



INSTITUTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Laboratório de Eletromagnetismo (4300373)
2º SEMESTRE DE 2013

Grupo:

.....

.....

(nome completo)

Prof(a): Diurno () Noturno ()

Data : ____ / ____ / ____

Experiência 9

Propriedades das micro-ondas: polarização

1. Introdução

Nesta experiência você vai trabalhar com um equipamento de emissão e recepção de micro-ondas. Estas são ondas eletromagnéticas, na faixa de radiofrequências, com frequências entre 300 MHz e 300 GHz, ou seja, comprimentos de onda entre aproximadamente 1 mm e 1 m. As propriedades gerais das ondas eletromagnéticas dependem de suas frequências, dos materiais nos quais se propagam e da geometria dos dispositivos que geram, interferem e detectam essas ondas.

Estudaremos as propriedades gerais de propagação e principalmente polarização, de ondas eletromagnéticas, com 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 do 1 MHz), luz (frequência em torno de 10^{15} Hz) ou radiações X e gama, (frequências acima de 3×10^{15} Hz). Todas as citadas são ondas eletromagnéticas (OEM), têm a mesma velocidade de propagação no vácuo (c), mas interagem com a matéria de maneira diversa, devido às diferenças de comprimento de onda / frequência.

Procuraremos nesta aula 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.

Para melhor interpretar seus resultados, vale a pena uma revisão sobre a polarização de ondas. Para OEM considera-se que a direção de vibração do campo elétrico define a direção de polarização. Assim, uma polarização linear da OEM significa que o campo elétrico oscila em **uma única direção**, que é perpendicular à direção de propagação da onda. Há materiais cuja estrutura interna só permite a vibração do campo elétrico em uma dada direção (na óptica, eles são chamados de **dicroicos**). Esses materiais podem ser usados como polarizadores de um feixe de OEM não polarizada, pois só deixam passar uma parte da onda que neles incide, de acordo com a sua direção preferencial de vibração. Quando um material desse tipo recebe uma OEM polarizada, somente a componente do campo elétrico paralela à direção em que a estrutura vibra será absorvida. Assim, à medida que o material é girado em relação à direção de polarização da OEM, a intensidade da onda **absorvida** varia entre 0 e um valor máximo. É atribuído a Étienne-Louis Malus, nos seus estudos de óptica, a observação de que a intensidade da luz transmitida por um material polarizador é dada por: $I = I_0 \cos^2 \theta$, onde I_0 é a intensidade inicial e θ é o ângulo entre as direções da onda incidente e do ângulo de polarização do polarizador.

Do Fabricante: CUIDADO – em algumas circunstâncias, micro-ondas podem interferir com equipamentos medicinais eletrônicos. *Se você estiver utilizando um marca-passos ou outro equipamento medicinal*, consulte seu médico ou o fabricante para certificar-se de que micro-ondas de baixa potência na frequência de 10.25 GHz não irão interferir com seu funcionamento.

IARC (International Agency for Research on Cancer):

Os estudos científicos atuais indicam que não há efeitos carcinogênicos de ondas de radiofrequência para seres humanos. A única *possível* exceção é a associação de uso muito intenso de telefones celulares (1 a 2 GHz) e gliomas.

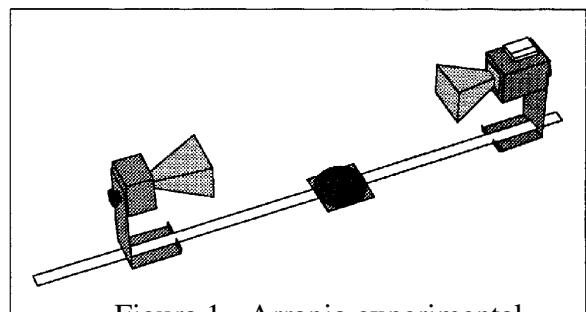
2. Material Utilizado

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

3. Conhecendo o equipamento

3.1. 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.). O receptor possui quatro faixas de amplificação (selecionáveis de 1 a 30) e um botão de ajuste fino da amplificação.

3.2. Monte o equipamento como o da figura 1.



3.3. A radiação de micro-ondas 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. O diodo detector também é polarizado, ou seja, só detecta o campo elétrico paralelo a seu eixo principal. 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.

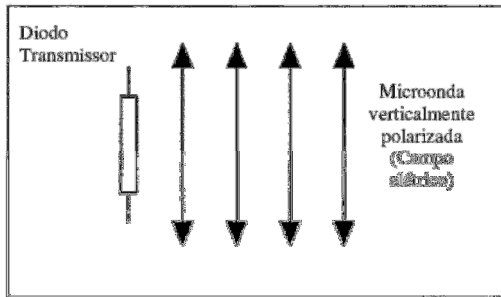


Figura 2 – Polarização Vertical

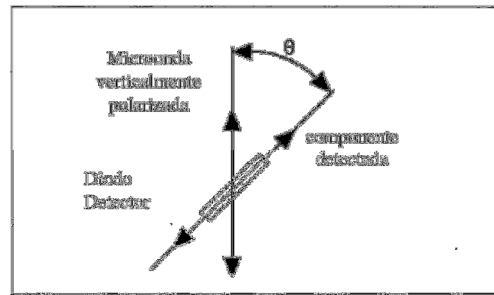


Figura 3 – Detectando radiação polarizada

3.4. Neste experimento você vai investigar o fenômeno da polarização e descobrirá como um polarizador pode ser utilizado para alterar a polarização da radiação de micro-ondas. Verifique que a onda é de fato polarizada; ou seja, o receptor acusa o recebimento de ondas preferencialmente em uma direção determinada. Você pode verificar isso girando o emissor (ou o receptor).

