

## Lei de Malus

### CONFIRMAÇÃO DA LEI DE MALUS PARA LUZ POLARIZADA LINEARMENTE.

- Medição da intensidade da luz  $I$  transmitida pelos filtros de polarização em dependência do ângulo de rotação dos filtros.
- Confirmação da lei de Malus.

UE4040100

10/15 UD



Fig. 1: Disposição de medição.

### FUNDAMENTOS GERAIS

A luz pode ser polarizada como onda transversal, por exemplo, fazendo-a passar por um filtro de polarização. Em uma onda de luz polarizada linearmente, o campo elétrico  $E$  e o campo magnético  $B$  oscilam respectivamente em um plano fixo. A direção da oscilação do campo elétrico é denominada a direção de polarização.

Na experiência, a luz atinge sucessivamente um polarizador e um analisador, que estão deslocados um em relação ao outro pelo ângulo  $\varphi$ . O polarizador é somente transpassado por uma parte polarizada linearmente da luz. Sua intensidade de campo tem, digamos, a amplitude  $E_0$ .

Na direção da polarização do analisador, o componente oscila com a amplitude

$$(1) \quad E = E_0 \cdot \cos \varphi.$$

Somente esta consegue passar pelo analisador (Fig. 3).

A intensidade da luz corresponde ao quadrado da intensidade do campo elétrico. Por isto, a intensidade após o analisador é de

$$(2) \quad I = I_0 \cdot \cos^2 \varphi,$$

se  $I_0$  for a intensidade atrás do polarizador.

A equação (2) é conhecida como a lei de Malus. Ela é confirmada na experiência pela medição da intensidade com um sensor de luz. Nesta medição, o valor de intensidade medido com  $\varphi = 90^\circ$  corresponde à luz ambiente. Este valor é subtraído da intensidade medida.

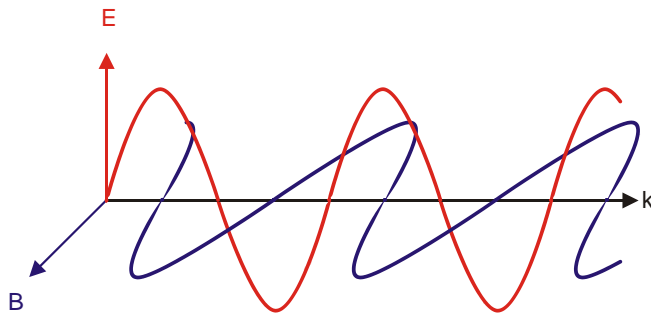


Fig. 2: Representação da definição da direção de polarização.

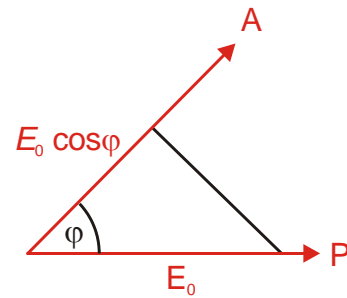


Fig. 3: Representação para o cálculo da intensidade de campo elétrico atrás do analisador.

## LISTA DE APARELHOS

1 Banco óptico D, 50 cm	U10302	1002630
4 Cavalete óptico D, 90/50	U103111	1002635
1 Luminária óptico halogênica	U21881	1003188
1 Transformador 12 V, 60 VA	U13900	1000593/ 1006780
2 Filtro de polarização sobre haste	U22017	1008668
1 Sensor de luz	U11364	1000562
1 3B NET/og™	U11300	1000539/40
<b>Opcional:</b>		
1 3B NET/lab™	U11310	1000544

## MONTAGEM E EXECUÇÃO

- Realizar a disposição de medição conforme Fig. 1.

### Orientação:

A posição exata dos dois filtros de polarização no banco óptico não é crítica em relação ao resultado da medição.

- Conectar o sensor de luz com auxílio do cabo miniDIN na Entrada Analógica A ou B do 3B NET/og™. Ligar o 3B NET/og™ e aguardar o reconhecimento do sensor.
- Ligar o computador e o software 3B NET/lab™. Conectar o 3B NET/og™ ao computador. Configurar a entrada conforme descrito no manual de instruções do software 3B NET/lab™.

### Orientação:

Os pontos de medição também podem ser registrados sem utilização do software 3B NET/lab™ através da leitura da tela do 3B NET/og™.

- No menu de seleção "Intervalo/taxa de medição": selecionar "medição manual". Ajustar o número de valores de medição para 37.
- Trazer ambos os filtros de polarização, com auxílio da marcação do suporte giratório para a posição 0 da escala angular.

### Orientação:

O filtro de polarização mais próximo da luminária óptica serve como polarizador, o filtro de polarização mais próximo do sensor de luz, como analisador.

- Não alterar mais o ajuste do polarizador. Ajustar o analisador para um ângulo de 10°.
- Clicando no botão "medir" no software 3B NET/lab™, registrar a intensidade da luz. Com novo clique no botão "medir", concluir o registro do ponto de medição.

### Orientação:

A medição de um ponto de medição registrado uma vez não pode ser repetida.

- Ajustar o analisador em intervalos de 10° para ângulos de até 360°, inclusive, e, a cada ângulo ajustado, registrar a intensidade da luz conforme descrito acima (Tab. 1).

## EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tab. 1: Intensidade medida da luz  $I_m$  e intensidade da luz  $I$  corrigida pela intensidade da luz ambiente para diferentes ângulos  $\varphi$  entre polarizador e analisador.

