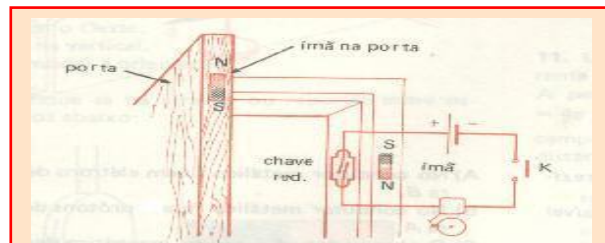
3) **Chave reed** – Quando a corrente passa na espira, seu campo magnetiza as palhetas, feitas de material magnético. As extremidades tornam-se pólos opostos e uma palheta é atraída para a outra, fechando o circuito ligado aos terminais **A** e **B**. As palhetas se separam quando a corrente é desligada.

As chaves reed também podem ser operadas por ímãs permanentes



Funcionamento das chaves reed

A figura abaixo, mostra o emprego de uma chave reed num sistema de alarme contra arrombamento de porta.



Chave reed num sistema de alarme numa porta

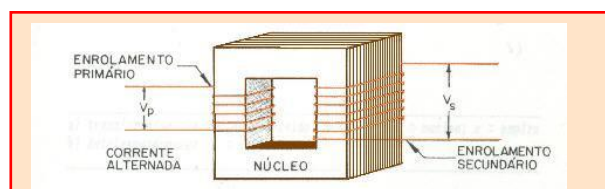
Transformadores Usados em Radiologia

Os transformadores são também instrumentos cujo funcionamento se baseia na indução eletromagnética. Tem a função de aumentar e diminuir tensões e correntes alternadas. Cuidado! Um transformador ligado em corrente contínua se queimará.

a) Princípio de construção

O transformador em sua forma mais simples é composto das seguintes partes:

- 1– Uma bobina de entrada de tensão (enrolamento primário);
- 2 – Uma bobina de saída de tensão (enrolamento secundário).
- 3 – Um núcleo de ferro (elemento que forma o circuito magnético do transformador).



Transformador em sua forma mais simples



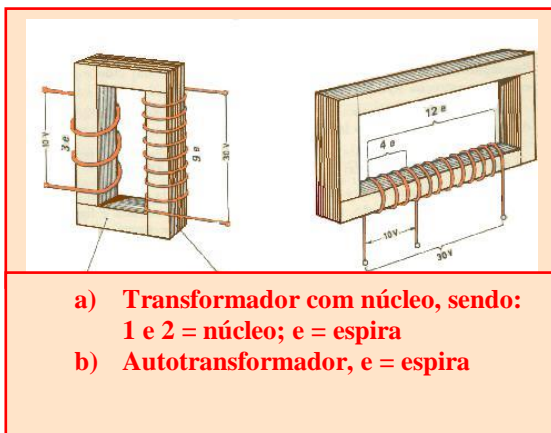


Os núcleos de ferro são constituídos de chapas metálicas sobrepostas e isolados entre si, para que as linhas de força gerada pelo enrolamento primário, passe para o enrolamento secundário sem alguma perda (corrente parasita – Foucault). Conforme a forma do núcleo e o efeito de transformação, podemos distinguir:

- Transformador de núcleo envolvido (figura –a seguinte)
- Transformador de núcleo envolvente
- Autotransformador (figura-b)
- Transformador de núcleo anelar

Os transformadores podem ainda ser classificados, segundo seu isolamento e sistema de refrigeração, em transformadores em ar (seco) e transformadores em óleo.

O óleo tem uma capacidade de isolamento (rigidez dielétrica) muito maior que o ar e permite construir transformadores de dimensões mais reduzidas. Devido à circulação do óleo, obtem-se uma boa dissipação de calor, originado no material ativo do transformador, até as paredes externas. Com óleo de elevada rigidez dielétrica, consegue-se isolações superiores a 300 kV/cm.



As tensões entre o primário e o secundário vão depender da relação do número de espiras entre elas que é chamada de razão de transformação. A relação é dada por:

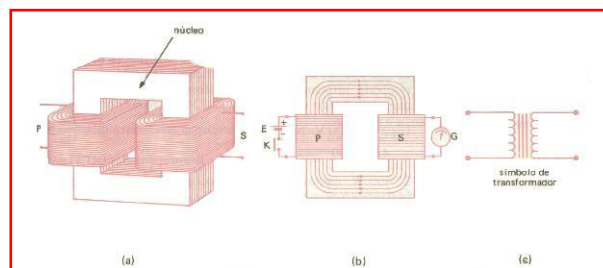
$$N = \frac{E_P}{E_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

Onde:

E_P = espiras do enrolamento primário
 E_S = espiras do enrolamento secundário
 N = relação entre o número de espiras do primário com o secundário.

b) O efeito da transformação elétrica

Quando uma ddp “ U_P ” alternada é aplicada nas extremidades do primário do transformador, uma corrente também alternada surge nas espiras desse enrolamento. Essa corrente produz um campo magnético variável no interior da bobina, imantando o núcleo de ferro. As linhas desse campo passam através do enrolamento secundário e, desse modo, temos um fluxo magnético através das espiras desse enrolamento secundário. Como esse fluxo varia, uma vez que o campo magnético é variável, uma f.e.m. é induzida nas espiras do secundário, fazendo aparecer uma ddp “ U_S ” nos extremos dessa bobina.



Funcionamento do transformador elétrico



Resumindo, podemos dizer que, quando uma ddp alternada U_P é aplicada nos extremos da bobina primária de um transformador, uma ddp U_S surge nos extremos da bobina secundária.

É possível demonstrar, a partir da Lei de Faraday, que a relação entre U_P e U_S é proporcional à relação entre o número de espiras no primário N_P e no secundário N_S , assim:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

A partir da proporção acima se concluiu que:

- Há aumento de tensão quando o número de espiras do primário é menor que o número de espiras do secundário;

$$N_P < N_S$$

- Há diminuição de tensão quando o número de espiras do primário é maior que o número de espiras do secundário.

$$N_P > N_S$$

Observações: Como os transformadores possuem um elevado rendimento (maior que 90%), o produto dos valores da tensão e da intensidade de corrente (= potência elétrica em **W** ou **VA**), tanto na entrada como na saída, são aproximadamente iguais. A pequena perda de potência observada se compõe de perdas no núcleo de ferro e nos condutores da bobina.

c) Transformadores de alta tensão

Os transformadores de alta tensão inclusive em aparelhos de raios – X, trabalham com elevação de tensão e redu-

ção de intensidade de corrente elétrica.

d) Transformador de aquecimento

Os transformadores de aquecimento (filamento) trabalham com redução de tensão e aumento de intensidade de corrente elétrica.

