

## Óptica ondulatória com microondas

### DEMONSTRAÇÃO E EXAME DA INTERFERÊNCIA, DIFRAÇÃO E POLARIZAÇÃO DE MICROONDAS

- Medição ponto por ponto da intensidade da difração de microondas na fenda dupla
- Determinação dos princípios para diversas ordens de difração
- Determinação do comprimento de onda mediante distância entre fendas conhecidas
- Exames e alteração da polarização das microondas irradiadas

UE3060300

03/18 UD

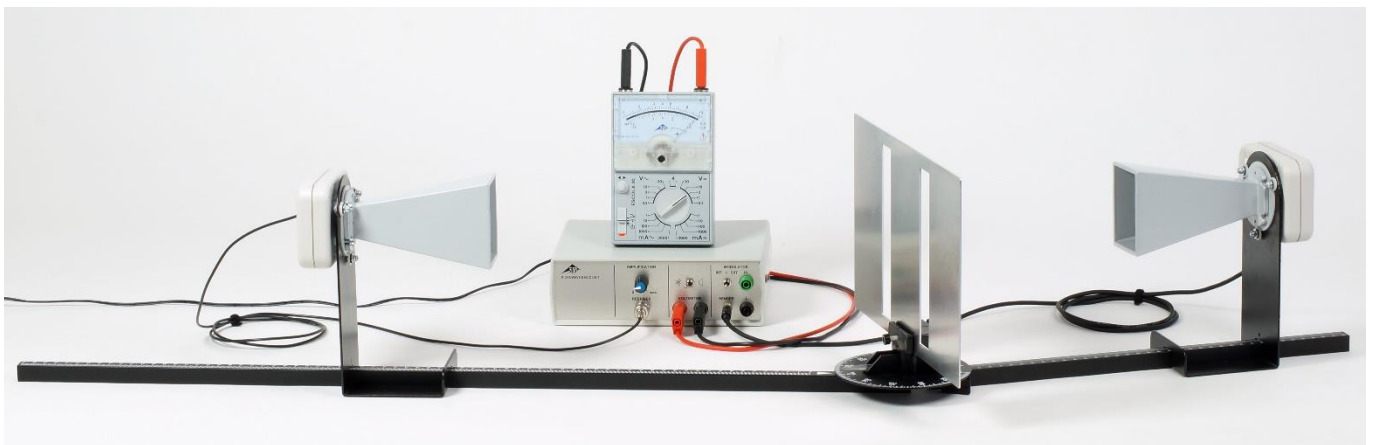


Fig. 1: Disposição de medição para a difração de microondas na fenda dupla

### FUNDAMENTOS GERAIS

A ótica de ondas considera a luz como que uma onda transversal, eletromagnética, e explica assim a interferência, a difração e a polarização da luz. Microondas também são ondas eletromagnéticas e mostram os mesmos fenômenos e seu comprimento de onda é, por isso, claramente maior do que as mesmas da luz visível. Dessa forma, para experiências de ondas de ótica física com microondas podem ser empregados objetos de difração e grade de polarização, cuja estrutura interna é visível a olho nu.

Na experiência é examinada a difração de microondas do comprimento de onda  $\lambda$  numa fenda dupla, cuja distância entre fendas  $d$  é de vários centímetros. Obtém-se a distribuição de intensidade típica (veja Fig. 5) para a difração na fenda dupla com princípio nos ângulos  $\alpha_m$ , que sob a condição

$$(1) \quad \sin \alpha_m = m \cdot \frac{\lambda}{d}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

são suficientes.

A intensidade máxima é visivelmente medida com precisão quando o receptor está atrás do segmento central e não possa receber a irradiação do transmissor em linha reta. Esse fenômeno pode ser explicado pela interferência das ondas divididas de ambas as fendas e é um nítido comprovante para a natureza das ondas das microondas.

Girando-se o receptor em torno da direção dos raios, comprova-se a polarização linear das microondas irradiadas. Mediante alinhamento cruzado do transmissor e do receptor, a intensidade medida diminui em zero. Se colocarmos uma grade de polarização inferior a  $45^\circ$  no avanço dos raios, então o receptor recebe novamente uma onda, mesmo que com amplitude menor. A grade deixa passar a componente do vetor  $E$  da microonda que está chegando, que vibra paralelamente para a grade de polarização. Aqui por outro lado mede-se a componente que vibra paralelamente para o receptor.

