

# Experimento 8

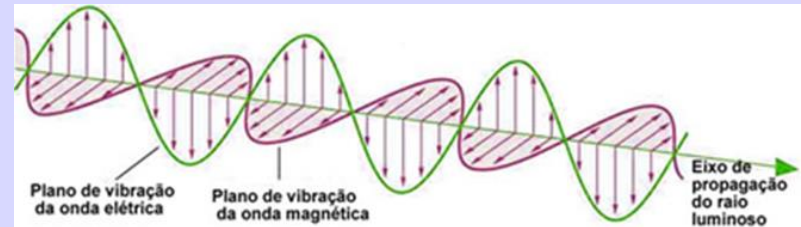
## Polarização das micro-ondas

Estudar polarização de ondas e meios para modificá-las

Conjunto transmissor/receptor de micro-ondas

Polarização por transmissão

Polarização por reflexão



Polarização definida como direção de oscilação do campo elétrico

Como analisar e influenciar na polarização de um onda eletromagnética

# Polarização de micro-ondas

## Ondas eletromagnéticas

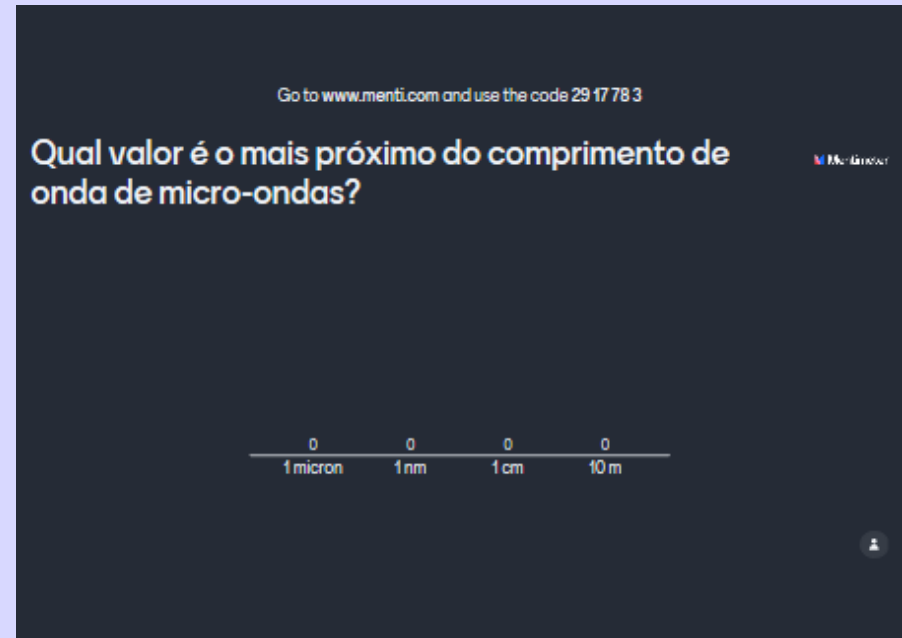
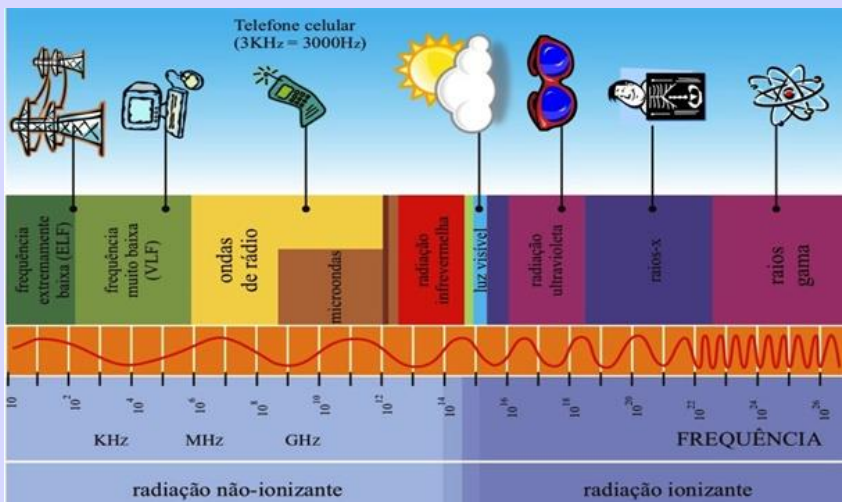
### Ondas transversais

