

	LADIF ROTEIRO DA EXPERIÊNCIA	UFRJ IF
Disciplina	Eletrromagnetismo	Tema : Ondas Eletrromagnéticas
Código :	2E-01	Nome MICROONDAS DA PASCO
Onde encontrar : Armário da Pasco I		
<p>Potencialidade : Observar fenômenos ondulatórios com ondas eletrromagnéticas Palavras Chaves : Ondas eletrromagnéticas, polarização, intensidade Ref. Bibliográficas :</p>		

Seção 1: Polarização

Roteiro da experiência

Material Utilizado:

- Transmissor;
- Receptor;
- Placa gradeada;
- Goniômetro;
- Duas bases metálicas longas de trilho;
- Braço metálico com ímã.

Montagem:

Posicione o transmissor e o receptor sobre as bases metálicas de trilho e encaixe estas no goniômetro. Coloque os aparelhos a uma distância de aproximadamente 80cm, independente da posição relativa ao centro do goniômetro. Fixe a placa gradeada entre o transmissor e o receptor.

Explicação:

O experimento baseia-se na variação da intensidade de uma onda eletrromagnética com o uso de polarizadores de material condutor. Ondas eletrromagnéticas são oscilações do campo elétrico e do campo magnético que se autossustentam e se propagam através de um meio. Tais oscilações são ortogonais entre si e ambas são ortogonais à direção de propagação, como mostra a Figura 1: o campo elétrico – representado pela onda azul – oscila na direção x, enquanto o campo magnético – representado pela onda vermelha – oscila na direção y, ambos perpendiculares a direção de propagação, z. Denomina-se ‘estado de polarização de uma onda eletrromagnética’ a direção de oscilação do campo elétrico da onda – se esta permanecer constante durante a propagação, a onda é dita linearmente polarizada. A

onda eletromagnética representada na Figura 1, por exemplo, é dita uma onda eletromagnética linearmente polarizada na direção x, pois esta é a direção de oscilação do campo elétrico.

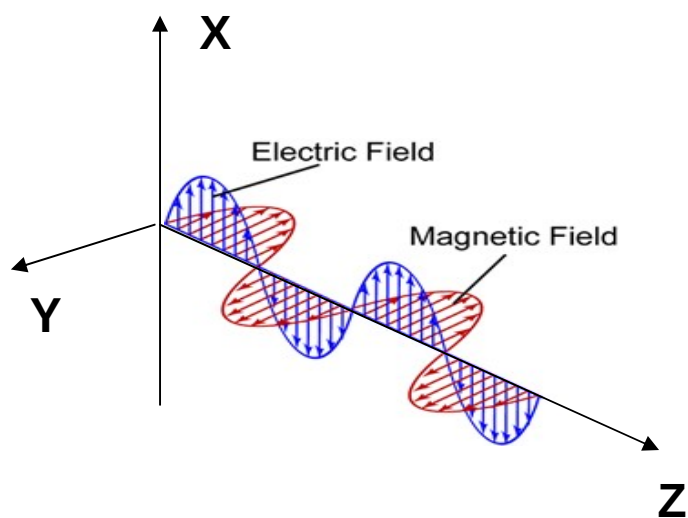


Figura 1

Às vezes, a direção de oscilação do campo elétrico varia aleatoriamente em uma determinada posição. Nesses casos, dizemos que a luz é não polarizada, como mostra a Figura 2.

