

Bestimmung der Schwingungsebene eines polarisierten Laserstrahls - Gesetz nach Malus -



Ist ein Laser mit einem sog. Brewster Fenster ausgestattet, emittiert er linear polarisiertes Licht, dessen Schwingungsebene mit einem als Analysator verwendeten Polarisationsfilter bestimmt werden kann.

Physik

Licht & Optik

Welleneigenschaften des Lichts

Physik

Licht & Optik

Laseroptik



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

This content can also be found online at:

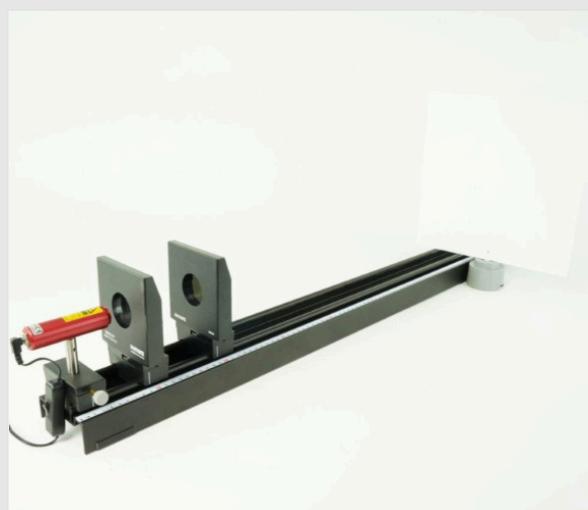


<http://localhost:1337/c/5f9426c54e78670003119dfc>

PHYWE

Allgemeine Informationen

Anwendung

PHYWE

Versuchsaufbau

Ist ein Laser mit einem sog. Brewster-Fenster ausgestattet, emittiert er linear polarisiertes Licht, dessen Schwingungsebene mit einem als Analysator verwendeten Polarisationsfilter bestimmt werden kann.

Polarisation findet unzählige Anwendungen in Natur und Technik. Da auch das Licht vom Himmel und reflektiertes Licht zum Beispiel von Wasseroberflächen polarisiert ist, kann man mit Polarisationsfiltern für Kameras tolle Bilder erzielen.

Es gibt auch viele Tiere, die die Polarisationsebene des Lichtes wahrnehmen können. Das hilft ihnen bei der Orientierung und bei der Jagt.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Es sollte bereits bekannt sein, dass Licht eine elektromagnetische Transversalwelle ist, also ein E-Feld und ein B-Feld besitzt, welche jeweils senkrecht zueinander und zur Ausbreitungsrichtung schwingen und eine Schwingungsebene aufspannen.

Prinzip



Normale Lichtquellen entsenden Lichtwellen, deren Schwingungsrichtung zufällig bestimmt ist.

Es gibt Materialien, die, wenn Licht auf sie fällt, nur Licht einer bestimmten Schwingungsrichtung durchlassen. So erhält man linear polarisiertes Licht.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Mit Polarisationsfiltern kann man Licht linear polarisieren. Fällt linear polarisiertes Licht auf einen als Akzeptor eingesetzten Polfilter, so verhält sich die Intensität des Lichts hinter dem Akzeptor nach dem Gesetz von Malus; sie nimmt proportional zum Cosinusquadrat des Winkels zwischen Schwingungsrichtung und Durchlassrichtung ab.

Aufgaben



- Bestimmen der Schwingungsebene eines polarisierten Laserstrahls
- Beantworten der Fragen im Protokoll

Sicherheitshinweise

PHYWE



Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nicht direkt in den Laserstrahl geblickt wird.

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie (1/2)

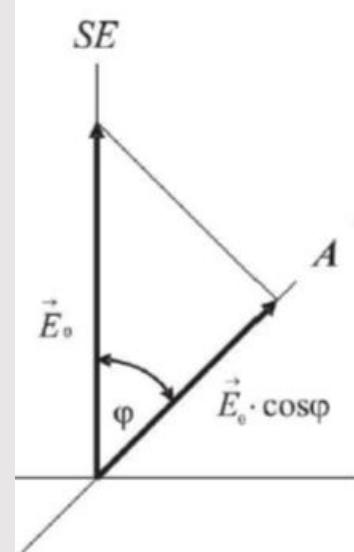
PHYWE

Durchläuft ein unpolarisierter Lichtstrahl einen Polarisationsfilter, so wird nur der Lichtanteil durchgelassen, dessen Schwingungsebene mit der Polarisationsrichtung des Filters übereinstimmt.