## LISTA DE APARELHOS

- |    |  |                        |
|----|--|------------------------|
| 1  | Conjunto para microondas 9,4 GHz<br>@230V                            | 1009951 (U8493600-230) |
| ou |  |                        |
| 1  | Conjunto para microondas 10,5 GHz<br>@115V                           | 1009950 (U8493600-115) |
| 1  | Multímetro analógico<br>Escola 30                                    | 1013526 (U8557330)     |
| 1  | Par de cabos de segurança para experiências,<br>75 cm, vermelho/azul | 1017718 (U13816)       |

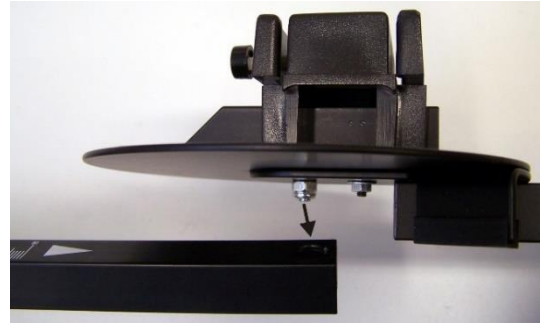


Fig. 2: Colocação do trilho curto no longo

## MONTAGEM

- Colocar o trilho curto no longo (Fig. 2).
- Colocar o sistema de trilhos na posição 0° (Fig. 3).
- Fixar o suporte da placa como mostrado na Fig. 3 e fixar com o parafuso sem cabeça.
- Colocar o emissor em 170 mm no trilho curto e o receptor em 400 mm no trilho longo. Dispor emissor e receptor de forma paralela horizontal um em relação ao outro.
- Conectar o emissor no conector "Sender" e o receptor no conector "Receiver" do aparelho de operação.
- Conectar o multímetro analógico aos conectores de 4 mm "Voltmeter" e selecionar a faixa de medição de 3 V corrente contínua.

O multímetro analógico mostra o sinal amplificado do receptor como corrente contínua proporcional (com modulação desligada).

- Desligar o alto-falante e ajustar o "Modulator" para "0".
- Conectar o aparelho por meio da fonte fornecida à rede e ele estará pronto para funcionar.
- Abrir o ajustador "Amplification" para amplificação do sinal do receptor até que o multímetro analógico mostre o valor máximo 3 V.

## EXECUÇÃO

### Difração na fenda dupla

- Deslocar o emissor para a posição 250 mm. Dispor emissor e receptor de forma paralela vertical um em relação ao outro.
- Fixar a placa com a fenda dupla no centro da fenda do suporte de placa com o parafuso de fixação.

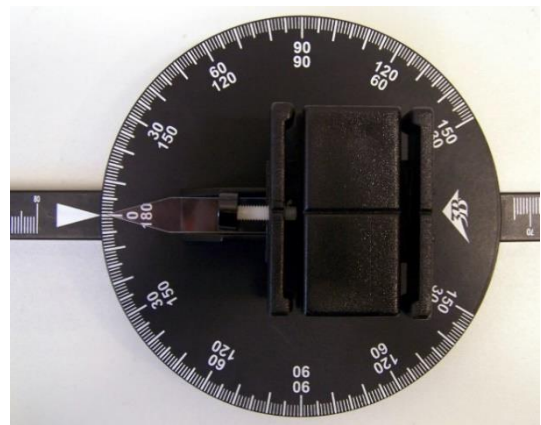


Fig. 3: Posição 0° do sistema de trilhos

### Orientação

Entre o emissor e a placa com a fenda dupla, formam-se ondas estáticas.

- Deslocar o emissor um pouco para a esquerda ou para a direita, de forma que o multímetro analógico indique um valor máximo.
- Reajustar a ampliação do sinal do receptor de forma que o multímetro analógico volte a indicar 3V.
- Segurar, com uma mão, o trilho longo e o receptor e, com a outra, girar o trilho curto e o emissor de tal forma no sentido anti-horário que a marcação no trilho longo aponte para a marcação de 65° da chapa de escala. Segurar o emissor de forma que sua posição no trilho não seja alterada. Inserir o valor do ângulo como -65° na Tab. 1.
- Ler a tensão no multímetro analógico e inserir o valor na Tab. 1.
- Repetir a medição em intervalos de 2,5° até 0° e até +65° girando o trilho curto com o emissor no sentido horário. Anotar todos os valores na Tab. 1.