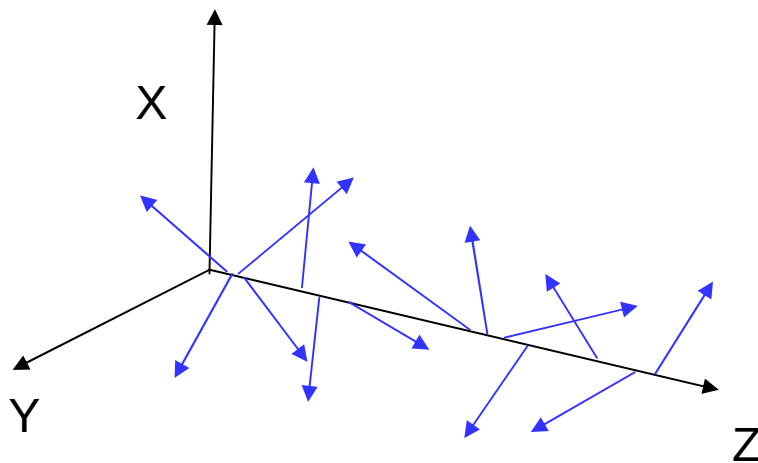


Figura 2

A polarização de uma onda eletromagnética é relevante na determinação de seu comportamento após interação com a matéria: alguns materiais transmitem toda a luz polarizada em uma dada direção refletindo ou absorvendo toda a luz polarizada na direção perpendicular ao eixo de polarização do material – eixo esse que determinará a direção de polarização da onda transmitida.

Portanto, no experimento de micro-ondas, quando o transmissor emite uma onda eletromagnética, ao encontrar-se com o polarizador, parte da onda é refletida

pelo material e parte o ultrapassa, se propagando através das grades da placa. Se a direção de polarização da placa for paralela à direção de polarização da onda eletromagnética, a intensidade da onda detectada pelo receptor será máxima. Caso a direção do polarizador seja perpendicular a polarização da onda, a intensidade detectada no receptor será nula. A Figura 3 ilustra o comportamento de um feixe de luz – uma onda eletromagnética – ao passar por um polarizador vertical: apenas a componente vertical da onda – que é paralela à direção de polarização do polarizador – é transmitida. A componente horizontal – perpendicular à direção de polarização do polarizador – não atravessa a placa gradeada.

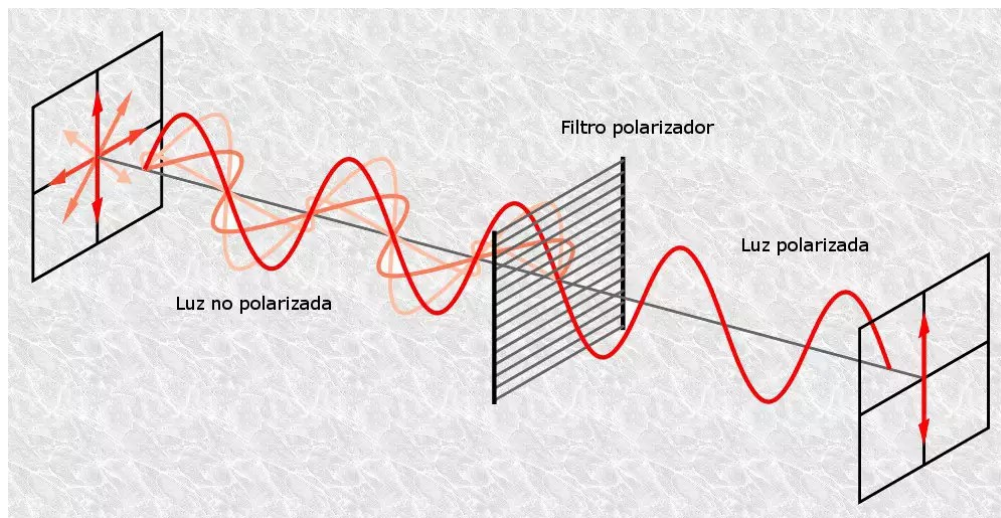


Figura 3

Para ângulos intermediários entre a direção de polarização da placa e a direção de polarização da onda eletromagnética – ângulos entre 0° e 90° , a intensidade no receptor assumirá valores intermediários, pois só a parte da onda paralela as grades as atravessará, enquanto a parte perpendicular será refletida pelo material condutor.

Portanto, a intensidade de uma onda eletromagnética que passa por um polarizador depende do ângulo entre suas direções de polarização. Tal resultado é conhecido como lei de Mallus.

