



Materiais Isolantes I

Polarização do Dielétrico

Introdução: Comportamento Dielétrico

Um material dielétrico é um isolante elétrico (não-metálico) que exibe ou pode ser produzido de modo a exibir uma estrutura de dipolo elétrico. Como resultado das interações do dipolo com campos elétricos, os materiais dielétricos são usados nos capacitores.



O papel dos dielétricos na eletrotécnica:

- Realizam o isolamento entre os condutores, entre eles e a massa ou a terra, ou ainda, entre eles e qualquer outra massa metálica existente na sua vizinhança.
- Modificam em proporções importantes, o valor do campo elétrico existente em determinado local.

Introdução

- O processo principal, característico para qualquer dielétrico, que se produz quando sobre ele atua uma tensão elétrica é a polarização.
- A maioria dos dielétricos se caracteriza por um deslocamento elétrico das cargas como uma função linear do campo elétrico que se cria no dielétrico.
- Todo dielétrico inserido em um circuito elétrico pode ser considerado como um capacitor de capacidade determinada. •
 $Q=C.U$

Introdução: Constante Dielétrica

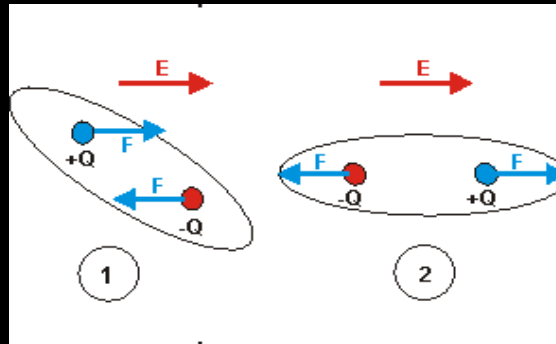
- Uma das características mais importantes de um dielétrico é sua permissividade relativa ou constante dielétrica ϵ .
- A magnitude dessa constante é razão entre a carga Q , obtida com uma determinada tensão no capacitor que contem um dado dielétrico e a carga Q_0 , que poderia obter-se com um capacitor das mesmas dimensões, com a mesma tensão, se entre os eletrodos existisse o vácuo. – $\epsilon = Q/Q_0 \rightarrow 1 + (Q_d/Q_0)$

PROPRIEDADES DE ALGUNS DIELÉTRICOS

Material	Constante Dielétrica	Rigidez Dielétrica ² (kV/mm)
Vácuo	1,00000	∞
Ar	1,00054	0,8
Água	78	—
Papel	3,5	14
Mica	5,4	160
Âmbar	2,7	90
Porcelana	6,5	4
Quartzo fundido	3,8	8
Vidro Pirex	4,5	13
Baquelite	4,8	12
Polietileno	2,3	50
Polistireno	2,6	25
Teflon	2,1	60
Neoprene	6,9	12
Óleo Piranol	4,5	12
Bióxido de Titânio	100	6

Comportamento em campos uniformes

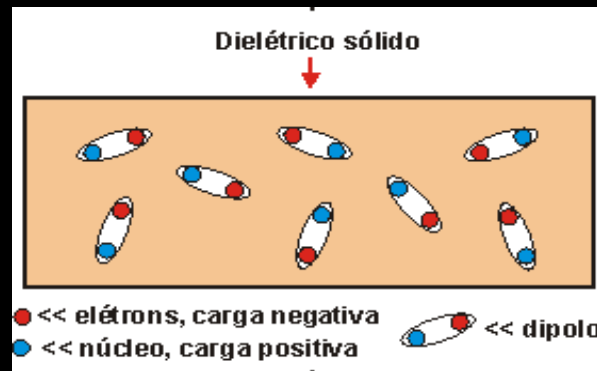
- Um dipolo elétrico quando colocado no interior de um campo elétrico uniforme sofre a ação de um binário (sistema de duas forças de mesma direção e módulo com sentidos contrários), mostrado na figura 1.