### Polarização

- Criar a configuração de saída (vide "montagem").
- Dispor emissor, receptor e grade de polarização da forma mostrada nas Fig. 4A-f, observar a respectiva indicação no multímetro analógico e anotar a observação.

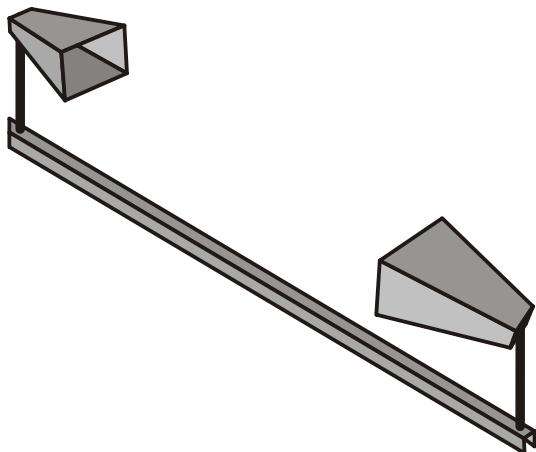


Fig. 4a: Disposição paralela de emissor e receptor

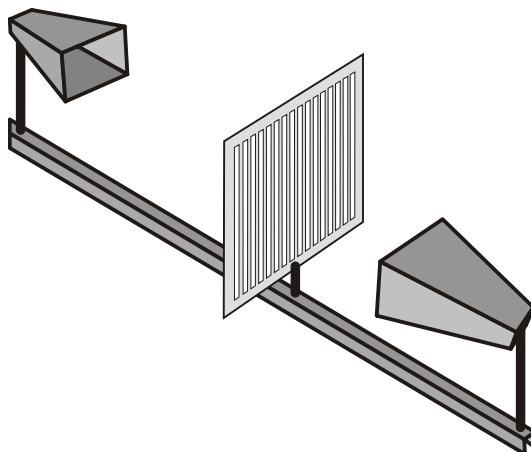


Fig. 4d: Grade de polarização disposta verticalmente entre emissor e receptor dispostos horizontalmente paralelos

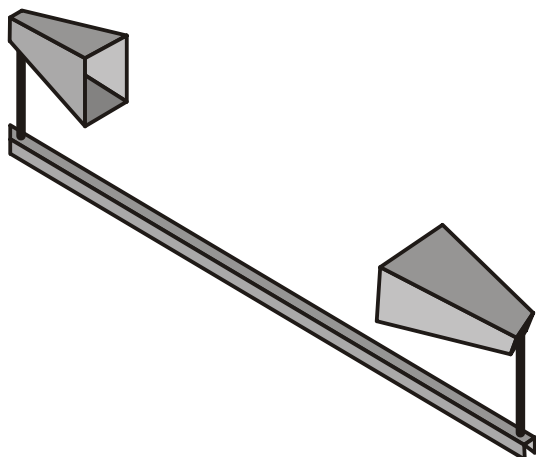


Fig. 4b: Disposição cruzada de emissor e receptor

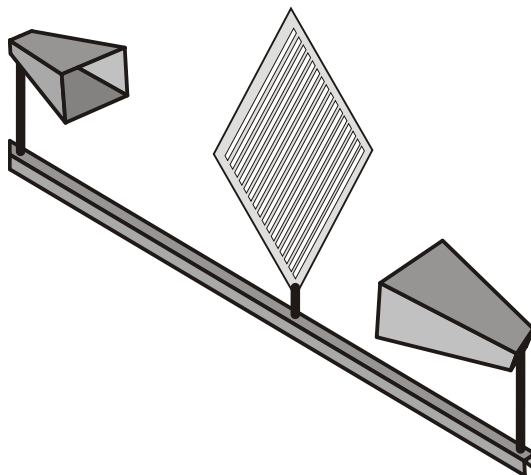


Fig. 4e: Grade de polarização disposta em diagonal entre emissor e receptor dispostos horizontalmente paralelos