Direção de variação perpendicular a direção propagação

$$\vec{E} \text{ perp } \vec{B} \text{ perp } \vec{v}_{prop}$$

## Espectro eletromagnético

### Classificação por frequência



$$\lambda = \frac{c}{f}$$

### Micro-ondas

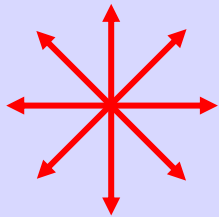
300 MHz 1 m  
300 GHz 1 mm

# Polarização de micro-ondas

## Polarização

Direção da oscilação de E

Sem direção preferencial



Não polarizada

Uma única direção



Polarização plana (linear)

Intensidade depende do quadrado do valor do campo elétrico

Go to [www.menti.com](https://www.menti.com) and use the code 29 17 78 3

A intensidade medida por um sensor depende da polarização da micro-onda?

- Sim para qualquer sensor
- Não para qualquer sensor
- Depende do sensor

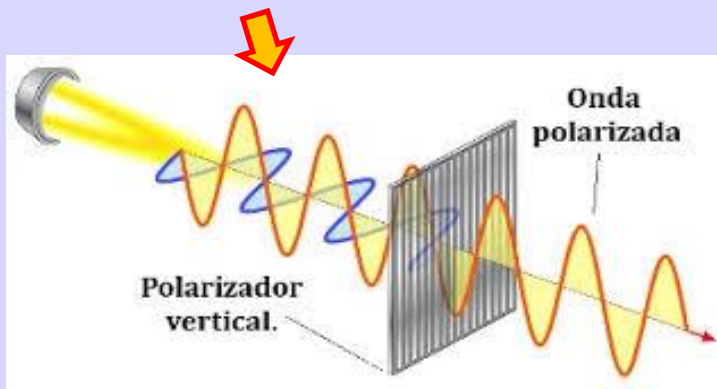
A imagem mostra a interface de uma pergunta de um quiz interativo. No topo, há um link para www.menti.com com o código 29 17 78 3. A pergunta principal é "A intensidade medida por um sensor depende da polarização da micro-onda?". Abaixo da pergunta, há três opções de resposta com marcadores de cor: um círculo azul para "Sim para qualquer sensor", um círculo rosa para "Não para qualquer sensor" e um círculo laranja para "Depende do sensor". No canto inferior direito, há um ícone de perfil de usuário.

# Polarização de micro-ondas

## Polarizador

Campo oscila em uma única direção

Onda não polarizada



Onda polarizada

Go to [www.menti.com](http://www.menti.com) and use the code 85 57 74 3

A intensidade antes do polarizador é a mesma após o polarizador?

