

**Uniube**

UNIUBE – CAMPUS VIA CENTRO – Uberlândia/MG

Cursos de Engenharia Elétrica

Disciplina: Materiais Elétricos

Aula 1

Apresentação da disciplina

Propriedades gerais dos materiais

Revisão 1, de 26/02/2024

Prof. João Paulo Seno

joao.seno@uniube.br

1

**Uniube**

Objetivos

- **Objetivos Gerais:**

- Identificar e aplicar os vários tipos de materiais elétricos utilizados em Engenharia, bem como caracterizá-los através de suas principais propriedades.

- **Objetivos Específicos:**

- Justificar o emprego dos materiais segundo suas propriedades físicas e químicas;
- Destacar o uso dos materiais elétricos nos dispositivos e equipamentos eletro-eletrônicos;
- Caracterizar fios e cabos elétricos ;
- Conhecer o papel dos semicondutores no uso dos diodos;
- Empregar corretamente as unidades e grandezas relativas aos materiais elétricos;
- Distinguir os diversos materiais utilizados em equipamentos e componentes elétricos e magnéticos;
- Recomendar materiais para diversas aplicações na área de engenharia elétrica, acompanhar as tendências atuais e analisar as perspectivas futuras.

2

Conteúdo programático

1. Introdução ao estudo dos materiais elétricos:
 1. Necessidade do estudo e aplicação dos materiais no sistema de engenharia elétrica;
 2. Estrutura atômica e teoria das bandas de energia.
 3. Principais propriedades físicas, mecânicas, químicas e elétricas.
2. Parâmetros Elétricos : Resistência, capacitância e indutância.
3. Materiais condutores: Conceituação, caracterização e principais propriedades.
 1. Corrente elétrica nos materiais condutores;
 2. Resistência: Ação do calor na resistividade .
 3. Cobre: Principais características, propriedades e aplicações.
 4. Alumínio: Principais características, propriedades e aplicações.
 5. Outros materiais condutores.
 6. Aplicações em engenharia elétrica: fios e cabos.

3

Conteúdo programático

4. Materiais Isolantes: Conceituação, caracterização, principais propriedades e exemplos.
 1. Rigidez dielétrica;
 2. Constante dielétrica;
 3. Exemplo de aplicações dos materiais isolantes em engenharia elétrica.
5. Capacitores.
6. Materiais Semicondutores: Conceituação, caracterização e principais propriedades.
 1. Caracterização dos principais materiais semicondutores;
 2. Estrutura do Silício e do Germânio;
 3. Semicondutores extrínseco e intrínseco;

4

Conteúdo programático

6. Materiais Semicondutores: Conceituação, caracterização e principais propriedades (CONTINUAÇÃO)

4. Impureza nos semicondutores tipo P e tipo N;
5. Conceito de lacunas e elétrons de condução;
6. Portadores majoritários e minoritários;
7. Junção PN;
8. Região de transição e barreira de potencial;
9. Polarização direta e reversa.
10. Aplicação dos Materiais Semicondutores;: Diodo

7. Materiais Magnéticos:

1. Revisão dos conceitos magnéticos ;
2. Classificação dos materiais quanto à permeabilidade magnética ;

5

Conteúdo programático

7. Materiais Magnéticos (CONTINUAÇÃO)

3. Meio de propagação do fluxo magnético ;
4. Ligas ferromagnéticas ;
5. Ímãs permanentes ;
6. Aplicações dos materiais magnéticos.