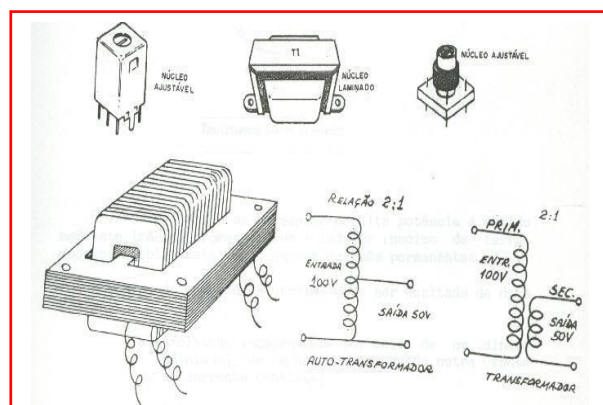
e) Transformadores para instrumentos

Os transformadores para instrumentos são aqueles utilizados para fins de medição e alimentação de reles de baixa potência. Podem ser só de tensão (transformadores de potência) ou só de intensidade de corrente (transformador de corrente) em seu efeito de transformação.

f) Autotransformadores

Geralmente os autotransformadores são conhecidos também como reguladores de voltagem. Este tipo de transformador tem uma particularidade: o enrolamento primário tem uma parte comum com o secundário.

Na figura abaixo temos alguns tipos de transformadores:



Transformadores usados na prática

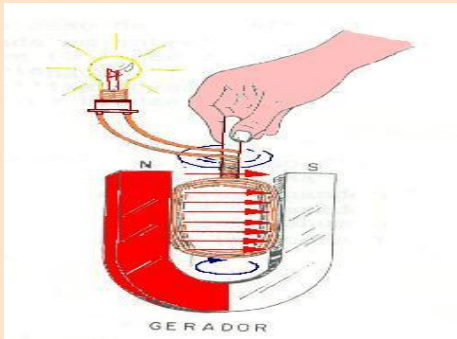




Gerador

Vimos em capítulos anteriores que um gerador é um aparelho que realiza trabalho para gerar corrente elétrica contínua ou alternada. Explicamos o seu funcionamento tomando por base a figura.

1 – Colocando-se uma bobina entre os pólos de um ímã em forma de U e fazendo girar a bobina, seus fios cortam as linhas de força magnéticas gerando assim, corrente elétrica.



Funcionamento básico do gerador

O campo magnético de geradores de alta potência é obtido mediante ímãs eletromagnéticos – (indutor núcleo de ferro doce com bobina metálica), em vez de ímãs permanentes.

A bobina de campo do eletroímã pode ser excitada de duas formas:

1. **Excitação** independente por meio de um **dinamo** adicional, de um acumulador ou de outra fonte de corrente contínua.
2. **Auto-excitação** por meio de uma corrente fornecida pelo próprio gerador, sendo necessário, para isso, que o núcleo de ferro apresente um certo magnetismo remanescente.

Em relação à bobina metálica condutora (induzido) esta deve estar disposta ao redor de um eixo giratório e montada sobre um núcleo de ferro, a fim de aumentar o seu rendimento.

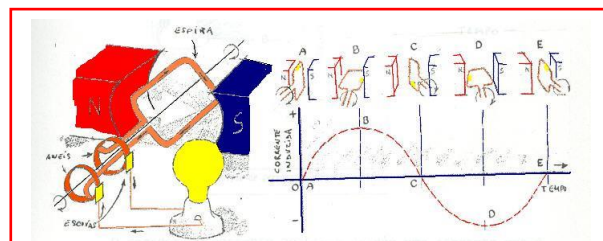
O sistema coletor de corrente se compõe de:

1. No caso de **corrente contínua**, de um coletor (comutador) e escovas de carvão – grafita;
2. No caso de **corrente alternada monofásica**, de 2 anéis coletores e escovas de bronze ou de bronze – grafita;
3. No caso de **corrente alternada trifásica**, se ligada em estrela com neutro, de 4 anéis coletores (3 fases e um neutro); se ligada em triângulo de 3 anéis coletores (3 fases), utilizando-se ambos os casos, escovas de bronze ou de bronze – grafita.

• Geradores de corrente alternada

Na figura abaixo, uma pequena etiqueta é colocada em um lado da espira (induzido) tal que possamos segui-la ao girar:

- 1- Na posição superior (A) nenhuma corrente é induzida na espira.
- 2- Quando a espira gira no sentido do relógio (B) uma corrente é induzida (direção positiva).
- 3- A espira fica novamente vertical (C) nenhuma corrente flui.
- 4- Quando a espira é girada da vertical uma corrente é induzida na outra direção (direção negativa).



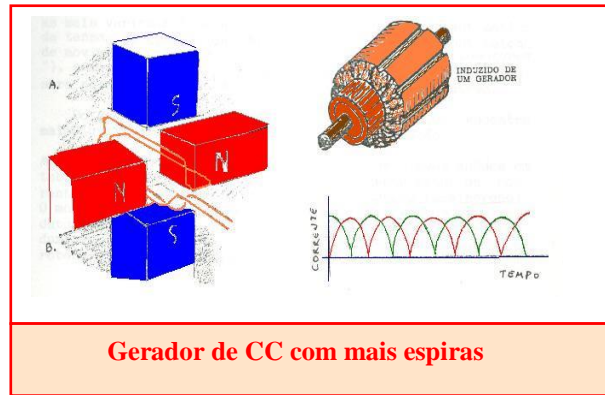
Princípio de gerador de corrente alternada



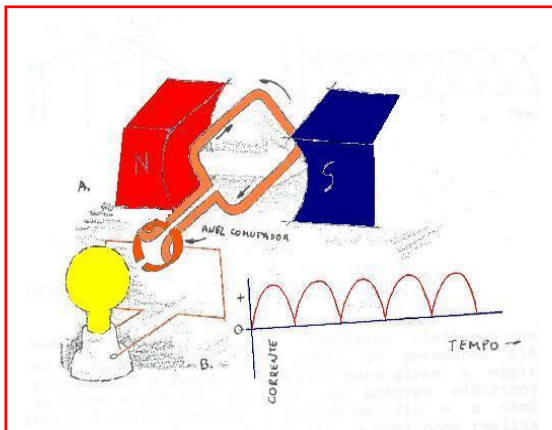


• Geradores de corrente contínua

Um tubo de raios – X não opera eficientemente com corrente alternada, portanto, o gerador tem que produzir corrente contínua. O gerador de corrente contínua difere somente do gerador de corrente alternada, porque tem somente um anel comutador e quebrado em duas partes, tal que, quando a espira girar, faça contato primeiro com um lado e depois com o outro, isto produz uma corrente que sempre caminha na mesma direção, como mostrado na figura.



Gerador de CC com mais espiras



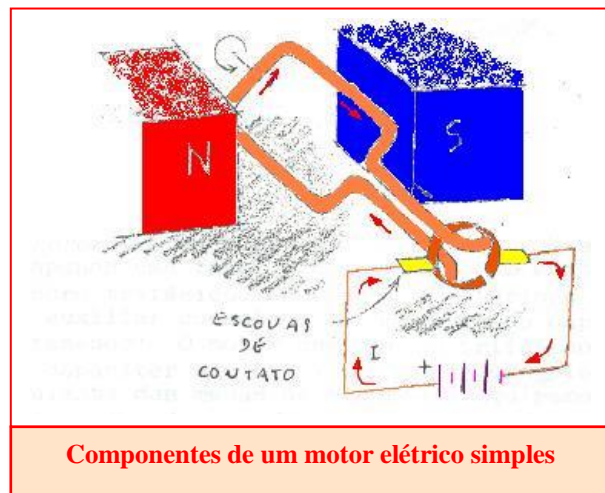
Princípio de gerador de corrente contínua

O gerador de corrente contínua produz uma corrente que é sempre na mesma direção, mas não é de toda constante. A corrente alterna em magnitude. Em regra, para produzir uma corrente constante, ambas em magnitude e direção, teremos de ter mais voltas de fio cortando o campo magnético (figura seguinte).

