



INSTITUTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Laboratório de Eletromagnetismo (FAP373)
2º SEMESTRE DE 2010

Grupo:
.....
.....
(nome completo)

Prof(a).: Diurno () Noturno ()

Data : ____/____/____

Propriedades das micro-ondas: polarização

Experiência 9

Nesta experiência você vai trabalhar com um equipamento de emissão e recepção de micro-ondas. Estas são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda na faixa de 1 mm a 10 cm, ou seja, frequência entre ~3 e 300 GHz. As propriedades gerais das ondas eletromagnéticas não dependem da frequência, mas dos materiais e a geometria dos dispositivos que geram, interferem e detectam essas ondas dependem, e muito, da frequência.

Assim, estudaremos as propriedades gerais de propagação e polarização, de ondas eletromagnéticas, utilizando elementos feitos especificamente para micro-ondas e que não funcionam para detectar, polarizar, difratar ou refratar ondas como aquelas que você capta com seu rádio AM (frequência em torno de 1 MHz), luz (frequência em torno de 10^{15} Hz) ou radiações X e gama, (frequências em torno de 10^{20} Hz). Assim, há um elemento unificador dos fenômenos de rádio/micro-ondas/luz/radiação gama, mas que interagem com a matéria de maneira diversa, devido às diferenças de comprimento de onda.

Procuraremos nesta aula, então, interpretar os fenômenos observados de maneira que as idéias utilizadas possam servir para compreender e prever o comportamento das ondas de outras faixas do espectro eletromagnético.

1. Material Utilizado

- :: Um transmissor e um receptor de micro-ondas;
- :: Régua-suporte para o transmissor e receptor;
- :: Polarizador (grade metálica)
- :: Placas condutoras e dielétricas (placa de polietileno)

2. Conhecendo o equipamento

1. Antes de iniciar os experimentos, familiarize-se com o equipamento. Você deve encontrar um emissor de micro-ondas, um receptor com um medidor de intensidade do sinal recebido. Obs: Devido a ruídos e interferências do meio, a intensidade do sinal recebido pelo detector de micro-ondas (e acusada no amperímetro) não é proporcional nem à amplitude do campo nem à energia transportada. Assim, sua escala será em unidades arbitrárias (u.a.).
2. Monte o equipamento como o da figura 1.

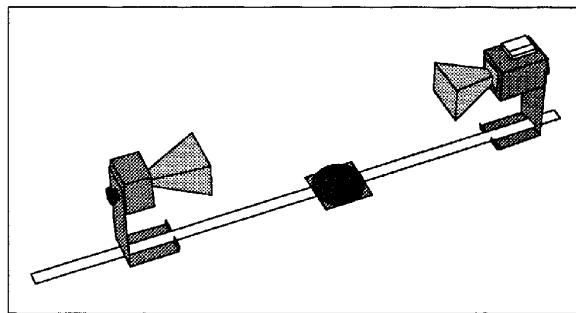


Figura 1 - Arranjo experimental

3. A radiação de microondas do transmissor (emissor) é linearmente polarizada ao longo do eixo do diodo do transmissor (isto é, quando a radiação se propaga pelo espaço, seu campo elétrico permanece alinhado com o eixo do diodo). Se o diodo transmissor estiver alinhado verticalmente, o campo elétrico da onda transmitida estará verticalmente polarizado, como mostrado na figura 2. Se o diodo detector estiver a um ângulo θ em relação ao diodo transmissor, como na figura 3, ele detectará apenas a componente do campo elétrico incidente que está alinhada ao longo do seu eixo. Neste experimento você vai investigar o fenômeno da polarização e descobrirá como um polarizador pode ser utilizado para alterar a polarização da radiação de microondas.