8. Materiais Ópticos:

1. Conceitos básicos;
2. Tipos de materiais ópticos.

6



Planejamento (Revisão 1)

Sem.	Data	Conteúdo do professor.
1	19/02/24	Sem aula.
2	26/02/24	Apresentação do professor. Apresentação da disciplina: objetivos, conteúdo programático, sistema de avaliação (com datas) e bibliografia. Conteúdo: Propriedades gerais dos materiais.
3	04/03/24	Sem aula.
4	11/03/24	Materiais elétricos e aplicações.
5	18/03/24	Sem aula.
6	25/03/24	Atividade em sala de aula.
7	01/04/24	Sem aula.
8	08/04/24	Primeira prova.
9	15/04/24	Sem aula.
10	22/04/24	Materiais magnéticos e aplicações. Materiais dielétricos.
11	29/04/24	Sem aula.
12	06/05/24	Materiais semicondutores e aplicações. Materiais condutores e aplicações.
13	13/05/24	Sem aula.
14	20/05/24	Segunda prova.
15	27/05/24	Sem aula.
16	03/06/24	Materiais supercondutores e aplicações. Dispositivos fotônicos e aplicações.
17	10/06/24	Sem aula.
18	17/06/24	Terceira prova.
19	24/06/24	Sem aula.
20	01/07/24	Vista de provas. Prova Substitutiva e de Recuperação de Nota. Atendimento aos alunos.

7



Sistema de avaliação

- O sistema de avaliação é padrão, com três notas: N1, N2 e N3.
- Nota N1:
 - Prova: Em 08/04, individual e sem consulta, valor: 20 pontos.
 - Trabalho: Atividade em sala, valor: 5 pontos.
 - Uniube+: Atividades semanais no AVA, valor: 5 pontos.
- Nota N2:
 - Prova: Em 20/05, individual e sem consulta, valor: 20 pontos.
 - Trabalho: Atividade em sala, valor: 5 pontos.
 - Uniube+: Atividades semanais no AVA, valor: 5 pontos.
- Nota N3:
 - Prova: Em 17/06, individual e sem consulta, valor 25 pontos.
 - Uniube+: Atividades semanais no AVA, valor: 5 pontos.
 - Simulado institucional: 10 pontos, em 18/06.

8

Referências bibliográficas

- ROCHA, M.F. et al. **Materiais Elétricos**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. [LIVRO TEXTO]
- SCHMIDT, W. **Materiais elétricos**. Vol. 1: condutores e semicondutores. 3.ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2020.
- SCHMIDT, W. **Materiais elétricos**. Vol. 2: isolantes e magnéticos. 4.ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2020.
- SCHMIDT, W. **Materiais elétricos**. Vol. 3: aplicações. 3.ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2020.

9

Propriedades gerais dos materiais

Espera-se que ao estudar esta unidade, você seja capaz de interpretar as características gerais dos materiais, analisar sua classificação básica e saber relacionar as características essenciais de cada grupo de materiais.

10

Características gerais dos materiais

- É importante conhecer as propriedades dos materiais para ser capaz de escolher de forma mais criteriosa qual material utilizar para determinada aplicação;
- Apesar de atualmente existir uma vasta quantidade de materiais, nenhum deles vai ser perfeito em todos os requisitos técnicos necessários. Assim, a escolha deverá levar em conta o melhor conjunto de propriedades;
- Estas propriedades geralmente são: elétricas, magnéticas, físicas, mecânicas, térmicas e químicas, além, é claro, do seu custo.

11

Propriedades elétricas

- Quando submetidos a campos elétricos, os materiais desempenham determinados comportamentos que definem suas propriedades elétricas e sua classificação, dentro de três categorias, a saber:
 - Condutores;
 - Semicondutores e
 - Isolantes.
- Já as propriedades elétricas mais importantes, são:
 - Condutividade elétrica;
 - Permissividade dielétrica;
 - Rigidez dielétrica.

12

Condutividade elétrica

- É uma propriedade associada à característica do material permitir um maior ou menor fluxo ordenado de cargas livres em seu meio;
- Uma forma alternativa de descrever esta propriedade é avaliar a oposição que o material oferece a este fluxo, ou seja, a resistividade, que é o inverso da condutividade;
- Estas propriedades estão diretamente relacionadas com a perda de energia no material na forma de calor: efeito Joule;
- O efeito Joule está relacionado ao choque entre elétrons em movimento e elétrons estacionários.

13

Permissividade elétrica

- É uma propriedade que descreve e quantifica o quanto a estrutura atômica de um material, dito isolante elétrico, se polariza em oposição ao adensamento a um campo elétrico externo aplicado a ele;
- É uma medida da capacidade de polarização do material.