Seção 2: Reflexão

Roteiro da experiência

Material Utilizado:

- Transmissor;
- Receptor;
- Goniômetro;

- Base giratória;
- Placa metálica quadrada.

Montagem:

Posicione o receptor no braço móvel do goniômetro. Encaixe o furo da base giratória com ímã no parafuso central do goniômetro. Encaixe a placa metálica quadrada ao ímã da base giratória. Ligue o transmissor em linha reta com o receptor a uma distância de aproximadamente 80cm. Varie o ângulo de incidência girando a base do refletor metálico, como mostra a Figura 1.

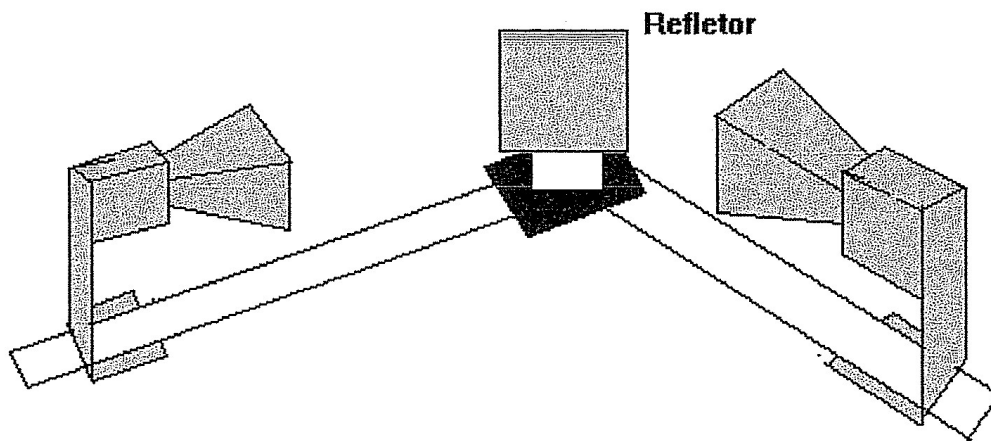


Figura 1

Explicação:

Esse experimento se baseia na lei da reflexão de ondas. A reflexão de uma onda eletromagnética é um fenômeno onde oscilações do campo elétrico e do campo magnético que se propagam por um meio incidem na superfície de um outro meio e têm sua direção de propagação alterada, entretanto, o meio de propagação não se altera. A Figura 2 ilustra esse fenômeno: uma onda eletromagnética se propagando inicialmente na direção do raio incidente através do meio 1 incide em uma superfície refletora – meio 2 – e tem sua direção de propagação alterada após a interação. A onda agora se propaga na direção do raio refletido, no mesmo meio do raio incidente.

No experimento em questão, uma onda eletromagnética é emitida pelo transmissor e se propaga pelo ar – meio 1 – até incidir sobre a superfície do material condutor – meio 2 – com um determinado ângulo de incidência em relação à reta perpendicular a superfície metálica – representada pela reta N na Figura 2.

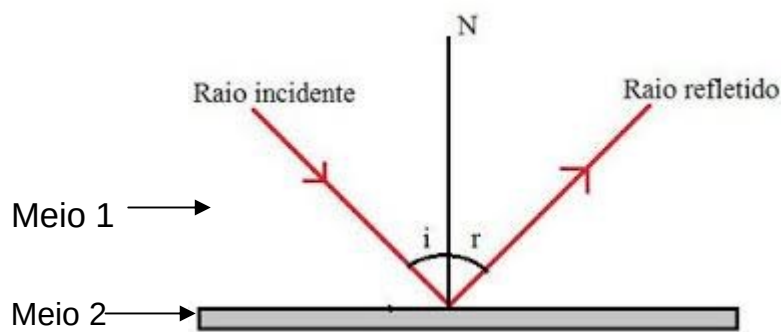


Figura 2

Após incidir na superfície metálica, a onda é refletida pela placa com um ângulo de reflexão com a normal à superfície que, pela lei da reflexão, é igual ao ângulo de incidência – na Figura 2, o ângulo i entre a direção de propagação inicial e a reta normal N é igual ao ângulo r entre a direção de propagação final da onda e a reta normal N .