- O binário produz uma rotação no dipolo até a posição de equilíbrio mostrada na figura 2.

Constituição dos dielétricos sólidos

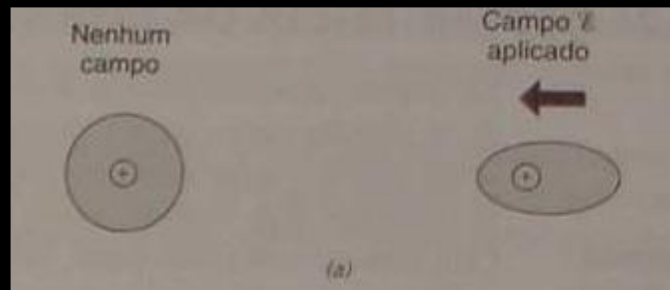
- Os átomos dos elementos correspondentes às substâncias dielétricas (isolantes) não perdem espontaneamente elétrons sendo portanto eletricamente neutros constituindo dipolos, na maioria das vezes.



A imagem que pode ser feita de um dielétrico sólido está mostrada na figura onde vemos dipolos com orientações ao acaso.

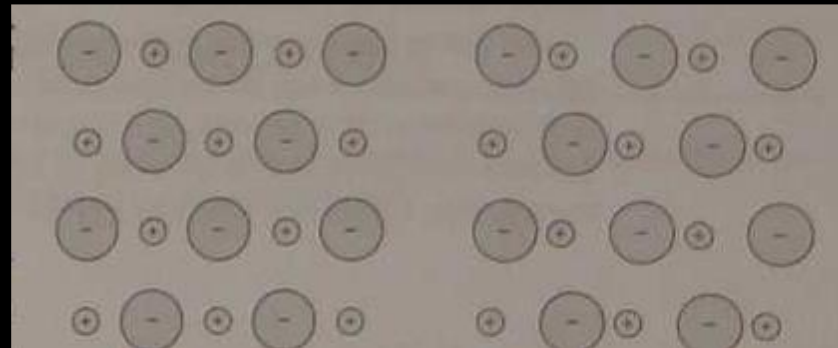
Polarização Eletrônica

A polarização eletrônica pode ser induzida em maior ou em menor grau em todos os átomos. Ela resulta de um deslocamento do centro da nuvem eletrônica carregada negativamente em relação ao núcleo positivo de um átomo por um campo elétrico. Esse tipo de polarização é encontrado em todos os materiais dielétricos e, obviamente, existe somente quando um campo elétrico estiver presente.



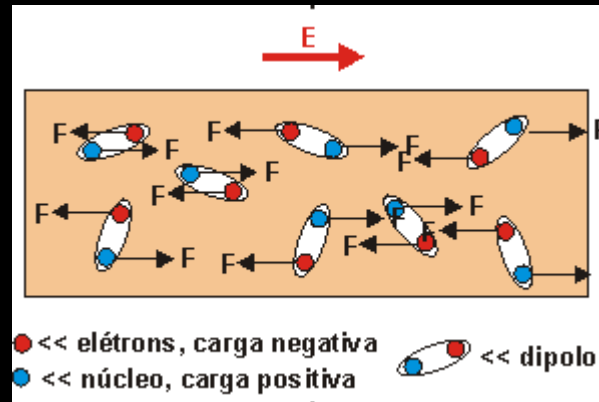
Polarização Iônica

A polarização iônica ocorre somente nos materiais iônicos. Um campo aplicado atua no deslocamento de cátions em uma direção e dos ânions na direção oposta, o que dá origem a um momento dipolar resultante. A magnitude do momento dipolar para cada par iônico p , é igual ao produto do deslocamento relativo d , pela carga de cada íon, ou seja:

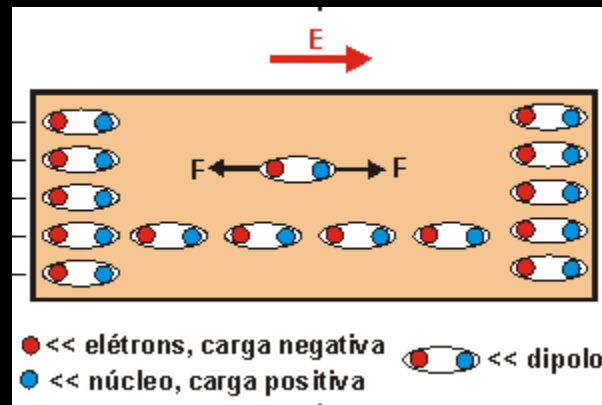


Polarização de Orientação

Um dielétrico é colocado no campo elétrico uniforme caracterizado pelo vetor E . Sobre os dipolos atuam os binários representados na figura abaixo:



- Os dipolos giram até uma posição de equilíbrio. Quando esta configuração ocorre todos os dipolos da face esquerda terminam com cargas negativas e os da face direita terminam com cargas positivas.



- Aparecerão desta maneira cargas negativas na face esquerda e positivas na face direita, o que constitui a polarização do dielétrico.

Características Específicas

- Existem 3 tipos fundamentais de polarização:
- Polarizações eletrônica e iônica – ocorre de um modo praticamente instantâneo sob a ação de um campo elétrico e sem dissipação de energia.
- – A polarização eletrônica - Diminui com o aumento da temperatura, devido a dilatação do dielétrico e consequente diminuição do número de partículas por unidade de volume.
- – A polarização iônica é intensificada com o aumento da temperatura, uma vez que se debilitam as forças elásticas interiônicas quando aumentam as distâncias entre os íons devido a dilatação do corpo.

Polarização

- As particularidades da polarização permitem dividir todos os dielétricos em vários grupos:
- Ao primeiro grupo podem pertencer os dielétricos que possuem somente a polarização eletrônica...
- Ex.: substâncias sólidas: parafina, enxofre, poliestireno. – Líquidos e gases: benzeno, hidrogênio...

Polarização

- Ao segundo grupo pertencem os dielétricos que possuem ao mesmo tempo polarização eletrônica e dipolar.
- São estas as substâncias polares (dipolares) orgânicas, semilíquidas e sólidas... – Ex.: algumas resinas, celulose, alguns hidrocarbonetos cloretados, ...

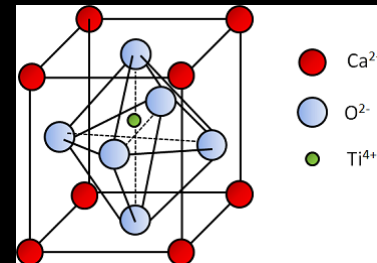
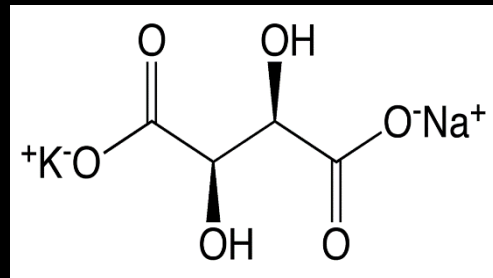
Polarização

- Ao terceiro grupo pertencem os dielétricos inorgânicos sólidos com polarização eletrônica e iônica .
- A este grupo pertencem principalmente as substâncias cristalinas com empacotamento denso de íons. Ex.: quartzo, mica, sal e óxido de alumínio.



Polarização

- O quarto grupo é formado pelos componentes ferroelétricos, que se caracterizam por ter polarização espontânea (nos campos elétricos alternados, os materiais com polarização espontânea se caracterizam por uma considerável dissipação de energia), eletrônica e iônica combinadas.
- Ex.: sal seignette e o de Rochelle, titanato de bário, ...