- Sim
- Não
- Depende

Mentimeter

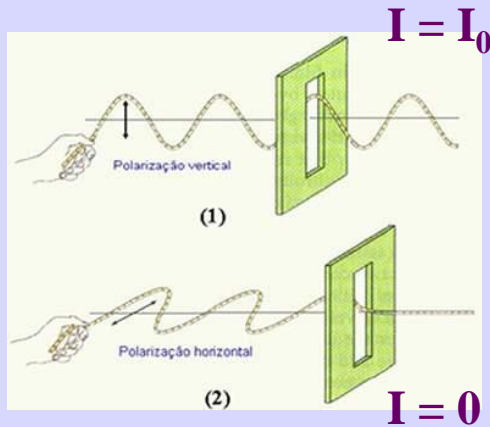
Campo elétrico na vertical mantido

# Polarização de micro-ondas

## Polarizador

Campo oscila em uma única direção

Onda polarizada

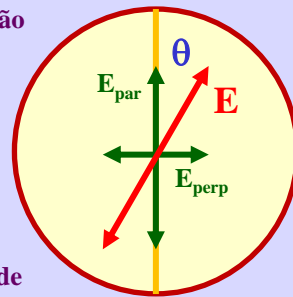


Eixo do polarizador =  
direção de oscilação

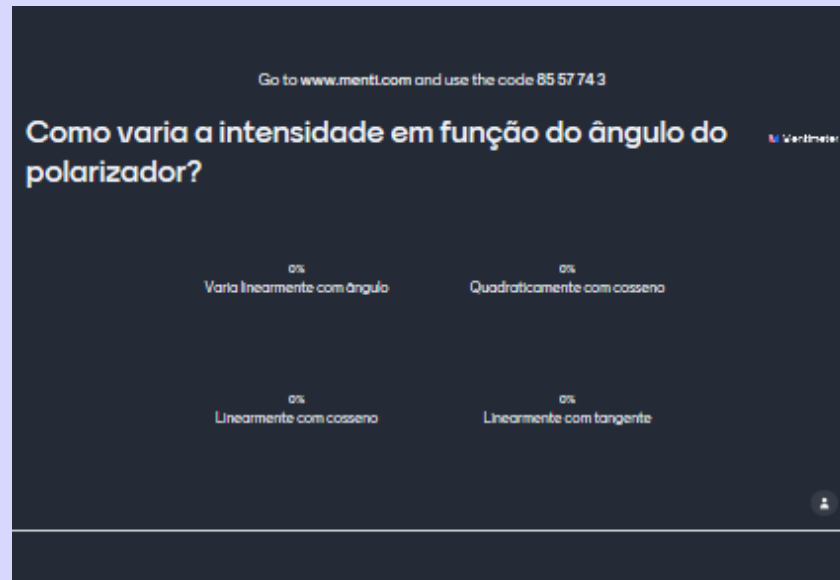
Eixo do polarizador  
perpendicular a  
direção de oscilação

Eixo do polarizador  $\neq$   
direção de oscilação

Eixo de polarização



Lente polaróide

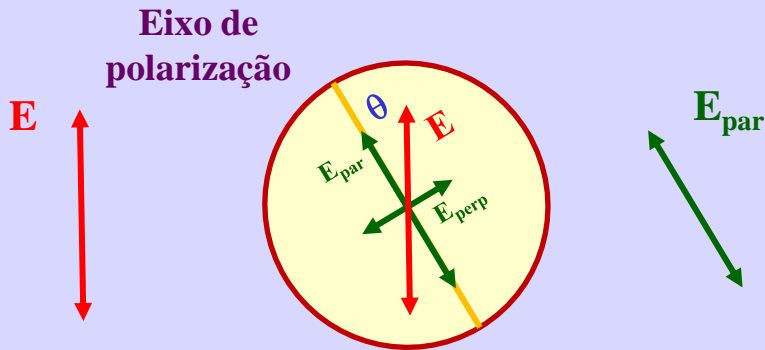


Lei de Malus

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

# Polarização de micro-ondas

## Polarização por transmissão



Antes

polarização na vertical

Depois

polarização na direção do eixo do polarizador

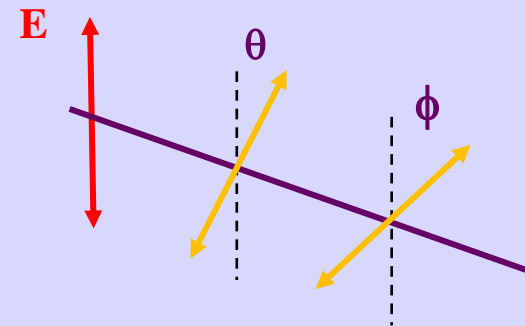
Intensidade menor

## Dois polarizadores

Onda polarizada na vertical

Eixo pol1 =  $\theta$  em relação a vertical

Eixo pol2 =  $\phi$  em relação a vertical



## Intensidade final

$$I_{final} = I_0 \cos^2(\theta - 0) \cos^2(\phi - \theta)$$

## Direção final

= eixo do último polarizador

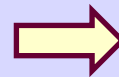
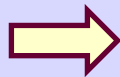
# Arranjo experimental