Portanto, o receptor só detectará a onda eletromagnética emitida pelo transmissor se ele estiver posicionado na direção do raio refletido, ou seja, para haver detecção no receptor, o ângulo entre o transmissor e a reta normal à superfície metálica deve ser o mesmo que o ângulo entre a reta normal N e o receptor.

Seção 3: Interferência

Roteiro da experiência

Material Utilizado:

- Transmissor ;
- Receptor;
- Duas placas metálicas quadradas;
- Goniômetro;
- Uma placa retangular;
- Base metálica com ímã;
- Braço metálico com ímã para suporte das placas.

Montagem:

Coloque o receptor e o transmissor sobre o braço metálico – o receptor deve ficar no braço móvel. Posicione-os com uma distância de aproximadamente 80cm

entre eles. Coloque as placas quadradas e a retangular na base com uma distância de 1,5 cm entre cada placa quadrada e a placa retangular, como ilustrado na Figura 1:

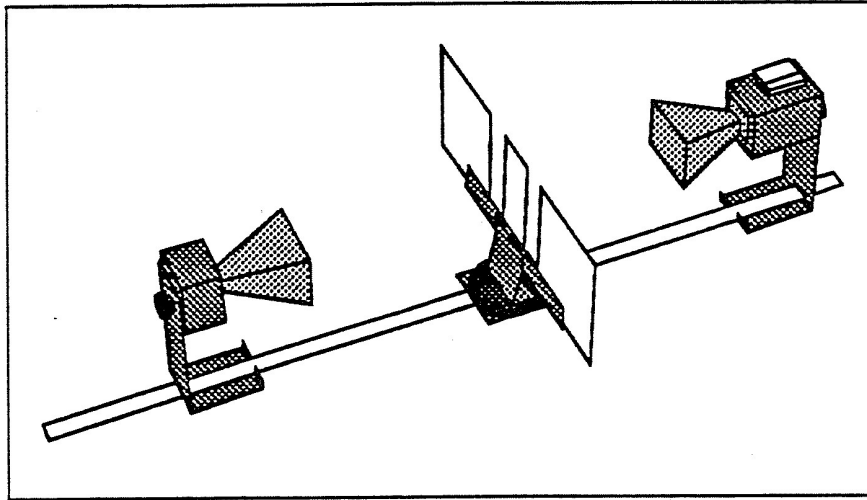


Figura 1

Explicação:

Esse experimento baseia-se no fenômeno de interferência de ondas. A interferência é um fenômeno ondulatório que consiste na superposição de ondas: quando duas ondas se superpõem na mesma região do espaço, ocorre a interferência, que resulta em uma outra onda com intensidade diferente das ondas originais. A interferência de ondas pode ser classificada em dois tipos: interferência construtiva e interferência destrutiva. A interferência construtiva ocorre quando duas ondas em fase, ou seja, ondas que possuem seus máximos no mesmo ponto do espaço simultaneamente e seus mínimos no mesmo ponto do espaço simultaneamente, se superpõem formando uma nova onda com uma amplitude maior, como mostra a Figura 2: as ondas 1 e 2, de mesma amplitude, estão em fase e se interferem construtivamente formando a onda resultante.