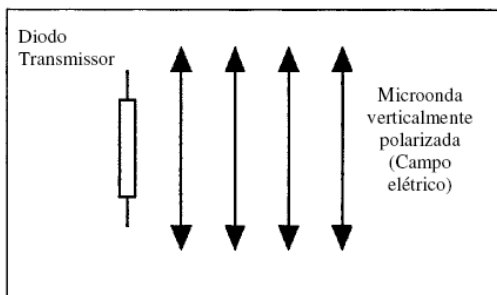


Figura 2 – Polarização Vertical

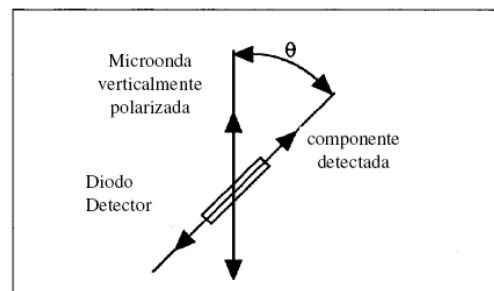


Figura 3 – Detectando radiação polarizada

4. Verifique que a onda é de fato polarizada; ou seja, o receptor só acusa o recebimento de ondas em uma direção determinada. Você pode verificar isso girando o emissor (ou o receptor).

5. Verifique também, usando as placas disponíveis e uma folha de papel, que ocorrem diferenças da intensidade devido à reflexão e transmissão da onda. Que material (condutor / dielétrico) reflete/transmite mais as ondas?
-
-

6. Anote (veja equipamento) a frequência das ondas e a potência nominal.

f : _____ $\rightarrow$ λ = _____

P : _____

3. Polarizador de transmissão

- 1 Mantenha o equipamento como o da figura 1. Ajuste os controles do receptor para uma deflexão quase máxima da escala.
- 2 Solte o parafuso atrás do transmissor e gire-o receptor de 10 graus. A cada posição da rotação anote a leitura do medidor, segundo a tabela 1.

Ângulo do Receptor	Leitura	Ângulo do Receptor	Leitura	Ângulo do Receptor	Leitura
0°		70°		140°	
10°		80°		150°	
20°		90°		160°	
30°		100°		170°	
40°		110°		180°	
50°		120°		190°	
60°		130°		200°	

Tabela 1

- 3 O que acontece com a leitura quando você continua a rodar o transmissor além dos 180 graus?
-
-

- 4 Com os dados da Tabela 1, construa um gráfico, utilizando apenas os ângulos de 0 a 90°, de I em função de $\cos^2 \theta$. Verifique a Lei de Malus ($I = I_0 \cos^2 \theta$).
- 5 Monte o equipamento como mostrado na figura 4. Coloque o transmissor de novo a 0 graus (as cornetas devem estar orientadas como mostrado com o lado maior na horizontal).

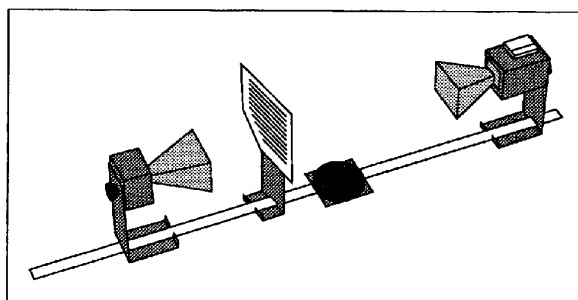


Figura 4 - Arranjo experimental

- 6 Registre a leitura quando o polarizador está alinhado a 0, 45, e 90 graus em relação à horizontal e anote os resultados na Tabela 2.
- 7 Remova a grade polarizadora. Gire o receptor de forma que o eixo de sua corneta esteja em ângulo reto com o do transmissor. Registre a leitura. Coloque então o polarizador de volta e registre a leitura com a grade do polarizador na horizontal, vertical e a 45 graus. Anote na Tabela 3 e comente suas observações.

Ângulo Polarizador	Leitura do Medidor
Horizontal	
Vertical	
45°	

Tabela 2

Ângulo do Polarizador	Leitura do Medidor
0° (Horiz.)	
Vertical	
45°	

Tabela 3

Comentários:

Para o relatório:

1 Se a leitura do receptor (I) fosse diretamente proporcional ao campo elétrico (E) ao longo do seu eixo, o medidor indicaria uma relação $I = I_0 \cos \theta$ (onde θ é o ângulo entre os diodos detector e transmissor e I_0 é a leitura quando $\theta = 0$. (veja a figura 3). Grafique seus dados e comente o resultado.