## Régua suporte



## Emissor

Emite luz polarizada na direção do eixo do diodo



## Receptor

Mede somente na direção do eixo do diodo



Funciona como um polarizador

# Valor lido da intensidade

**Intens = leitura do sensor X Fundo de escala**



**Leitura sensor  $0,80 \pm 0,01$  ua**

**Fundo de escala =  $30x$**

**Intensidade =  $(24,0 \pm 0,3)$  ua**

**Necessita de calibração para valores absolutos**



# Escolha do fundo de escala

**Melhor seleção é a que minimiza a incerteza relativa**

**Necessita calibração**

**Maior valor 30x 1,0 equivale a 30 mW**

$$\sigma_{relativo} = \frac{\sigma_{absoluto}}{Valor\ medido}$$


**Fundo de escala:**

**1x, 3x, 10x, 30x**

**Medida para 2,0 mW**

Go to [www.menti.com](http://www.menti.com) and use the code 29 34 79 9

Qual o melhor fundo de escala para medir o valor de 2mW?

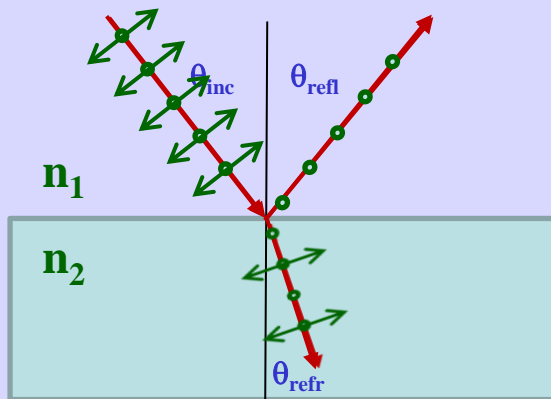


0 0 0 0  
1x 3x 10x 30x

FE	Leitura	Valor final
1x	2,00 (impossível)	
3x	0,66 ± 0,01	1,98 ± 0,03
10x	0,20 ± 0,01	2,0 ± 0,1
30x	0,07 ± 0,01	2,1 ± 0,3