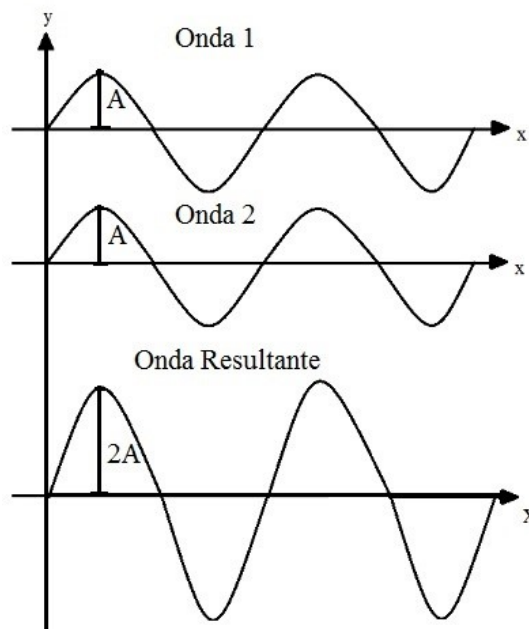


Figura 2

No caso de interferência destrutiva entre duas ondas, as ondas devem estar fora de fase: quando uma das ondas tem seu máximo em determinado ponto em um instante do tempo, a outra onda tem seu mínimo no mesmo ponto no mesmo instante de tempo. Assim, a amplitude da onda resultante será menor que as amplitudes das ondas originais. A Figura 3 ilustra esse fenômeno para duas ondas de amplitudes iguais, onde não há oscilação na onda resultante.

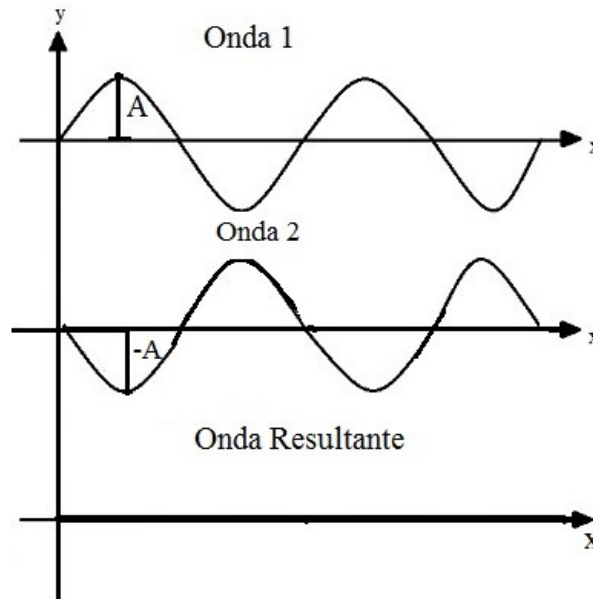


Figura 3

No experimento, o transmissor emite uma onda eletromagnética. Após ser emitida, a onda eletromagnética irá se propagar até chegar a placa. Ao encontrar-se com as fendas, a onda irá se “dividir” em duas ondas: a que passou pela fenda superior – S_1 – e a que passou pela fenda inferior – S_2 – como mostrado na Figura 4.

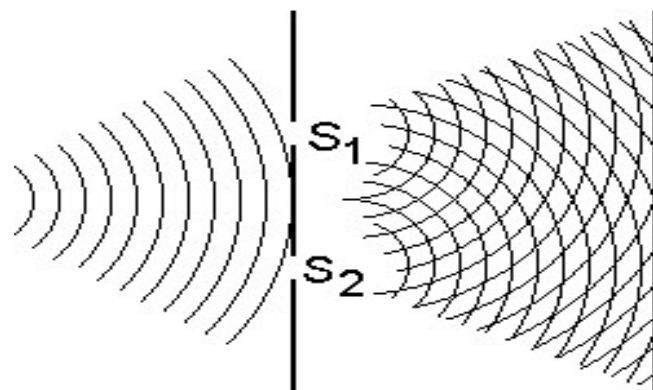


Figura 4

Essas duas ondas resultantes – que possuem a mesma amplitude da onda emitida pelo transmissor – irão se propagar e irão interferir uma com a outra antes de chegarem ao receptor, de modo que a onda detectada será o resultado da interação das duas ondas. Tal onda resultante terá direções de valores máximos, – caso as ondas estejam em fase e, conseqüentemente, interfiram construtivamente – direções onde não haverá onda eletromagnética – caso as ondas interfiram destrutivamente – e em outras direções a intensidade será algum valor intermediário entre os máximos da onda e os pontos de intensidade nula.