$\varphi$	$I_m$ / lux	$I = I_m - I_m(90^\circ)$ / lux
0°	4,0440	3,6705
10°	3,9050	3,5315
20°	3,5500	3,1765
30°	3,1210	2,7475
40°	2,4720	2,0985
50°	1,7910	1,4175
60°	1,2080	0,8345
70°	0,7581	0,3846
80°	0,4502	0,0767
90°	0,3735	0,0000
100°	0,4906	0,1171
110°	0,8805	0,5070
120°	1,3440	0,9705
130°	1,9340	1,5605
140°	2,7330	2,3595
150°	3,3640	2,9905
160°	3,7710	3,3975
170°	4,0140	3,6405
180°	4,0320	3,6585
190°	3,8410	3,4675
200°	3,3710	2,9975
210°	2,7950	2,4215
220°	2,1880	1,8145
230°	1,5000	1,1265
240°	0,9986	0,6251
250°	0,5849	0,2114
260°	0,3802	0,0067
270°	0,3653	-0,0082
280°	0,5882	0,2147
290°	0,9939	0,6204
300°	1,5770	1,2035
310°	2,2280	1,8545
320°	2,8030	2,4295
330°	3,3850	3,0115
340°	3,7280	3,3545
350°	3,9810	3,6075
360°	4,0360	3,6625

## AVALIAÇÃO

A anulação dos filtros de polarização é especificada em  $> 99,9\%$  com  $\lambda = 450 - 750$  nm. Portanto, o valor de intensidade medido com  $\varphi = 90^\circ$  corresponde, em aproximação muito boa, à luz ambiente.

- Das intensidades de luz  $I_m$  medidas na Tab. 1, para cada ângulo  $\varphi$ , subtrair a intensidade da luz  $I_m(\varphi = 90^\circ)$  (Tab. 1).
- Representar graficamente a intensidade da luz corrigida pela luz ambiente  $I$  em dependência do ângulo  $\varphi$  em um diagrama (Fig. 4).

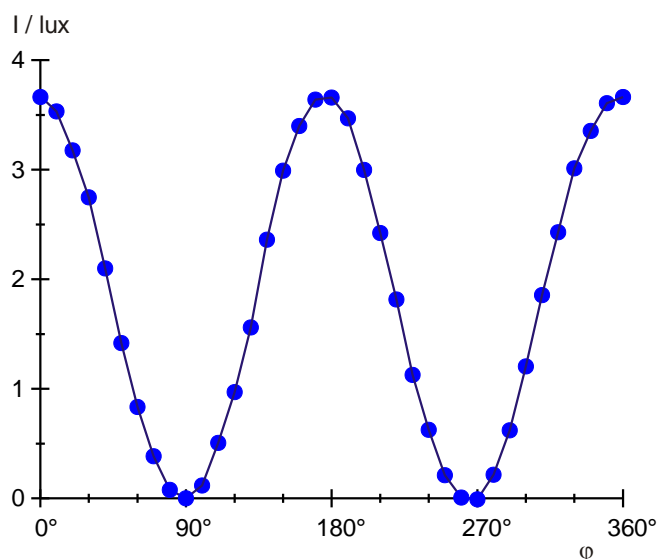


Fig. 4: Intensidade da luz  $I$  em dependência do ângulo  $\varphi$  entre polarizador e analisador.

O decurso da curva corresponde à equação (2).

- A partir dos ângulos  $\varphi$  para  $0 \leq \varphi \leq 90^\circ$ , calcular os valores  $\cos^2(\varphi)$  (Tab. 2) e transferir os valores correspondentes para a intensidade da luz  $I$  da Tab. 1 para a Tab. 2.

Tab. 2: Intensidade da luz corrigida pela intensidade da luz ambiente  $I$  para diferentes valores de  $\cos^2(\varphi)$  para  $0 \leq \varphi \leq 90^\circ$ .

$\varphi$	$\cos^2(\varphi)$	$I$ / lux
0°	1,00	3,6705
10°	0,97	3,5315
20°	0,88	3,1765
30°	0,75	2,7475
40°	0,59	2,0985
50°	0,41	1,4175
60°	0,25	0,8345
70°	0,12	0,3846
80°	0,03	0,0767
90°	0,00	0,0000

- Representar graficamente a intensidade da luz  $I$  em dependência de  $\cos^2\varphi$  em um diagrama (Fig. 5).

Os valores de medição estão, conforme aguardado por conta da equação (2), em uma reta de origem com a inclinação  $I_0$ .

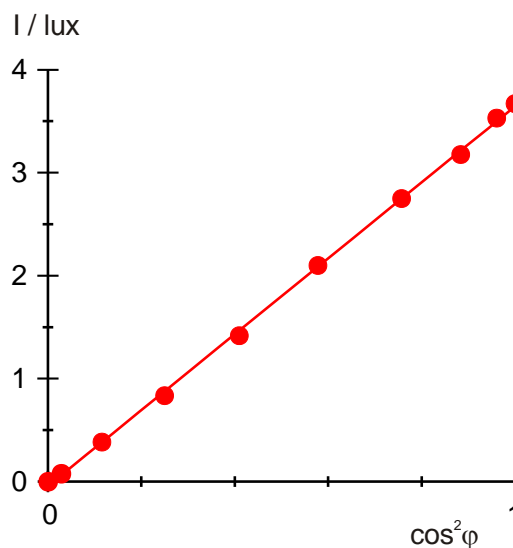


Fig. 5: Intensidade da luz  $I$  em dependência de  $\cos^2\varphi$ .