# Polarização de micro-ondas

## Polarização por reflexão



## Lei de Snell

$$\theta_{inc} = \theta_{refl}$$

$$n_1 \text{ sen}\theta_{inc} = n_2 \text{ sen}\theta_{refr}$$

## Reflexão de ondas eletromagnéticas

Condições de contorno na interface

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n}$$

$$E_{1t} = E_{2t}$$

$$B_{1n} = B_{2n}$$

$$\frac{B_{1t}}{\mu_1} = \frac{B_{2t}}{\mu_2}$$

## Lei de Brewster

Reflexão polarizada

$$\theta_B = \theta_{inc}$$

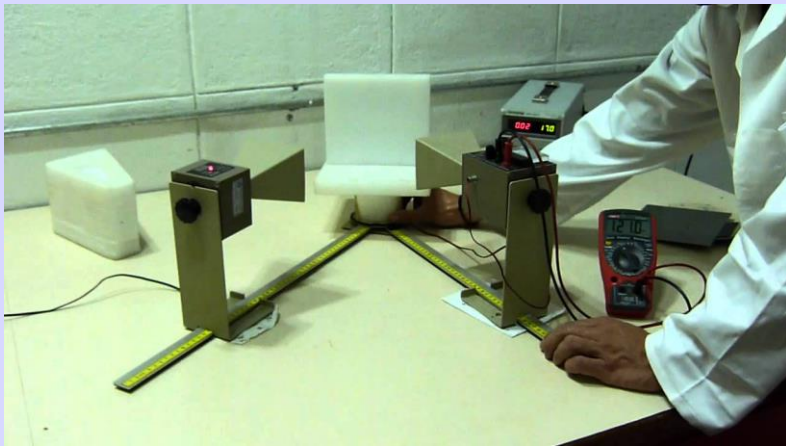
$$\theta_B + \theta_{refr} = 90^\circ$$

$$\Rightarrow \tan\theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

# Arranjo experimental

## Duas séries de medidas

Emissor e receptor com diodo na vertical (e depois ambos na horizontal)



Go to [www.menti.com](http://www.menti.com) and use the code 29 34 79 9

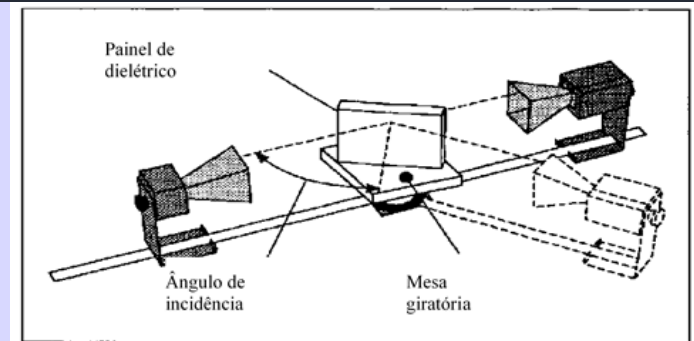
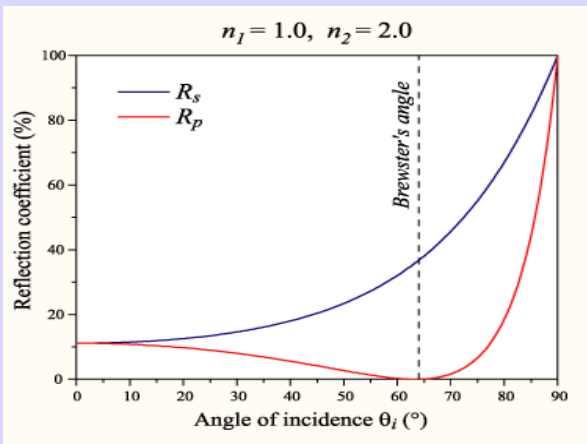
Qual valor será medido no sensor se a normal a superfície não estiver no centro do intervalo angular?

0  
Tanto menor quanto maior diferença

0  
Mede o mesmo valor para qq ângulo

0  
Zero

0  
Mede valores maiores para ângulo menores



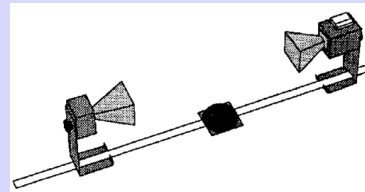
# Atividades

## Etapa 1

**Analisar comportamento de ondas polarizadas**

**Avaliar intensidade no receptor em função do ângulo relativo entre emissor e receptor**

**Desenhar curvas**

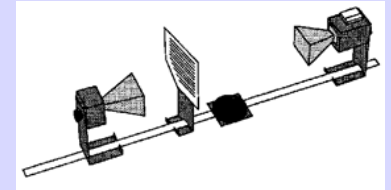


## Etapa 2

**Simular polarização por transmissão**

**Avaliar intensidade no receptor variando ângulos do polarizador**

**Diferentes ângulos polarizador e ângulo relativo entre eixos do emissor/receptor**



## Etapa 3

**Estudar polarização por reflexão**

**Identificar ângulo de Brewster**

**Gráfico da intensidade refletida em função do ângulo de incidência**