3.5. 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?

3.6. Anote (veja no equipamento) a frequência das ondas e a potência nominal.

f : _____ → $\lambda =$ _____

P : _____

4. Polarizador de transmissão

4.1. Mantenha o equipamento como na montagem vista na figura 1. Ajuste os controles do receptor para uma deflexão quase máxima da escala.

4.2. Solte o parafuso atrás do transmissor e gire-o em relação ao receptor de 10 em 10 graus. A cada posição da rotação anote a leitura na escala do medidor, segundo a tabela 1.

Tabela 1. Leituras do receptor de micro-ondas para diversos ângulos entre emissor e receptor.

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

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

4.3. Com os dados da Tabela 1, construa um gráfico, utilizando apenas os ângulos de 0 a 90°, de leitura no receptor em função de θ . Verifique se a Lei de Malus para a intensidade da onda eletromagnética polarizada ($I = I_0 \cos^2 \theta$) é verificada, na hipótese que a leitura do medidor do receptor de micro-ondas é proporcional à intensidade da onda que ele absorve.

4.4. Monte o equipamento como mostrado na figura 4. Coloque o transmissor de novo a 0° (as cornetas devem estar orientadas com a grade de polarização com o lado maior na horizontal, como mostrado na Figura 4).

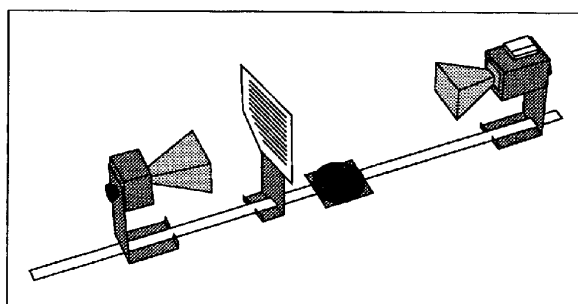


Figura 4 - Arranjo experimental

4.5. Registre na Tabela 2 as leituras quando a grade polarizadora está alinhada a 0, 45, e 90 graus em relação à horizontal.

4.6. 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 na tabela 3.

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.

Tabela 2. Medidas com grade polarizadora (cornetas alinhadas)

Ângulo da grade Polarizadora	Leitura do Medidor
Horizontal (0°)	
Vertical	
45°	

Tabela 3. Medidas com grade polarizadora (cornetas a 90°)

Ângulo da grade Polarizadora	Leitura do Medidor
Horizontal (0°)	
Vertical	
45°	

Comentários:

5. Polarização por reflexão

Os coeficientes de reflexão e de transmissão de ondas eletromagnéticas refletidas por dielétricos dependem da polarização. (Veja, por exemplo, o livro Física, Allonso e Finn, seção 20.7). Para um determinado ângulo – chamado ângulo de Brewster -, 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.)

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

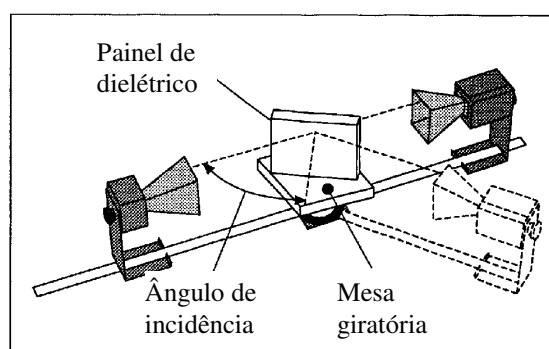


Figura 5 Arranjo experimental

5.2. Ajuste o painel dielétrico de tal forma que o ângulo de incidência da micro-onda seja 20° em relação a normal. 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.

5.3. 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

5.4. Ajustando o ângulo de incidência para cada um dos valores mostrados na Tabela 4, repita os passos 5.2 e 5.3. 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.

5.5. Construa um gráfico das medidas experimentais em função do ângulo de

Tabela 4. Medições para obter ângulo de Brewster.

Ângulo de incidência($^\circ$)	Leitura do medidor (Polarização Horizontal)	Leitura do medidor (Polarização Vertical)	Ângulo de incidência($^\circ$)	Leitura do medidor (Polarização Horizontal)	Leitura do medidor (Polarização Vertical)
20			50		
30			60		
40			70		

incidência. Plote ambas as polarizações, vertical e horizontal, no mesmo gráfico. Indique o ângulo de Brewster que corresponde ao ângulo no qual somente a onda polarizada paralelamente ao plano de incidência é refletida.

θ_B : _____

A partir do ângulo de Brewster, e sabendo-se que $\text{tg } \theta_B = n_2 / n_1$ e considerando o índice de refração do ar igual a 1, calcule o índice de refração do material da placa.

Índice de refração do material da placa: _____

Perguntas para o Relatório

- 1 Explique detalhadamente como a grade polarizadora afeta a micro-onda incidente, baseando-se nos seus resultados.
- 2 Explique em que situações a introdução do polarizador no arranjo experimental pode aumentar a intensidade da onda transmitida. Você pode usar diagramas mostrando a polarização da onda antes e depois do polarizador para ilustrar sua explicação.
- 3 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 este guia no final da aula, juntamente com as tabelas e gráficos.