Dois pólos norte e dois pólos sul são usados em conjunto com mais voltas de espiras, as quais cortarão o campo magnético mais vezes.

Motor Elétrico

Os motores elétricos têm suas construções similares aos geradores de corrente elétrica. Em geral, os geradores elétricos precisam de algum meio mecânico para girar a espira dentro do campo magnético, enquanto os motores elétricos, uma corrente é feita circular na espira de fio e o campo magnético produz uma força sobre o fio, a qual pode realizar trabalho.



Componentes de um motor elétrico simples

Na radiologia se utiliza todo tipo de motores (motores de CC, monofásica, trifásica ou universal). Para as mais variadas funções, por exemplo, regulação automática da tensão de alimentação do tubo de raios – X, substituição de movimentos manuais por motores auxiliares



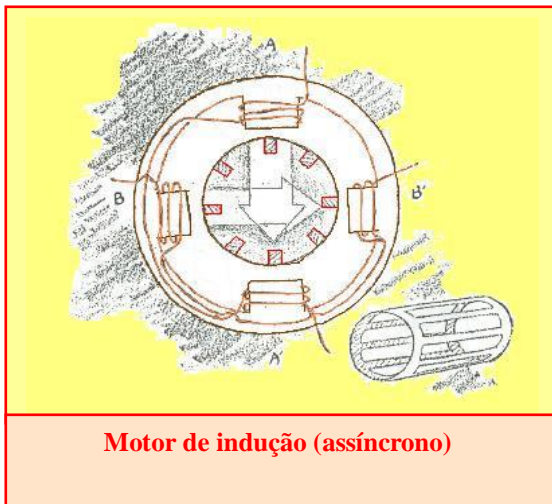


(servomotores), como em seriógrafo; para acionamento de grade antidifusora para telecomando do diafragma de radiação e outros.

Do grande número de motores existentes, o que encontra maior utilização é do tipo assíncrono, de indução.

- **Motor assíncrono (indução)**

A rotação de alguns anodos em tubos de raios – X, são feitos por um pequeno motor de corrente alternada conhecida por motor de indução (assíncrono). O motor de indução usa uma série de eletromagnetos como indutor (estator fixo) ao redor do induzido (rotor) para produzir um campo magnético rotatório. O número de rotações do rotor, depende do número de campos móveis produzidos.



Motor de indução (assíncrono)

- **Motor assíncrono monofásico com capacitor**

Neste motor é conectada apenas uma fase; ele substitui em muitos casos os motores assíncronos trifásicos. Seu campo magnético giratório é criado por uma bobina auxiliar conectada em série com

capacitor (capacitor – defasador). O motor assíncrono trifásico e o monofásico com capacitor são utilizados, por exemplo, no movimento basculante das mesas de exame dos equipamentos de radiodiagnóstico. O motor assíncrono com capacitor é utilizado também para o acionamento dos anodos giratórios dos tubos de raios – X.

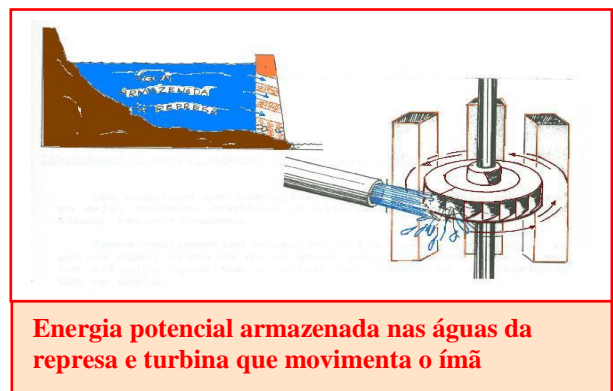
- **Motor síncrono**

Relógios e temporizadores (times) são comandados por motores síncronos. O motor tem velocidade diretamente proporcional a frequência da corrente que o opera. A corrente alternada fornecida para o motor produz a corrente de comando. Geralmente esta é de 60 ciclos por segundo, o que se torna conveniente para relógios ou outros dispositivos marcadores de pulsos.

Usinas Hidroelétricas

A maior parte da energia elétrica que recebemos é de hidroelétricas, provinda da energia armazenada pelas águas das represas.

Das represas, canaliza-se a água até as turbinas, estas giram e movimentam ímãs enormes. Em volta do ímã existem bobinas. O ímã, movimentando-se cria corrente elétrica nos fios das bobinas e esta vai até as estações de distribuição de energia. Após determinados processos a eletricidade chega até nossa casa e a indústria.



Energia potencial armazenada nas águas da represa e turbina que movimenta o ímã

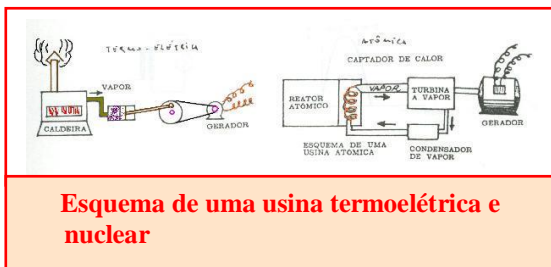




Atualmente já existem usinas termoeletricas e usinas nucleares. As turbinas dessas usinas não são movimentadas por pressão da água armazenada nas represas.

Nas usinas termoeletricas, as turbinas são movimentadas pela pressão de vapor d'água, o qual surge da queima de carvão ou derivados do petróleo.

A energia provinda das usinas nucleares surge de reações nucleares. Essas reações criam grande quantidade de calor fazendo com que a pressão dos vapores de água, movimente as turbinas.



Somente quem enxerga longe será um vencedor, pois a vantagem de enxergar longe é que você jamais será surpreendido e estará sempre pronto para as adversidades da vida.





EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

1 – Complete as lacunas

- a) A corrente produzida por um ímã num circuito é chamada de
- b) A fem. Induzida é calculada pela expressão:
- c) O número de linhas de força que passam pelo circuito magnético chamam-se
- d) O fluxo magnético calcula-se através da expressão:
- e) A unidade do fluxo magnético é o:
- f) O quociente da variação do fluxo magnético pelo intervalo de tempo é igual a do circuito
- g) “A corrente elétrica induzida apresenta um sentido, de tal modo que seu campo magnético se opõe a ação do qual originou”. Esta lei citada deve-se ao físico
- h) O ímã que varia seu campo magnético próximo a uma bobina produz uma é o ímã é chamado de e o fenômeno é chamado de
- i) Eletroímã é um dispositivo constituído de um de ferro doce que se quando existe um decorrente da corrente que circula nas espiras.
- j) Nos eletroímãs de um modo geral “magnetização” é e nos ímãs é
- k) A ação do eletroímã com o aumento de ou com o número de de espiras
- l) O eletroímã tem aplicações em vários dispositivos tais como:
.....
e

- m) Transformador é composto das seguintes partes:
....., e o
- n) As tensões entre o primário e o secundário vão depender da relação do entre eles
- o) Um transformador nos fornece alta tensão com uma e baixa tensão com uma e baixa tensão com
- p) Há aumento de tensão quando o número de espiras do primário é que o número de espiras do secundário
- q) Há diminuição de tensão quando o número de espiras do primário é que o número de espiras do secundário
- r) Segundo o seu isolamento e sistema de refrigeração dos transformadores podem ser de e
- s) As tensões entre primário e secundário depende da chamada que é expressa por:
- t) A partir da lei de Faraday a expressão que relaciona U_p e U_s com as espiras e dada por:
- u) Quando uma ddp alternada é aplicada nos extremos da bobina primária de um transformador, surge uma nos extremos da

2 – Responda os testes

Indução eletromagnética é:

- a) A criação de uma fem. por meio de uma corrente elétrica;
- b) Variação do campo magnético pela variação da resistência elétrica
- c) Geração de uma fem. criada por meio da variação do fluxo magnético no decorrer do tempo
- d) Fenômeno diferente existente nos transformadores.





3 – Em um condutor, uma corrente elétrica induzida ocorre quando:

- a) O condutor em movimento corta as linhas de indução
- b) Um ímã é percorrido por uma corrente elétrica
- c) O condutor se movimenta transversalmente as linhas de indução
- d) O campo magnético é criado por uma corrente elétrica

4 – Fluxo magnético é:

- a) O total de linha de força que atravessam um campo magnético
- b) O conjunto de linhas de força que atravessam correntes elétricas
- c) O total de linhas de força que atravessam um circuito magnético
- d) Fenômenos estranhos ocorridos no transformador.

5 – O fluxo magnético é calculado através da expressão:

- a) $O = B \cdot l \cdot \cos \theta$
- b) $O = V \cdot l \cdot \cos \theta$
- c) $O = B \cdot A \cdot \sin \theta$
- d) $O = B \cdot A \cdot \cos \theta$

6 – A unidade de fluxo magnético é o:

- a) ampere
- b) Coulumb
- c) Weber
- d) Farad

7 – As linhas de indução geradas por correntes elétricas são:

- a) helicoidais
- b) circulares
- c) abertas
- d) fechadas

8 – A função do comutador em um motor elétrico é:

- a) Produzir corrente elétrica
- b) Um dispositivo que inverte a corrente do rotor (parte móvel do motor)
- c) Aumentar as linhas de força
- d) Aumentar a resistência elétrica do motor

9 – Um motor em sua forma mais simples apresenta:

- a) Campo magnético, eletroímã e comutador
- b) Eletroímã, comutador e chave
- c) Campo magnético, pólo e comutador
- d) Pólo, chave e eletroímã

10 – Um transformador:

- a) Fornece alta tensão como alta corrente e baixa tensão com alta corrente
- b) Fornece alta tensão com uma corrente baixa e baixa tensão com baixa corrente
- c) Fornece alta tensão com uma corrente baixa e baixa tensão com alta corrente
- d) Fornece alta tensão com uma corrente alta e baixa tensão com baixa corrente

11– Para que ocorra o fenômeno da indução eletromagnética é suficiente que:

- a) Cargas elétricas interajam com campos elétricos
- b) Cargas elétricas, em número constante por segundo, atravessem o circuito
- c) Ocorra a variação de um fluxo magnético através de uma bobina
- d) Uma corrente elétrica contínua produza um campo magnético
- e) Ocorra a existência de um campo magnético em regiões próximas do observador

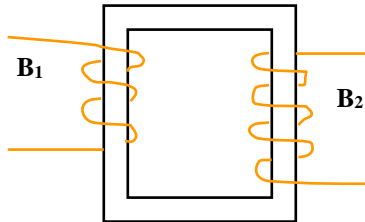
12– Um transformador elétrico com 100% de eficiência tem o secundário com espiras muito mais numerosas que o primário. Quando circula corrente alternada no enrolamento primário, obtemos, no secundário:

- a) Corrente muito intensa
- b) Maior potência elétrica
- c) Maior diferença de potencial
- d) Corrente contínua, pois a corrente é transformada.





- 13- O transformador esquematizado na figura abaixo, tem bobina B_1 ligada a uma fonte de tensão contínua. Na bobina B_2 mede-se a tensão:



- a) Contínua
 b) Nula
 c) Variável
 d) Alternada
- 14- O fio do primário de um transformador usualmente possui maior diâmetro que o fio do secundário porque o primário possui maior:
- a) Tensão
 b) Resistência
 c) Corrente
 d) Número de espiras
 e) NRA
- 15- Dada as seguintes afirmações:

I – Se aproxima um ímã perpendicularmente ao plano de uma espira, aparecerá uma corrente elétrica induzida

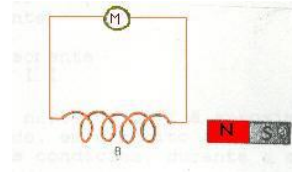
II- Se aproximarmos uma espira, percorrida por uma corrente i , de uma outra disposta paralelamente a ela, surge nesta uma corrente elétrica induzida

III- Se um ímã se encontra em frente a uma espira, esta é atravessada por um fluxo magnético. Nestas condições, surgirá na espira uma corrente elétrica induzida

Podemos dizer que:

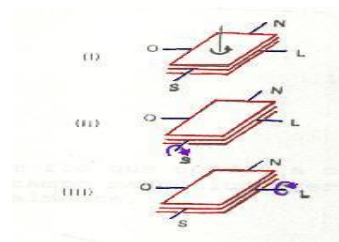
- a) Somente I e III são corretas
 b) Somente II e III são corretas
 c) Somente I e II são corretas
 d) Somente II é correta
 e) Somente I é correta

- 16- A figura mostra um ímã próximo a um circuito constituído por uma bobina (B) e um medidor sensível (M) de corrente.



Colocando-se a bobina e o ímã em determinados movimentos, o medidor poderá indicar passagem de corrente na bobina. Não haverá indicação de passagem de corrente pelo medidor quando:

- a) O ímã e a bobina se movimentarem aproximando-se mutuamente
 b) A bobina se aproximar do ímã, que permanece parado.
 c) O ímã se deslocar para a direita e a bobina para a esquerda.
 d) O ímã e a bobina se deslocarem ambos para a direita, com a mesma velocidade
 e) O ímã se aproximar da bobina e esta permanecer parada
- 17- Numa região onde o campo magnético da terra pode ser considerado uniforme e dirigido no sentido do sul para o norte, um estudante tenta produzir corrente elétrica girando uma bobina retangular no sentido indicado na figura pela seta. Em qual (ou quais) das situações seguintes o estudante não poderá detectar corrente?