Capacitância

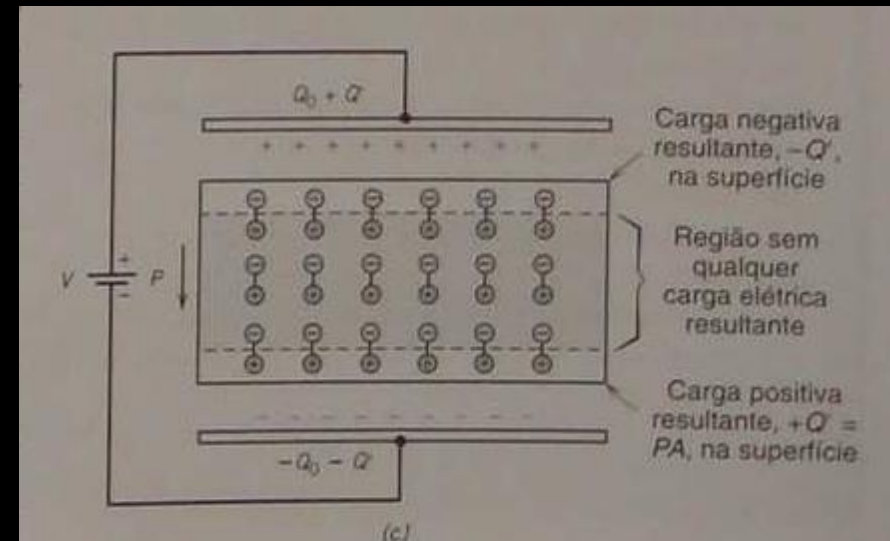
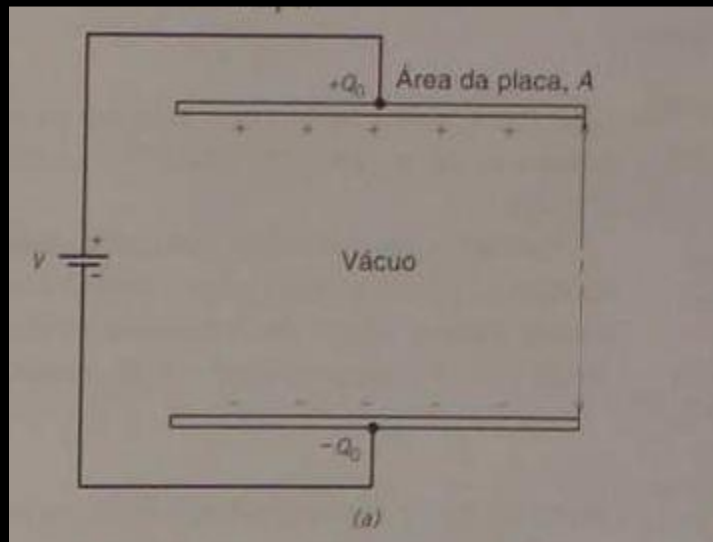
Quando uma voltagem é aplicada através de um capacitor, uma placa se torna carregada positivamente, enquanto a outra fica carregada negativamente, com o campo elétrico correspondente direcionado da positiva para negativa.

A capacitância C está relacionada à quantidade de carga armazenada em cada placa Q pela seguinte relação:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Onde V é a voltagem aplicada através do capacitor. A unidade para capacitância é coulomb por volt, ou farad (F).