14

Rigidez dielétrica

- Esta propriedade expressa o limite máximo de diferença de potencial elétrico (tensão) por unidade de espessura de um material isolante elétrico pode suportar sem ter sua estrutura física rompida;
- Ou seja, é a capacidade de isolamento elétrica do material.

15

Propriedades magnéticas

- Da mesma forma, quando submetidos a campos magnéticos, os materiais apresentam determinados comportamentos que definem suas propriedades magnéticas;
- As propriedades magnéticas de maior interesse, são:
 - Permeabilidade magnética;
 - Retentividade.

16

Permeabilidade magnética

- É uma propriedade que descreve o grau de polarização de materiais quando submetidos a campos magnéticos;
- Este fenômeno é conhecido como magnetização;
- Alguns materiais ainda exibem um limite para essa polarização, fenômeno conhecido como saturação.

17

Retentividade

- Mede a capacidade do material em manter um magnetismo residual após a retirada do campo magnético aplicado;
- Há alguns materiais que podem apresentar certa capacidade de produzir forças eletromotrizes em sua estrutura quando submetidos a fluxos magnéticos variantes no tempo. Este fenômeno é conhecido como indução eletromagnética.

18

Propriedades físicas

- Estas propriedades estão relacionadas com o grau de agrupamento dos átomos que formam a estrutura atômica do material;
- O estado físico e a massa específica são as propriedades físicas de maior interesse.

19

Estado físico

- É definido pela distância guardada entre si, pelos átomos de um material. Isto nos leva à seguinte classificação:
 - Sólidos: Os átomos/moléculas estão muito próximos entre si, e não se movimentam. Apenas vibram em torno de uma posição de equilíbrio. Assim, adquirem forma própria e volume constante (a uma dada temperatura fixa, vale lembrar). De acordo com a distribuição espacial de seus átomos, moléculas ou íons, podem ser classificados em:
 - Arranjos cristalinos: com uma forma geométrica bem definida, sendo as mais comuns apresentadas abaixo.



Cúbico simples



Cúbico de corpo centrado



Cúbico de face centrada

- Arranjos amorfos: Não tem orientação definida. Exemplo: vidro, grafita e polímeros.

20

Estado físico

- Continuação...
 - Líquidos: Nos líquidos as moléculas/átomos estão mais afastados do que nos sólidos e possuem liberdade de movimento. Assim, não mantêm suas posições fixas. Apresentam volume constante, mas não têm forma própria. Em Engenharia Elétrica, os líquidos são empregados nas soluções eletrolíticas de baterias, em óleos isolantes elétricos em transformadores e acionamentos, pastas condutoras, tintas, esmaltes, vernizes e outros.
 - Gasosos: Neste estado as moléculas/átomos/íons estão bastante afastados entre si, e tendem a se manter em expansão devido ao constante movimento. Assim, não apresentam forma nem volume constante. Na Engenharia Elétrica, são utilizados em lâmpadas de vapor de mercúrio e sódio, e como meio isolante entre fios e cabos.

21

Massa específica

- A massa específica descreve a quantidade de massa “m” de um material, necessária para ocupar um determinado volume “V”;
- A unidade típica desta propriedade é: g/cm^3
- Determina-se da seguinte forma: $\mu = m / V$
- Aplicações onde esta propriedade é importante - exemplo: no projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica, para calcular o peso a ser suportado pela torre.

22

Propriedades mecânicas

- Estão relacionadas à capacidade de um material em resistir ou ser moldado por esforços mecânicos aplicados a ele.
- As propriedades mecânicas que interessam à Engenharia Elétrica, são:
 - Resistência mecânica: medida da capacidade de resistir à tração e à compressão;
 - Elasticidade: capacidade de sofrer alongamentos sem resultar em deformação permanente;
 - Maleabilidade ou plasticidade: capacidade do material sofrer deformações permanentes;
 - Ductibilidade: capacidade do material sofrer deformações permanentes em uma só direção sem se romper;
 - Dureza: capacidade do material resistir à penetração ou ser riscado;
 - Tenacidade: capacidade do material resistir a grandes tensões e deformações sem ruptura, ou ainda, resistir a choques mecânicos.