Portanto, o receptor detectará uma intensidade máxima para certas direções, intensidades intermediárias para outras e, em algumas sequer haverá oscilações. Esse padrão formado pela onda resultante – de máximos e mínimos – é conhecido como padrão de interferência.

Seção 4: Difração de fenda simples

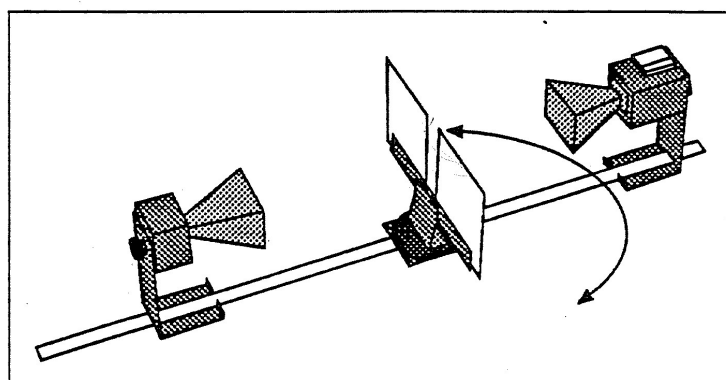
Roteiro da experiência

Material Utilizado:

- Transmissor;
- Receptor;
- Duas placas metálicas quadradas;
- Goniômetro;
- Base metálica de trilho com ímã;
- Braço metálico com ímã para suporte das placas.

Montagem:

Coloque o receptor e o transmissor nas bases metálicas – o receptor deve ficar no braço móvel. Encaixe os dois no goniômetro colocando entre eles uma base metálica com ímã. No braço de suporte, fixe as placas quadradas bem alinhadas e simétricas, como na Figura 1. Coloque uma distância entre o receptor e o transmissor de aproximadamente 50 cm. Varie o ângulo entre o braço móvel do goniômetro, onde está o receptor, e o braço onde está o transmissor.



Explicação:

Esse experimento baseia-se no efeito de difração. Alguns fenômenos que ocorrem com as ondas eletromagnéticas não podem ser entendidos com o modelo simples de ótica geométrica. Vejamos o exemplo da luz (que é uma onda eletromagnética): Se posicionássemos um anteparo com uma fenda na frente de uma tela e o iluminássemos, o que veríamos na tela? De acordo com a ótica geométrica, quando iluminássemos o anteparo, os raios se propagariam através da fenda e iluminariam a tela apenas na direção da fenda, como mostra a Figura 2(a). Entretanto, tal resultado não é observado. O que observamos é que a região iluminada na tela não se restringe a projeção da fenda na tela: a onda se propaga também em outras direções – Figura 2(b).