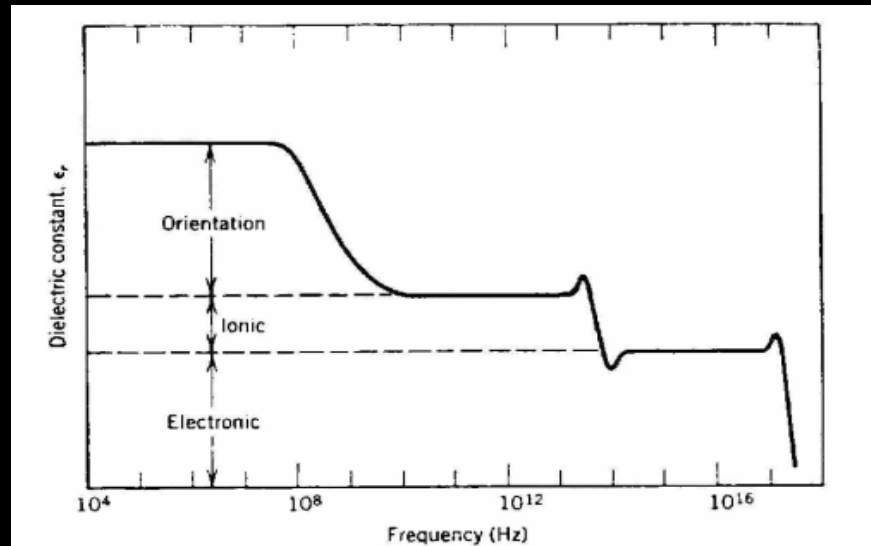
Aumento da Capacitância



<https://www.youtube.com/watch?v=9yECCg6GISA>

Dependência da polarização em relação à frequência

- Em muitas situações práticas a corrente é alternada, ou seja, a voltagem ou o campo elétrico aplicado muda de direção com o tempo. Com cada inversão da direção, os dipolos tentam se reorientar com o campo em um processo que exige algum tempo finito. Para cada tipo de polarização existe um tempo mínimo de reorientação, o qual depende da facilidade com que os dipolos específicos são capazes de se realinhar. Uma frequência de relaxação é tomada como o inverso desse tempo mínimo de reorientação.



Comportamento dos dielétricos em serviço

- Resistência de Isolamento:
- O dielétrico impede a passagem da corrente elétrica enquanto o campo elétrico nele estabelecido não ultrapassar um certo valor que depende da natureza do dielétrico e das suas condições físicas.
- A resistência de isolamento não é constante, isto é, os isolantes não obedecem de uma forma geral, a lei de Ohm.

Comportamento dos dielétricos em serviço

- Resistência superficial:
- No caso dos isolantes sólidos de muito grande resistividade, a resistência através de sua massa é também elevada, sendo muito pequena a corrente que os atravessa.
- Pela acumulação de poeira e umidade na superfície das peças isoladoras, se forma um novo caminho para passagem da corrente elétrica, o qual se diz ser superficial.

Rigidez dielétrica

- Para poder exprimir numericamente a capacidade de um determinado material isolante suportar tensões elevadas, define-se uma grandeza a que se dá o nome de rigidez dielétrica e que é definida como sendo o valor do campo elétrico para o qual se dá a ruptura do isolante.

Material	Rigidez Dielétrica (V/m)
Ar	3×10^6
Baquelite	24×10^6
Borracha de Neopreno	12×10^6
Nylon	14×10^6
Papel	16×10^6
Polistireno	24×10^6
Vidro Pyrex	14×10^6
Quartzo	8×10^6
Óleo de Silicone	15×10^6
Titanato de Estrôncio	8×10^6
Teflon	60×10^6

Rigidez dielétrica superficial

- No caso de isolantes sólidos, pode acontecer que o arco disruptivo, em vez de atravessar a sua massa salte pela superfície.
- Ao quociente da tensão pela distância entre os condutores é dado o nome de rigidez dielétrica superficial.

Perdas nos dielétricos

- Nos dielétricos sujeitos a uma tensão contínua verifica-se uma perda por efeito Joule tal como nos condutores. A corrente de perdas, se bem que muito limitada dá lugar a um certo aquecimento. Estas perdas não tem importância a não ser quando dão lugar a um aquecimento permitindo, por consequência maior corrente e maiores perdas.