23

Propriedades térmicas

- Dentre as propriedades de interesse diretamente relacionadas à temperatura, discutiremos:
 - Dilatação térmica: relacionada ao aumento ou diminuição do volume em função da temperatura;
 - Condutividade térmica: propriedade análoga à condutividade elétrica, mas relacionada à capacidade de condução de calor;
 - Calor específico: refere-se à quantidade de calor, em calorias, que se deve fornecer à uma amostra de massa m , (g) do material, para que ele eleve sua temperatura em ΔT (°C), tal que $Q = m.C. \Delta T$.

24

Propriedades químicas

- A principal propriedade é a resistência à corrosão, que pode ocorrer de dois modos:
 - Corrosão por dissolução (o meio pode atuar como solvente do material);
 - Corrosão por oxidação (por remoção de elétrons do material).

25

Classificação básica dos materiais

- Materiais metálicos;
- Materiais poliméricos;
- Materiais cerâmicos;
- Materiais compósitos;
- Materiais eletrônicos ou semicondutores;
- Biomateriais.

26



Materiais metálicos

- Materiais metálicos são geralmente uma combinação de elementos metálicos.
- Os elétrons não estão ligados a nenhum átomo em particular e por isso são bons condutores de eletricidade e calor.
- Não são transparentes à luz visível.
- Têm aparência lustrosa quando polidos.
- Geralmente são resistentes e deformáveis.
- São muito utilizados para aplicações estruturais.

27



Materiais cerâmicos

- Materiais cerâmicos são geralmente uma combinação de elementos metálicos e não-metálicos.
- Geralmente são óxidos, nitretos e carbeto.
- São geralmente isolantes de calor e eletricidade.
- São mais resistentes a altas temperaturas e a ambientes severos que metais e polímeros.
- Com relação às propriedades mecânicas, as cerâmicas são duras, porém frágeis.
- Em geral são leves.

28

Materiais poliméricos

- Materiais poliméricos são geralmente compostos orgânicos baseados em carbono, hidrogênio e outros elementos não-metálicos.
- São formados por moléculas muito grandes (macromoléculas).
- Tipicamente apresentam baixa densidade e podem ser extremamente flexíveis.
- Materiais poliméricos incluem plásticos e borrachas.

29

Materiais compósitos

- Materiais compósitos são formados por mais de um tipo de material, insolúveis entre si.
- São projetados para apresentarem a combinação das melhores características de cada material constituinte.
- Um bom exemplo é o compósito de fibra de vidro, no qual fibras de vidro são incorporadas no interior de um material polimérico. E a fibra de vidro adquire a resistência do vidro e a flexibilidade do polímero.

30

Materiais semicondutores

- Possuem propriedades elétricas intermediárias entre as apresentadas pelos condutores elétricos e pelos isolantes.
- Suas características elétricas são extremamente sensíveis à presença de minúsculas concentrações de átomos de impurezas, concentrações que podem ser controladas ao longo de regiões espaciais muito pequenas.
- Tornaram possível o advento dos circuitos integrados.

31

Biomateriais

- Todos os materiais acima citados podem ser usados como biomateriais.
- São empregados em componentes implantados no interior do corpo humano para a substituição de partes do corpo doentes ou danificadas.
- Esses materiais não devem produzir substâncias tóxicas e devem ser compatíveis com os tecidos do corpo humano.

32

Orientações para estudo

- Leia, para complementar o assunto desta aula, o capítulo “Propriedades gerais dos materiais”, da Unidade 1 do livro ROCHA, M.F. et al. **Materiais Elétricos**. Porto Alegre: SAGAH, 2018, disponível na Biblioteca A, acessível via AVA.
- Para a próxima aula, ler o capítulo “Materiais elétricos e aplicações”, também da Unidade 1, do nosso livro texto, citado acima.

33

Fim

34