- a) Em I somente
 b) Em II somente
 c) Em III
 d) Em I e II somente
 e) Em I, II e III

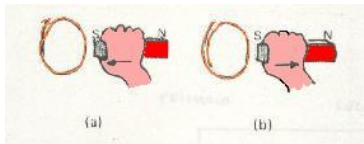




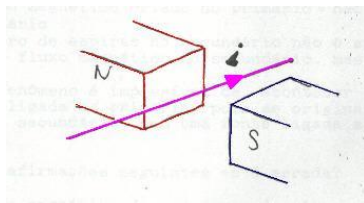
18- Faz-se o pólo norte de um ímã aproximar-se da extremidade de um solenóide, em circuito aberto, conforme ilustra a figura. Nestas condições, durante a aproximação aparece:

- Uma corrente elétrica que circula pelo solenóide
- Um campo magnético paralelo ao eixo do solenóide e contrário ao campo do ímã
- Uma fem. entre os terminais do solenóide
- Um campo magnético perpendicular ao eixo do solenóide
- Um campo magnético paralelo ao eixo do solenóide e de sentido oposto ao do ímã

19- Determine o sentido da corrente elétrica induzida na espira, nos casos indicados a seguir:



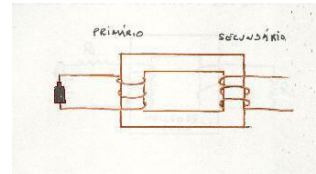
20- O esquema mostra um fio que conduz a corrente elétrica i no interior de um campo magnético gerado por dois ímãs dispostos horizontalmente.



A força eletromagnética atua no fio no sentido de deslocá-lo:

- para o pólo norte
- para o pólo sul
- no sentido da corrente
- na vertical para cima
- na vertical para baixo

21- Ligando-se uma pilha de $1,5\text{ V}$ ao primário de um pequeno transformador, conforme a figura, não haverá voltagem induzida no secundário. Qual das afirmativas justifica esse fato?



- Uma corrente constante não produz campo magnético no núcleo de ferro
- O campo magnético criado no primário não atravessa o secundário
- O número de espiras no secundário não é suficiente
- Existe fluxo magnético no secundário, mas ele não varia
- Esse fenômeno é impossível de acontecer com qualquer fonte ligada ao primário, pois se originaria uma voltagem no secundário, sem uma fonte ligada a ele.

22- Qual das afirmações seguintes está errada?

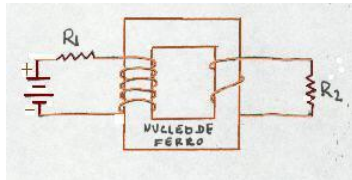
- O campo magnético de geradores de alta potência é obtido mediante ímãs eletromagnético.
- Em geral, os geradores elétricos precisam de algum meio mecânico para girar a espira dentro do campo magnético, enquanto os motores elétricos, precisam apenas de uma corrente elétrica
- Um tubo de raios - X para funcionar necessita de tensão alternada
- Gerador de corrente alternada difere do gerador de corrente contínua somente quanto ao número de coletores (comutadores)
- Quanto mais contínua a tensão de alimentação (catodo anodo) melhor a dose resultante decorrente da exposição.



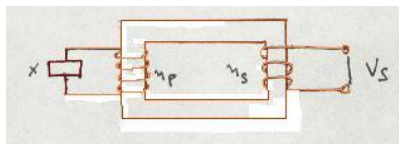


- 23- A figura abaixo representa um transformador com um primário constituído por $N_1 = 5$ espiras de resistência $R_1 = 10$ ohm alimentado por um gerador de fem. constante $E = 100$ V, e um secundário de $N_2 = 2$ espiras de resistência R_2 ohm.

No secundário não passa corrente, porque:

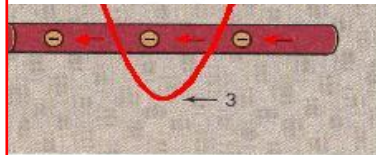
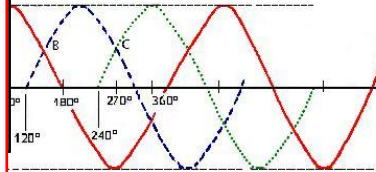


- $N_2 < N_1$
 - $R_2 > R_1$
 - O núcleo de ferro é fechado
 - As espiras estão enroladas em sentidos contrários
 - Nenhuma das anteriores
- 24- Na figura abaixo temos um transformador ligado a um dispositivo X (desconhecido).



Assinale a afirmativa correta:

- Se X for uma bateria de corrente contínua, não haverá fluxo magnético no secundário
- Se X for uma pilha de lanterna, haverá fluxo no secundário e a tensão V_S será nula
- Se X for uma fonte de corrente alternada, haverá fluxo variável apenas no secundário.
- Se X for um gerador de corrente alternada, a tensão de saída será maior que a de entrada.



*quem
se será
pois a
m ue enxergar
é que você
será
surpreendido e estará
sempre pronto para as
adversidades da vida.*





ASPR

ASSESSORIA E SERVIÇOS EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E
CONTROLE DE QUALIDADE

Capítulo - 4 e 5

Eletromagnetismo: Inversores e Retificadores de Corrente Elétrica

Assuntos

- 1. Inversores e Retificadores de corrente elétrica**
- 2. Compreensão de circuitos eletrônicos básicos dos aparelhos emissores dos raios -X**

Rua Paulo Portela, nº 90 - Bairro Castália - Cep: 45.522-140 - Ilheus/Bahia
Fone contato: (73) 99191 - 1119 ; E-mail: aspronline@hotmail.com
www.aspronline.wix.com/aspronline ; www.facebook.com/aspronline





4. INVERSORES E RETIFICADORES DE CORRENTE ELÉTRICA

São dispositivos que convertem um tipo de corrente em outro, ou seja, corrente contínua em alternada ou alternada em contínua, respectivamente.

Esses equipamentos podem ser estáticos ou dinâmicos. No último caso, trata-se de um grupo motor-gerador, onde o motor elétrico substitui o motor de combustão ou turbina, os quais são:

1) Conversão de corrente contínua em corrente alternada

Motor contínuo acoplado a um gerador de corrente alternada;

2) Conversão de corrente alternada em contínua

Motor alternado acoplado a um gerador de corrente contínua.

A conversão de corrente alternada em corrente contínua para alimentar os eletrodos do tubo de raios - X são obtidos por meios de circuitos retificadores utilizando válvulas ou diodos semicondutores conforme abaixo:

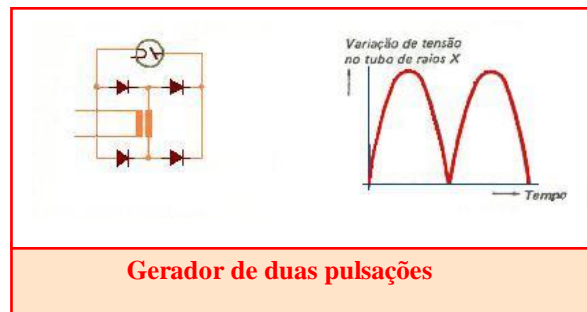
a) Geradores de uma pulsação:

Nos geradores de uma pulsação a retificação é feita pelo próprio tubo de raios - X.