2 A intensidade de uma onda eletromagnética linearmente polarizada é diretamente proporcional ao quadrado do campo elétrico (isto é, $I = kE^2$). Se a leitura do receptor fosse diretamente proporcional à intensidade da microonda incidente, o medidor indicaria a relação $I = I_0 \cos^2 \theta$. Plote esta relação no gráfico do item 1. Baseado nos seus gráficos, discuta a relação entre a leitura do Receptor, a polarização e a magnitude da onda incidente.

3 Baseado nos dados da etapa 6, como o polarizador afeta a microonda incidente?

4 Você pode explicar os resultados da etapa 7 do experimento? Como a inserção de um polarizador adicional pode aumentar o nível de sinal no detector? (DICA: Construa um diagrama como o da figura 3 mostrando (1) a onda vinda do transmissor; (2) a onda depois que passou pelo polarizador; e (3) a componente detectada pelo diodo detector).

4. Polarização por reflexão

Os coeficientes de reflexão e de transmissão de ondas eletromagnéticas refletidas por dielétricos, dependem da polarização. (Veja o livro Física, Allonso e Finn, seção 20.7).

Para um determinado ângulo, a reflexão de uma onda com uma determinada polarização é nula e, portanto, a transmissão é máxima.

Quando a radiação eletromagnética passa de um meio para outro, normalmente parte da radiação é refletida na superfície do novo meio. Neste experimento, você vai ver que a magnitude do sinal refletido depende da polarização da radiação. De fato, num certo ângulo de incidência – conhecido como ângulo de Brewster – há um ângulo de polarização para o qual nenhuma radiação será refletida. (Veja seu livro texto para mais informações sobre o ângulo de Brewster.)

Procedimento

- 1- Monte o equipamento como na figura 5, colocando o transmissor e o receptor para a polarização horizontal (90 graus).

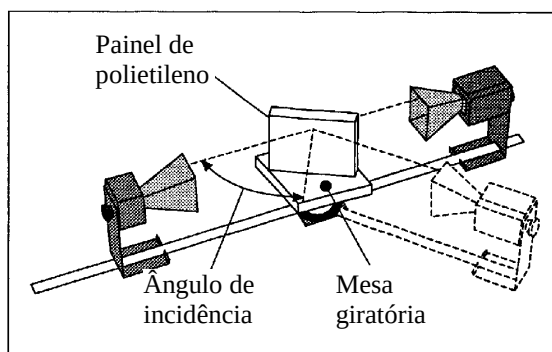


Figura 5 Arranjo experimental

- 2- Ajuste o painel de polietileno de tal forma que o ângulo de incidência da microonda seja 20° . Gire o braço do goniômetro até que o receptor esteja posicionado de forma a detectar o máximo de sinal refletido pelo painel. Ajuste os controles do receptor para uma leitura de meia escala e registre a leitura e fator de atenuação na tabela 4.
- 3- Agora gire ambas as cornetas do transmissor e do receptor de forma que fiquem alinhados para a polarização vertical (0°). Registre a leitura do medidor na Tabela 4.

Tabela 4

Ângulo	Leitura do medidor (Polarização Horizontal)	Leitura do medidor (Polarização vertical)	Ângulo	Leitura do medidor (Polarização Horizontal)	Leitura do medidor (Polarização vertical)
20°			50°		
25°			55°		
30°			60°		
35°			65°		
40°			70°		
45°					

- 4 Ajustando o ângulo de incidência para cada um dos valores mostrados na Tabela 4, repita os passos 2 e 3. A cada ponto, ajuste o transmissor e o receptor para a polarização horizontal e registre a leitura do medidor; depois ajuste-os para polarização vertical e registre a leitura também.
- 5 Grafique a leitura em função do ângulo de incidência. Plote ambas as polarizações, vertical e horizontal, no mesmo gráfico. Indique abaixo o ângulo de Brewster – o ângulo no qual a onda horizontalmente polarizada não é refletida.

θ_B : _____

A partir do ângulo de Brewster, sabendo-se que $\tan \theta_B = n_2 / n_1$ e considerando o índice de refração do ar é 1, calcule o índice de refração do polietileno

Índice de refração da placa de polietileno : _____

Pergunta para o Relatório.

Explique como os óculos Polaroid podem ser utilizados para reduzir o brilho causado pelo pôr do sol sobre um lago ou oceano.

Você deve entregar esta guia no final da aula, juntamente com as tabelas e gráficos preenchidos