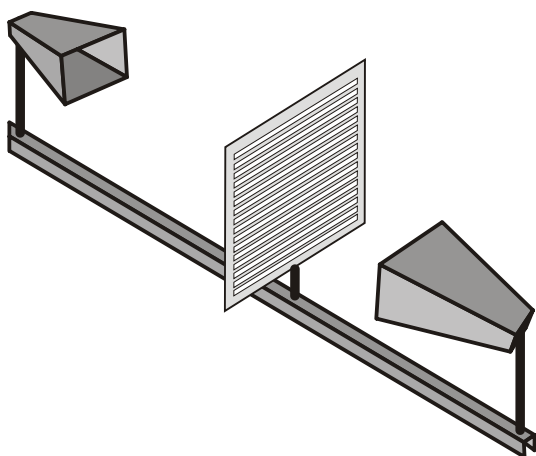


Fig. 4c: Grade de polarização disposta horizontalmente entre emissor e receptor dispostos horizontalmente paralelos

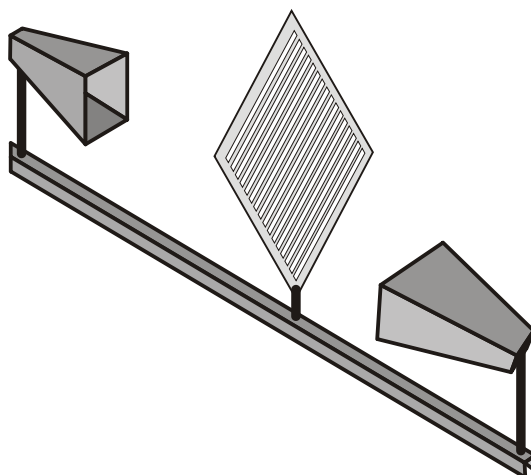


Fig. 4f: Grade de polarização disposta em diagonal entre emissor e receptor dispostos cruzados

### EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tab. 1: Difração de microondas na fenda dupla. Tensões medidas em dependência do ângulo de rotação

$\alpha$	$U/V$	$\alpha$	$U/V$	$\alpha$	$U/V$
-65,0°	0,40	-20,0°	2,90	25,0°	1,00
-62,5°	0,65	-17,5°	2,85	27,5°	0,30
-60,0°	1,10	-15,0°	2,25	30,0°	0,45
-57,5°	0,90	-12,5°	1,65	32,5°	1,00
-55,0°	0,70	-10,0°	0,35	35,0°	1,40
-52,5°	0,60	-7,5°	0,55	37,5°	1,85
-50,0°	0,70	-5,0°	1,75	40,0°	2,10
-47,5°	1,00	-2,5°	2,75	42,5°	1,75
-45,0°	1,50	0,0°	2,95	45,0°	1,10
-42,5°	2,00	2,5°	2,55	47,5°	0,75
-40,0°	2,25	5,0°	1,65	50,0°	0,75
-37,5°	2,00	7,5°	0,35	52,5°	0,60
-35,0°	1,50	10,0°	0,50	55,0°	0,60
-32,5°	0,80	12,5°	1,80	57,5°	0,85
-30,0°	0,45	15,0°	2,40	60,0°	0,85
-27,5°	0,40	17,5°	2,85	62,5°	0,45
-25,0°	1,20	20,0°	2,90	65,0°	0,40
-22,5°	2,40	22,5°	2,35	-	-

Tab. 2: Posição das máximas de intensidade como função da ordem de difração  $m$

$m$	$\alpha_m$	$\sin \alpha_m$
-3	-60,0°	-0,87
-2	-40,0°	-0,64
-1	-20,0°	-0,34
0	0,0°	0,00
1	20,0°	0,34
2	40,0°	0,64
3	60,0°	0,87

- Aplicar os ângulos  $\alpha_m$  dos máximos de difração em um diagrama  $\sin \alpha_m - m$  contra a ordem de difração  $m$  (Fig. 6).

Os valores de medição estão sobre uma reta de origem cuja inclinação  $a$  corresponde, conforme equação (1), ao quociente  $\lambda/d$ . Com uma distância da fenda  $d = 10,5$  cm, resulta, para o comprimento de onda  $\lambda$  e a frequência  $f$  das microondas:

$$a = \frac{\lambda}{d} \Leftrightarrow \lambda = a \cdot d = 0,302 \cdot 10,5 \text{ cm} = 3,17 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$(4) \quad f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3,17 \text{ cm}} = 9,5 \cdot \text{GHz}$$

O valor confere até 1% com o valor nominal  $f = 9,4$  GHz.