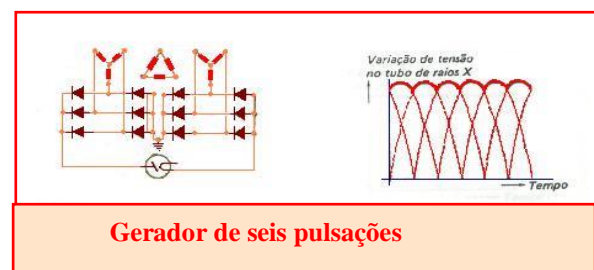
b) Geradores de duas pulsações:

Nos geradores de duas pulsações utilizam-se retificadores de selênio em conexão Graetz. Neste tipo de conexão ocorre o aproveitamento das duas meias-ondas resultando numa dose de raios - X mais elevada.



c) Geradores de seis pulsações

Nos geradores de seis pulsações, por exemplo, isto é conseguido pela retificação em paralelo de doze retificadores de selênio. Isto resulta numa menor ondulação da tensão no tubo de raios - X, com variações de 13%, e com aproveitamento ainda maior da dose do que em geradores de duas pulsações.



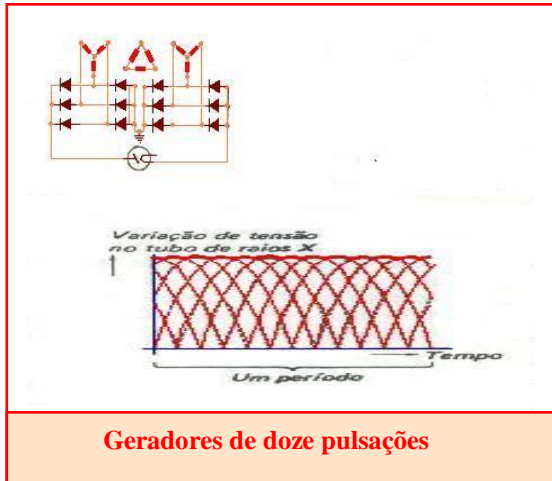
d) Geradores de doze pulsações

Nestes geradores se tem retificação dupla em circuitos estrela e triângulo, com uso de 2 x 6 retificadores de selênio. Verifica-se notável diminuição





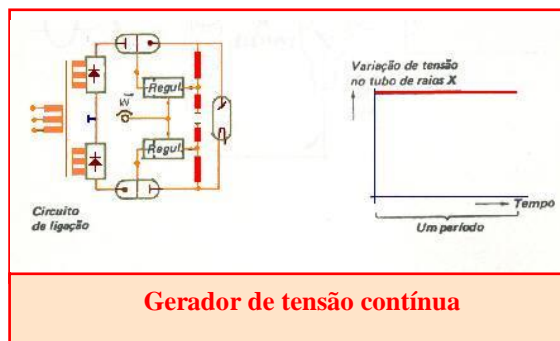
da ondulação da tensão no tubo de raios – X (cerca de 3%) e, assim, um aproveitamento maior que em geradores de seis pulsações.



Geradores de doze pulsações

e) Geradores de tensão contínua

Nos modernos geradores de corrente contínua consegue-se aplicar, mediante triodos de comutação e regulação, uma tensão contínua ao tubo de raios – X. O aproveitamento da dose é máximo.

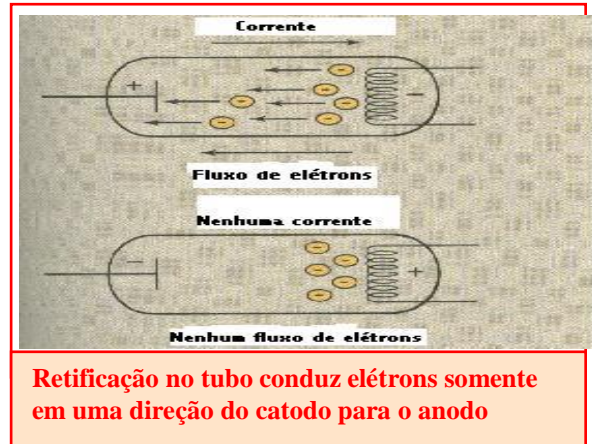


Gerador de tensão contínua

f) Retificadores

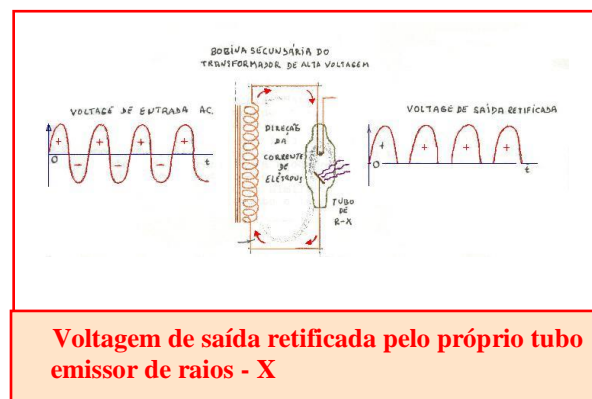
Como dissemos antes, para um transformador trabalhar, necessita de uma corrente alternada, porque estes opera no princípio da indução

eletromagnética. Portanto, ambas voltagens de entrada e saída do transformador alternam continuamente em valor. Entretanto, a corrente no tubo de raios – X caminha somente em uma direção. Um **retificador** é um dispositivo eletrônico que **faz uma corrente alternada caminhar somente em uma direção**.



Retificação no tubo conduz elétrons somente em uma direção do catodo para o anodo

O próprio tubo de raios – X é um retificador simples, porque faz a corrente de elétrons caminhar somente na direção do filamento para o anodo. Por isso o tubo de raios – X é conhecido como **auto – retificador**. Observe na figura seguinte que a voltagem alternada na bobina secundária do transformador produz uma voltagem de saída retificada que é somente a metade do ciclo AC.

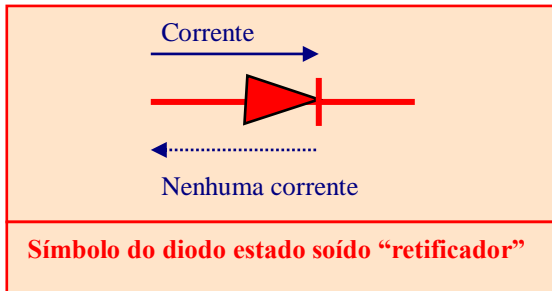


Voltagem de saída retificada pelo próprio tubo emissor de raios - X





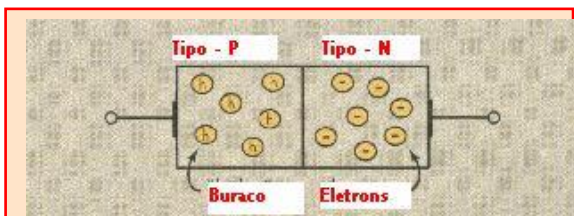
Atualmente existem os retificadores de estado sólido desenvolvidos a partir de materiais semicondutores e chamados de diodos e representados esquematicamente como a figura abaixo.