Lässt man linear polarisiertes Licht mit der Amplitude E_0 auf einen zweiten Filter (Analysator) fallen, dessen Schwingungsebene A gegen die Schwingungsebene SE des Lichtes um den Winkel φ gedreht ist, so wird nur der Anteil

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos \varphi \quad (1)$$

durchgelassen. Stehen A und SE senkrecht aufeinander, so ist der Analysator lichtundurchlässig.



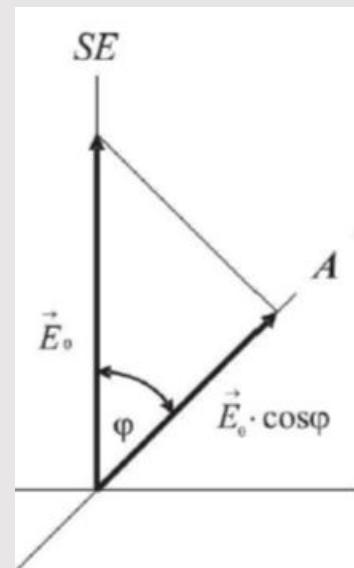
Theorie (2/2)

PHYWE

Da die Lichtintensität dem Quadrat der Feldstärkeamplitude des Lichtes proportional ist, gilt für die Intensität des Lichtes hinter dem Analysator:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{\vec{E}}{\vec{E}_0} = \cos^2 \varphi \quad (2)$$

Zur Bestimmung der Lichtintensität kann ein Fotoelement dienen, dessen Fotostrom der einfallenden Lichtintensität direkt proportional ist.



Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank, $l = 1000$ mm	08370-00	1
2	Diodenlaser 0,2 / 1,0 mW, 635 nm	08760-99	1
3	Halter für Diodenlaser	08384-00	1
4	PHYWE Demo-Multimeter ADM 3: Strom, Spannung, Widerstand, Temperatur	13840-00	1
5	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
6	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	2
7	Linse in Fassung, $f = +100$ mm	08021-01	1
8	Blendenhalter, aufsteckbar	11604-09	1
9	Polarisationsfilter, 50 mm x 50 mm	08613-00	1
10	Fotoelement	08734-00	1
11	Schirm, transparent, 250 mm x 250 mm	08064-00	1

PHYWE

Aufbau und Durchführung

Aufbau

PHYWE

Versuchsaufbau

Für den ersten Versuchsteil werden der Diodenlaser und der Transparentschirm in den Reitern für die Stativbank befestigt und jeweils an den Enden der optischen Bank aufgestellt.

Die in einer Fassung mit Skale montierte Sammellinse ($f = +10\text{cm}$) dient zur Aufweitung des Laserstrahls.

Auf die zweite Fassung mit Skale wird der Blendenhalter mit dem Polarisationsfilter montiert. Die Durchlassrichtung des Polarisationsfilters wird durch dessen Lochung angezeigt. Diese sollte sich oben befinden, wenn die Strichmarke des Blendenhalters über der -Position der Winkelskale liegt. Der Polarisationsfilter wird dicht hinter der Linse positioniert.

Durchführung (1/2)

PHYWE



Erster Versuchsteil

Bei abgedunkeltem Raum wird der Polarisationsfilter langsam gedreht und die resultierende Leuchtdichte auf dem Schirm beobachtet.

Die Filterstellungen für minimale Helligkeit sind zu ermitteln, da das Auge Helligkeitsunterschiede in diesem Fall besser erkennen kann. Der Laser wird im 1-mW-Modus betrieben.

Anschließend wird der Transparentschirm gegen die Silizium-Diode ausgetauscht, die mit dem Stromeingang des Demo-Multimeters verbunden wird.

Die Fassung mit Skale und Linse wird entfernt.

