



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Esperienza 1: LEGGE DI MALUS – ANGOLO DI BREWSTER

G. Galbato Muscio

F. Ghimenti

L. Gravina

L. Graziotto

28 Marzo 2019

GRUPPO D1-1

## Abstract

Si misura l'intensità di un laser HeNe<sup>1</sup> attraverso un filtro polaroid al variare dell'angolo relativo tra asse principale e direzione di polarizzazione della luce per verificare la legge di Malus. Si studia l'andamento dell'intensità delle componenti TE e TM della componente riflessa da un dielettrico (perspex) al variare dell'angolo di incidenza, si misura l'angolo di Brewster.

## Indice

<b>1</b>	<b>Apparato strumentale</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Angolo di Brewster</b>	<b>2</b>
2.1	Riflettanza . . . . .	2
2.2	Visibilità . . . . .	3

<sup>1</sup>[https://www.dropbox.com/s/5aqzs2uykfi8lms/8-Coherence\\_function\\_He\\_Ne.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/5aqzs2uykfi8lms/8-Coherence_function_He_Ne.pdf?dl=0)

# 1 Apparato strumentale

## 2 Angolo di Brewster

Si monta l'apparato in Figura ??, dove prima del fotodiodo è stato posizionato un *beam-splitter polarizzatore*, in grado di trasmettere la componente orizzontale o quella verticale<sup>2</sup> della radiazione e riflettere la componente ortogonale, con coefficiente di assorbimento complessivo quasi nullo.

Posizionando tra il beamsplitter e il rilevatore un dielettrico (perspex) in modo che il piano di incidenza del laser fosse parallelo al piano di lavoro, si è ottenuto che la componente verticale della radiazione coincidesse con la componente TE e quella orizzontale con la TM.

Per capire quale delle due componenti veniva trasmessa dal beamsplitter, lo si è posizionato tra il filtro polarizzatore e il dielettrico e si è controllato visivamente il raggio riflesso al variare dell'angolo di incidenza: nel nostro caso si è visto che il riflesso si annullava per un angolo particolare (quello di Brewster, appunto), dunque abbiamo dedotto che la componente trasmessa fosse quella orizzontale, cioè di tipo TM.

Si è dunque rimosso il dielettrico e si è visto per quale angolo del polarizzatore la componente riflessa si annullava: nel nostro caso specifico si è misurato un angolo  $\theta_{TM} = (52 \pm 1)^\circ$  per cui tutto il laser veniva trasmesso, quest'angolo corrisponde ad una direzione verticale dell'asse di trasmissione del polarizzatore. Si è dunque verificato che a  $\theta_{TE} = \theta_{TM} - 90^\circ = (322 \pm 1)^\circ$  la componente trasmessa si annullasse, allora  $\theta_{TE}$  corrisponde all'asse di trasmissione in direzione orizzontale.

Misurate le posizioni del polarizzatore corrispondenti alle due componenti di interesse, si è rimosso il beamsplitter dall'apparato e si è cominciato a prendere misure di intensità del raggio riflesso dal dielettrico al variare dell'angolo di incidenza. Nel fare questo si è tenuto conto che l'intensità del laser diminuisce all'aumentare della distanza dalla sorgente a causa di

fenomeni diffrattivi, quindi si è cercato di mantenere il rilevatore sempre alla stessa distanza dal dielettrico.

Inoltre bisogna tener conto del fatto che i raggi riflessi dal dielettrico sono due: quello riflesso dalla prima superficie e quello riflesso dalla seconda. Nel fare la misura bisogna considerare che il raggio di interesse è quello corrispondente alla riflessione sulla prima superficie, riconoscibile perché associato all'angolo di riflessione minore.

Per ogni angolo di incidenza, fissato il rilevatore in modo che il fotodiodo misurasse l'intensità maggiore, si è misurata l'intensità per entrambe le componenti, ruotando il polaroid e posizionandolo sugli angoli  $\theta_{TE}$  e  $\theta_{TM}$  misurati in precedenza.

### 2.1 Riflettanza

Gli andamenti previsti per le riflettanze, ovvero i rapporti tra l'intensità misurata e quella misurata in assenza di dielettrico, sono descritti dalle due curve

$$r_{TE} = r_s = \frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}, \quad (1)$$

$$r_{TE} = r_p = \frac{-n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}, \quad (2)$$

dove  $n$  è il rapporto tra l'indice di rifrazione del dielettrico e quello dell'aria. Il risultato della misura è riportato in Figura 1, dove ai dati sperimentali sono sovrapposte le curve teoriche corrispondenti a  $n_s = 1.49 \pm 0.01$  e  $n_p = 1.50 \pm 0.02$ , valori ottenuti fittando le curve sui dati sperimentali.

<sup>2</sup>Quale delle due componenti viene trasmessa e quale riflessa dipende da come è costruito e come è montato il beamsplitter.

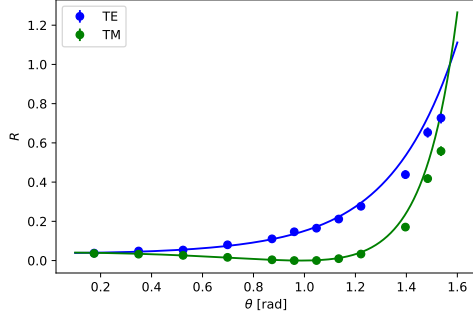


Figura 1: Riflettanza delle componenti TE e TM al variare dell'angolo di incidenza, si riportano le curve teoriche fittate.

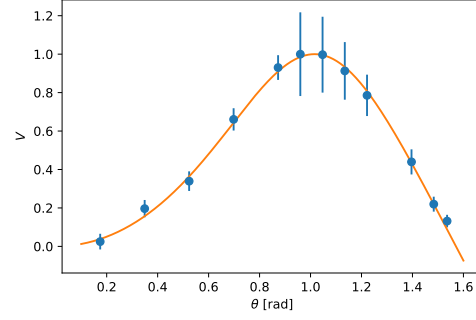


Figura 2: Visibilità del raggio riflesso, si riporta la curva teorica fittata.

## 2.2 Visibilità

Per stimare l'angolo di Brewster del dielettrico, ossia l'angolo per cui l'intensità della componente TM del fascio riflesso si annulla, si studia la visibilità del fascio definita come

$$V(\theta) = \frac{r_s(\theta) - r_p(\theta)}{r_s(\theta) + r_p(\theta)} \quad (3)$$

dalla cui definizione è evidente che

$$V(\theta)|_{\theta=\theta_{\text{Brewster}}} = 1. \quad (4)$$

In Figura 2 sono riportati i dati sperimentali insieme alla curva teorica corrispondente a  $n_V = 1.61 \pm 0.04$ , ottenuto fittando i dati.

Si nota che i diversi valori di  $n$  ottenuti in quest'ultima parte dell'esperienza sono incompatibili tra loro, ciò è sintomo di una sottostima delle incertezze sui valori di intensità. Per stimare l'angolo  $\theta_{\text{max}}$  corrispondente al massimo della visibilità, si fa una media tra i due angoli corrispondenti ai valori misurati della visibilità più alti, si ottiene

$$\theta_{\text{max}} = \theta_{\text{brewster}} = (57 \pm 2)^\circ \quad (5)$$

da cui, essendo

$$\theta_{\text{brewster}} = \arctan(n) \quad (6)$$

si trova

$$n = \tan(\theta_{\text{brewster}}) = 1.54 \pm 0.05, \quad (7)$$

compatibile con i valori ottenuti precedentemente.