Semicondutores são classificados em dois tipos: tipo - N e tipo -P. O semicondutor tipo - N tem os elétrons ligados quase frouxo que estão relativamente livres para moverem-se dentro do material.

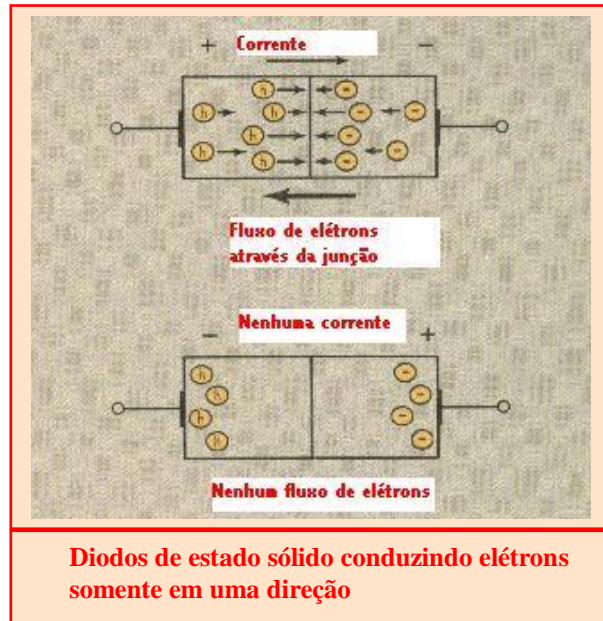
Semicondutores tipo - P tem espaços onde não há elétrons, chamados buracos. Estes buracos são similares aqueles espaços entre carros em trafico pesado. Quando a linha do carro se move para frente, o espaço move-se para traz. Os buracos são tão moveis quanto os elétrons.

Considere um cristal muito pequeno de material tipo - N colocada em contacto com um cristal tipo - P para formar o que chamamos de uma junção P-N (figura).



Diodo de estado sólido mostrando a junção P-N

Se um potencial maior é aplicado sobre o lado P da junção, então os elétrons e os buracos ambos migram para a ala da junção e viajam através desta (figura)



Este fluxo de elétrons e buracos constitui uma corrente elétrica. Se, entretanto, um potencial positivo é aplicado sobre o lado N da junção, ambos, os elétrons e buracos afastam-se da junção e não haverá elétrons na superfície da junção disponível para formar corrente. Neste caso não haverá corrente elétrica através da junção P-N., portanto uma junção P-N de estado sólido tende a conduzir eletricidade somente em uma direção.

Os diodos de estados sólidos como tubos, são retificadores porque ele passa corrente elétrica facilmente em uma só direção.





5. COMPREENSÃO DE CIRCUITOS ELÉTRÔNICO BÁSICOS DOS APARELHOS EMISSORES DE RAIOS - X

Introdução

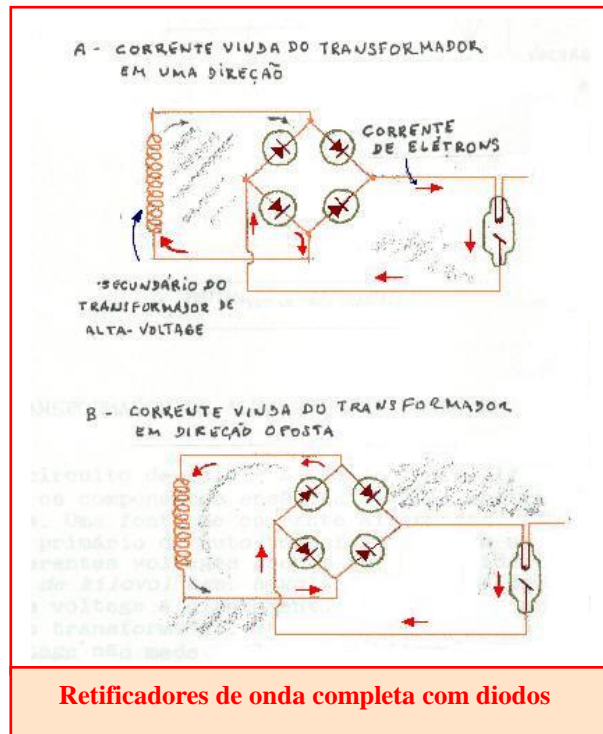
Nesta parte do nosso estudo, vamos agora começar a montar os componentes de um tubo de raios - X; transformadores, retificadores, o tubo de raios - X, etc. Basicamente o que precisamos é de uma corrente contínua, uma fonte de alta voltagem que seja prontamente controlada, e uma corrente para aquecer o filamento

Quando um tubo de raios - X é usado como retificador, há sempre uma possibilidade de o tubo danificar-se. Isto porque em exposições longas em alta potencia, o filamento é aquecido para produzir a nuvem de elétrons que bombardearão o alvo. Entretanto, quando o ciclo é revezado em um circuito auto-retificador, elétrons são arrancados do alvo quente e posto em alta velocidade em direção do filamento. Devido o filamento ser um fio fino e está quente, os elétrons que se chocam com ele (filamento) aumentam a temperatura até que este derrete e estrague o tubo para uso posterior.

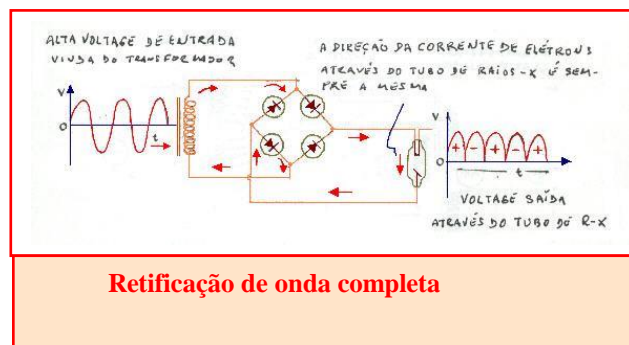
Retificadores de Onda Completa

Nas figuras seguintes **a** e **b**, quatro diodos retificadores foram arranjados no circuito tal que a saída retificada seja uma onda completa. Note na figura-a e na figura-b que embora a corrente vinda do transformador de alta-voltagem alterne, a corrente de elétrons que passa através do tubo de raios - X vai sempre na direção do filamento (catodo) para o anodo.

Os retificadores são posicionados tal que uma parte do ciclo da corrente seja bloqueado por um retificador e re-metido para o catodo pelo o outro retificador. Na segunda metade do ciclo uma ação de bloqueio similar pelo outro retificador novamente empurra a corrente a ir para o catodo.



A figura -c mostra quatro diodos retificadores mudando a voltagem alternada da bobina secundária de um transformador de alta-voltagem para uma voltagem retificada de onda completa. Esta voltagem é chamada de corrente contínua (pulsante), mas como observado na figura, não é uma corrente constante.