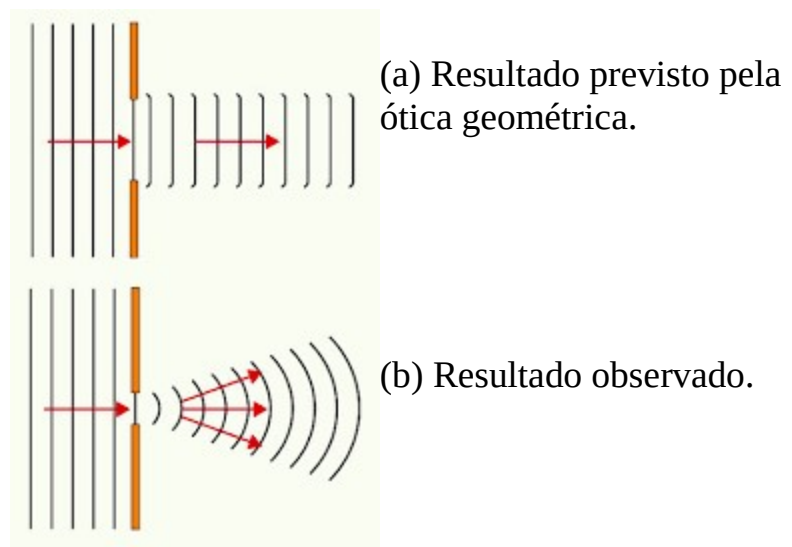


Figura 2

Na realidade, o que observamos é chamado de figura de difração. O efeito de difração é o encurvamento sofrido pelos raios de onda quando esta encontra obstáculos. Quando uma onda se propaga, cada ponto em sua frente de onda pode ser considerada como uma fonte de onda secundária que se espalha em todas as direções com velocidade igual à velocidade de propagação da onda nesse meio. Tal interpretação é conhecida como Princípio de Huygens, ilustrado na Figura 3: uma frente de onda emitida por uma fonte no instante t_1 pode ser interpretada como inúmeras fontes emitindo novas ondas que formarão a frente de onda no instante t_2 .

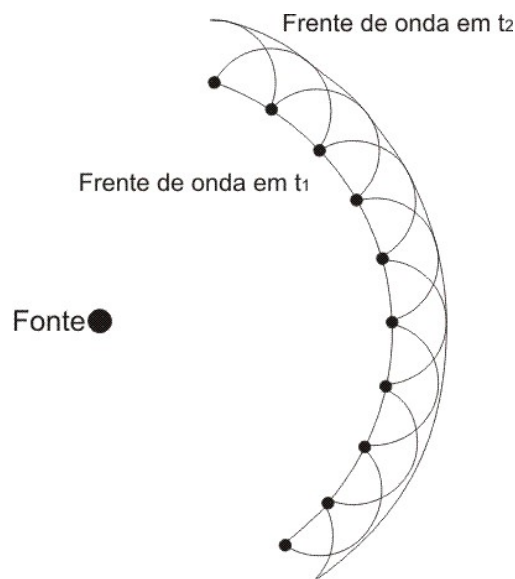


Figura 3

Assim, como consequência desse princípio, ao passar pela fenda, as “frentes de ondas secundárias” irão interferir entre si e formarão um padrão de interferência, com máximos e mínimos causados pelas interferências construtiva e destrutiva, respectivamente. Nesse caso, o padrão de interferência é denominado padrão de difração.

Portanto, quando o transmissor emite uma onda eletromagnética, ela passa pela fenda e difrata criando, assim, direções onde não haverá onda eletromagnética e, portanto, o receptor não detectará nenhum sinal por sua intensidade ser nula, enquanto que, para outras direções, o receptor detectará a onda emitida pelo transmissor, devido à interferência construtiva.

É importante enfatizar que não existe nenhuma diferença fundamental entre os fenômenos que ocorrem na interferência e na difração.

Seção 5: Espelho de Lloyd

Roteiro da experiência

Material Utilizado:

- Transmissor;
- Receptor;
- Placa refletora quadrada;

- Braço fixo perpendicular;
- Goniômetro;
- Base metálica de trilho com ímã.

Montagem:

Coloque o receptor de frente para o transmissor com uma distância de aproximadamente 1 metro entre eles e equidistantes do centro. Encaixe o braço perpendicular fixo no goniômetro e coloque a base metálica de trilho em um dos braços com o refletor fixo no ímã desta. Seguindo a Figura 1 mova o refletor a partir de uma certa distância e encontre um ponto de máximo analisando a leitura do receptor

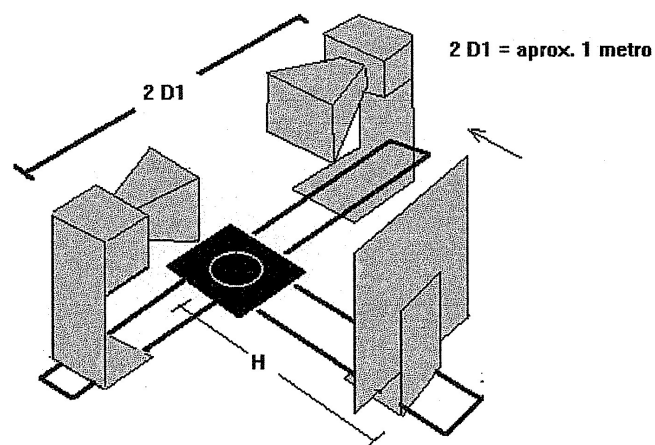


Figura 1

Explicação:

Esse experimento se baseia nos fenômenos de reflexão e interferência de ondas. Quando o transmissor emite uma onda eletromagnética ela se propaga em todas as direções do espaço. Assim, parte da onda irá se propagar até o receptor seguindo o caminho B e, em seguida, percorrendo o caminho C – como mostra a Figura 2 – e uma outra parte da onda se propagará do transmissor diretamente ao receptor – representado pelo caminho A na Figura 2.

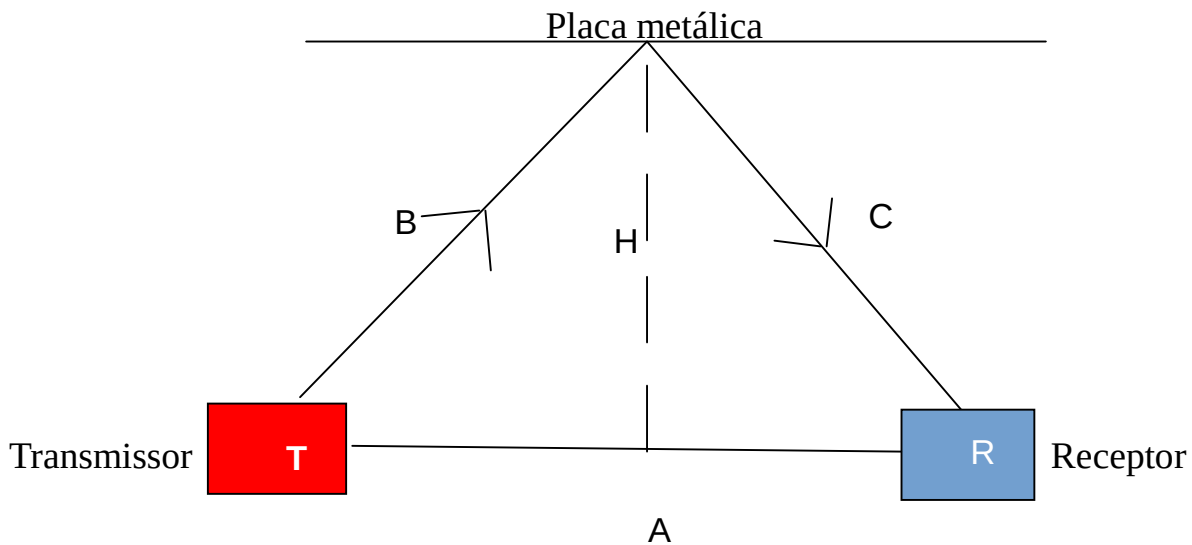


Figura 2

Ao ser emitida pelo transmissor, a onda que percorre o caminho B – onda B – está em fase com a onda que percorre o caminho A – onda A. Entretanto, ao incidir na placa metálica, a onda B sofrerá uma inversão de fase: a onda B está agora defasada em relação a onda A de π , o que é equivalente a dizer que os pontos de máximo da onda B são pontos de mínimo da onda A e vice-versa. Portanto, para que o receptor detecte a onda emitida pelo transmissor, a interferência entre as ondas A e B deve ser construtiva: tal condição exige que a diferença entre os caminhos percorridos pela onda B e A até o receptor deve ser um semi-inteiro do comprimento de onda (como por exemplo $\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$,...), onde λ é o comprimento de onda da onda emitida pelo transmissor. Caso a diferença de caminho seja um múltiplo inteiro do comprimento de onda, a interferência será destrutiva e o receptor não detectará oscilação alguma.

Efetivamente, o experimento do espelho de Lloyd é equivalente a posicionar uma outra fonte no centro da placa que emite ondas defasadas em relação a onda emitida pelo transmissor.