Durchführung (2/2)

PHYWE



Fotoelement

Der Abstand zwischen Fotoelement und Diodenlaser beträgt nun ca. 40cm. Beide sind so auszurichten, dass die aktive Fläche des Fotoelements voll ausgeleuchtet wird.

Zuerst ist der Dunkelstrom i_0 bei ausgeschaltetem Laser zu registrieren.

Anschließend wird der Polarisationsfilter in dem Winkelbereich von $\alpha \pm 100^\circ$ in 10° -Schritten verstellt. Der zugehörige Strom i der Silizium-Diode wird notiert.

Im Bereich des Intensitätsmaximums und -minimums ist die Winkeländerung in 5° -Schritten durchzuführen.



Auswertung

Auswertung (1/3)

Das im ersten Versuchsteil aufgefundene Intensitätsminimum des durchgelassenen, linear polarisierten Laserlichts liegt bei einer Analysatorstellung von $\alpha = -35^\circ$.

Dies bedeutet, dass die Schwingungsrichtung des Laserlichtes um 90° dazu gedreht ist.

Der Diodenlaser sendet somit linear polarisiertes Licht aus, dessen Schwingungsebene um 55° gegen die Senkrechte geneigt ist.

Was ist polarisiertes Licht?

Polarisiertes Licht ist nach der Schwingungsrichtung des elektrischen und magnetischen Feldes gefiltert, es ist also nur eine Schwingungsrichtung vorhanden.

Polarisiertes Licht bewegt sich zwischen zwei magnetischen Monopolen hin und her.

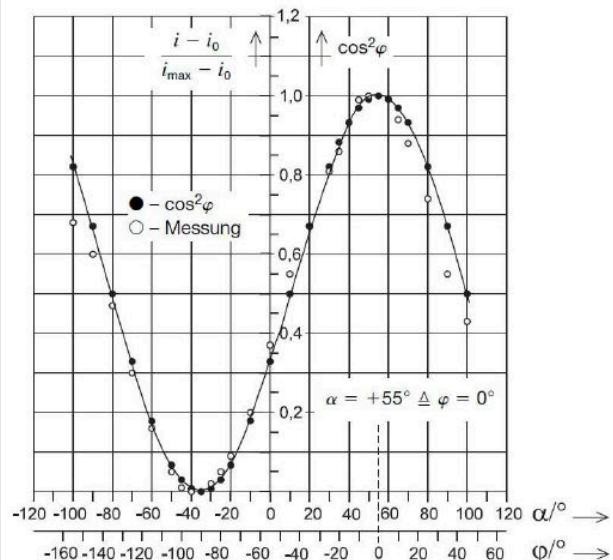
Auswertung (2/3)

PHYWE

Von den gemessenen Stromwerten des zweiten Versuchsteils ist der Dunkelstrom i_0 abzuziehen und das jeweilige Verhältnis $(i - i_0)/(i_{max} - i_0)$ in einem Diagramm gegen den Winkel aufzutragen. Der resultierende Graph entspricht der Kurve eines \cos^2 .

Dies bestätigt das Gesetz nach Malus:

Die Intensität eines linear polarisierten Lichtstrahls mit der Anfangsintensität I_0 beträgt nach Durchgang durch einen linearen Polarisator noch $I = I_0 \cos^2 \varphi$.



Auswertung (3/3)

PHYWE

Worauf kann das Gesetz von Malus angewendet werden?

- Alle Polarisationsfilter.
- Lineare Polarisationsfilter.
- Linear polarisiertes Licht.
- Zirkular polarisiertes Licht.

Überprüfen

Wofür werden Polarisationsfilter bei Kameras verwendet?

Um Spiegelungen von Wasseroberflächen herauszufiltern oder den Himmel dunkler erscheinen zu lassen. Beides ist polarisiertes Licht.

Um mit Hilfe von Laserimpulsen schnelleres Scharfstellen zu ermöglichen.

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 14: Polarisation	0/3
Folie 16: Mehrere Aufgaben	0/4

Gesamtpunktzahl

 0/7

Lösungen anzeigen



Wiederholen

11/11