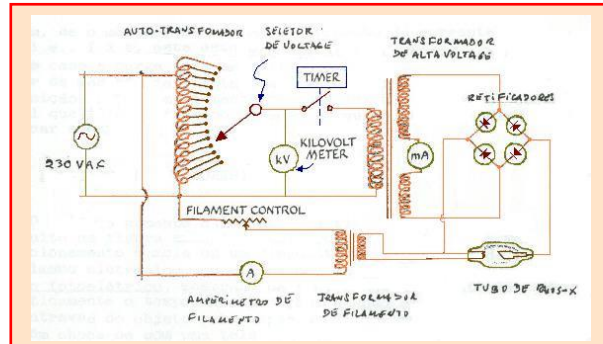
Transformador de Alta Voltagem usado em Aparelhos Emissor de Raios – X

Um circuito básico simplificado de um aparelho emissor de raios – X mostrando os componentes essenciais está mostrado na figura seguinte. Uma fonte de corrente alternada de 230 volts é ligado no primário do autotransformador com um derivador tal que diferentes voltagens possam ser escolhidas, é também o seletor de kilovoltagem.

A tensão de saída do autotransformador de voltagem é diretamente proporcional a tensão de entrada do transformador. Observe na figura que o medidor de kilovoltagem não mede realmente a kilovoltagem saída do transformador de alta voltagem. Em vez disso, mede a saída do autotransformador, que é da ordem de 230 volts máximo, mas, este é calibrado a dar uma indicação da kilovoltagem saída desde que esteja relacionado a este (transformador de alta voltagem).

Controles que operam partes do circuito são geralmente encontrados no lado do primário do transformador de alta voltagem porque há necessidade de menos isolamento para operação segura. O autotransformador principal é um transformador redutor ou abaixador que leva alguma porção dos 230 volts para o transformador de alta voltagem.

O Transformador de alta voltagem é um transformador elevador ou aumentador de tensão, o aumento de voltagem é da ordem de 150 kVp ou mais, dependendo da máquina e suas aplicações. Devido a voltagens muito altas estarem envolvidas, estes transformadores são imersos em óleo, que atua com duas funções, esfriar o transformador e isolar a alta voltagem vinda das outras partes da máquina.



Circuito simplificado de uma fonte de raios - X

Medidores em Aparelho de Raios– X

O miliamperímetro ler a corrente através do secundário do transformador de alta voltagem. Esta é também a corrente que vai através do tubo dos raios – X. A corrente que é usada para aquecer o filamento no catodo é controlada por um resistor variável na linha que contém o transformador de abaixamento (autotransformador). Este transformador de filamento tem uma saída de voltagem baixa, mas, uma grande corrente que aquece o filamento para liberar os elétrons termiônicos. Observe na figura acima que o amperímetro não lê realmente a corrente do filamento, este lê somente a corrente que está indo para a bobina primária do transformador de filamento. Mas, este é calibrado para indicar a corrente do filamento, visto que este é diretamente proporcional a corrente de filamento da bobina secundária.

Quando exposições de 1/10 de segundos ou menos são feitas, o mecanismo de um miliamperímetro ordinário não responde rápido bastante. Por esta razão um segundo tipo de medidor é inserido no circuito em série com o miliamperímetro no circuito. Este medidor é conhecido como um medidor de mAs e mede o produto do miliampere e segundo.





No capítulo anterior nós dissemos que a corrente elétrica foi definida pela equação.

$$i = \frac{q}{t} \rightarrow q = i \cdot t$$

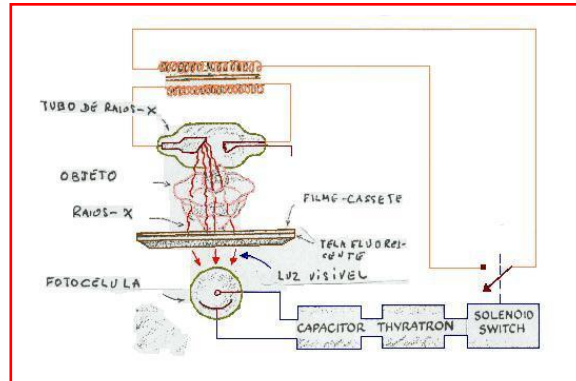
Assim, se o medidor de mAs mede o produto da corrente elétrica pelo tempo, i.é., $I \times t$, este está medindo na verdade a carga elétrica q . Neste caso a carga será em miliCoulombs. O mecanismo do medidor de, mAs não faz tentativa para seguir o tempo curto de exposição. Este simplesmente dar uma leitura para a carga total que flui através do medidor, o que é outra maneira de indicar a exposição.

Relógios (reguladores)

○ relógio está indicado somente na figura do diagrama do circuito na figura anterior. Este pode ser uma chave manual de acionamento a mola ou dispositivo automático de sincronismo eletrônico, ou alguma combinação dos dois.

Um relógio fotoelétrico, mostrado na figura abaixo, controla automaticamente o tempo de exposição. Quando os raios – X passam através do objeto para expor o filme no cassete, ele também se choca com uma tela fluorescente que emite luz visível. A luz visível então produz elétrons em uma fotocélula. Quando uma corrente vinda da fotocélula for suficiente, esta carrega o capacitor no circuito, uma válvula tyratron ativa uma chave solenóide que abre o circuito e termina a exposição. O valor do capacitor foi previamente estabelecido tal que este fique carregado inteiramente somente

quando a quantidade de radiação que alcança o filme no cassete seja bastante para produzir uma exposição correta.



Relógio nos aparelhos emissores de raios - X



ASPR – Assessoria e Serviços
em
Proteção Radiológica e Controle de Qualidade Ltda.

Fone: (73) 4141 – 1973 / (73) 3214 -4315

Celular: (73) 99191 – 1119

Site: aspronline.wix.com/aspronline **e-mail:** aspronline@hotmail.com

- ① **Plano de Transporte de Material Radioativo**
- ① **Transporte de Material Radioativo**
- ① **Plano de Radioproteção:** Radiodiagnóstico, Radioterapia e Medicina Nuclear.
- ① **Projetos de Cálculos de blindagens estruturais:** Radiodiagnóstico, Radioterapia e Medicina Nuclear.
- ① **Levantamento Radiométrico**
- ① **Teste de Radiação de Fuga**
- ① **Curso de Atualização e Treinamento de IOE ao RX**
- ① **Implantação de Programa de Controle de Qualidade**
- ① **Serviços de CQ e GQ:** RX Uso Geral, Mamografia, Fluoroscopia e TC em Diagnóstico e Odontológico.
- ① **Assessoria em Proteção Radiológica Junto a Vigilância Sanitária e CNEN.**
- ① **Elaboração de PGRSS**
- ① **Plano de Gerenciamento de Rejeito Radioativo**
- ① **Assessoria em Segurança do Trabalho Elaboração de PPRA**

Físicos Médicos e Especialista em Radioproteção e CQ e GQ

- ① **Milton Coelho Maciel**
Físico Médico ABFM nº 0664
Supervisor de Proteção Radiológica CNEN nº FT 0050
Supervisor de Proteção Radiológica CNEN nº FM 0138