### AVALIAÇÃO

#### Difração na fenda dupla

- Deduzir das tensões medidas  $U$  (Tab. 1) o Offset, se for o caso (aqui: 0,30 V),
 
$$(2) \quad U' = U - U_{\text{off}} = U - 0,30 \text{ V},$$
 Padronizar no valor em  $\alpha = 0^\circ$ ,
 
$$(3) \quad U'_{\text{max}} = U_{\text{max}} - U_{\text{off}} = 2,95 \text{ V} - 0,30 \text{ V} = 2,65 \text{ V},$$
 e representar os valores resultantes  $U' / U'_{\text{max}}$  graficamente em dependência do ângulo  $\alpha$  (Fig. 5).
- Identificar os máximos com a respectiva ordem de difração  $m$  e anotar, juntamente com os ângulos  $\alpha_m$ , na Tab. 2.
- Calcular respectivamente o seno dos ângulos  $\alpha_m$  e anotar na Tab. 2.

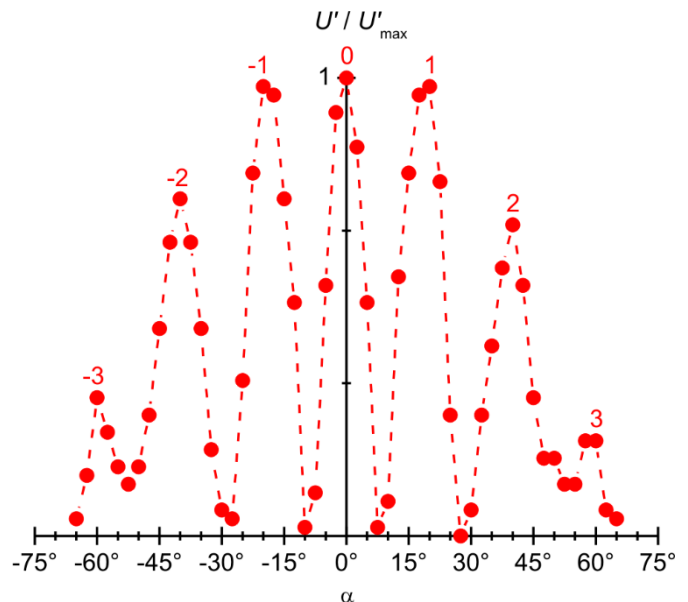


Fig. 5: Distribuição de intensidade na difração de microondas na fenda dupla. A linha tracejada destina-se a guiar os olhos.

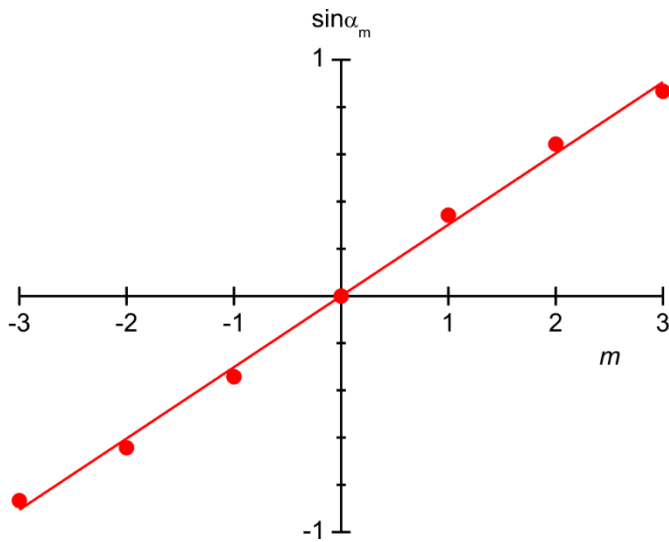


Fig. 6: Posição do princípio como função da ordem de difração  $m$

### Polarização

Com disposição paralela de emissor e receptor (Fig. 4a), o multímetro analógico indica tensão máxima, com disposição cruzada (Fig. 4b), zero. As microondas emitidas são ondas transversais linearmente polarizadas.

Com disposição horizontal da grade de polarização entre emissor e receptor dispostos horizontalmente paralelos (Fig. 4c), o multímetro analógico indica tensão máxima, com disposição vertical (Fig. 4d), zero. A grade de polarização age como filtro de polarização.

Com disposição em diagonal da grade de polarização entre emissor e receptor dispostos paralelos (Fig. 4e) ou cruzados (Fig. 4f), o multímetro analógico indica tensões entre zero e tensão máxima. A grade permite a passagem do componente do vetor  $E$  da microonda que se aproxima, que oscila paralela à grade de polarização. Por sua vez, o componente em oscilação paralela ao receptor é medido aqui.