

Gerätesatz „Wellenoptik mit dem Laser“ U17303

Bedienungsanleitung

10/08 Alf



1. Sicherheitshinweise

Der emittiert sichtbare Strahlung mit einer Wellenlänge von 635 nm bei einer max. Austrittsleistung unter 1 mW und entspricht somit den Bestimmungen zur Klasse 2 der DIN EN 60825-1 „Sicherheit von Lasereinrichtungen“. D.h. der Schutz des menschlichen Auges wird üblicherweise durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidchlussreflexes bewirkt.

- Nicht in den direkten oder reflektierten Laserstrahl blicken.
- Laser nur von befugten und unterwiesenen Personen betreiben lassen.
- Alle am Experiment beteiligten und beobachtenden Personen über die Gefahren der Laserstrahlung und die erforderlichen Schutzmaßnahmen unterrichten.
- Versuche nur mit der jeweils geringsten notwendigen Strahlungsleistung durchführen.
- Strahlengang so ausrichten, dass er nicht in Augenhöhe verläuft.

- Laserbereich durch Abschirmung auf das notwendige Maß begrenzen, unbeabsichtigte Reflexionen vermeiden.
- Räume, in denen mit Laserlicht experimentiert wird, durch Warnschilder kennzeichnen.
- In Deutschland Unfallverhütungsvorschriften BGV B2 „Laserstrahlung“ und ggf. Verordnungen der Kultusminister, in anderen Ländern jeweils gültige Vorschriften, beachten.

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ist der sichere Betrieb des Lasers gewährleistet. Die Sicherheit ist jedoch nicht garantiert, wenn der Laser unsachgemäß bedient oder unachtsam behandelt wird. Wenn anzunehmen ist, dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, Laser unverzüglich außer Betrieb setzen (z.B. bei sichtbaren Schäden).

- Vor Inbetriebnahme das Gehäuse auf Beschädigungen untersuchen. Bei Funktionsstörungen oder sichtbaren Schäden Laser außer Betrieb setzen und gegen unbeabsichtigten Betrieb sichern.
- Gehäuse unter keinen Umständen öffnen.

2. Beschreibung

Gerätesatz zur Darstellung grundlegender Phänomene der Wellenoptik im Praktikumsversuch.

Themen:

Beugung und Interferenz an einer Glasplatte, Lochblende, Quadratblende, Strichgitter, Kreuzgitter

Michelson-Interferometer

Rekonstruktion eines Hologramms

Untersuchung von linear polarisiertem Licht

Absorption von Licht

Als Lichtquelle dient ein teilweise polarisierter Diodenlaser mit justierbarem Halter. Die Stromversorgung erfolgt über ein Steckernetzgerät oder alternativ über Batterien. Die Komponenten sind magnethaftend und lassen sich auf der mitgelieferten Metalltafel in waagerechter oder senkrechter Aufstellung zu den verschiedenen Anordnungen zusammensetzen.

Alle Komponenten sind in einem Aufbewahrungskoffer mit gerätegeformter Schaumstoffeinlage untergebracht.

3. Lieferumfang

- 1 Diodenlaser mit justierbarem Halter
- 1 Steckernetzgerät
- 1 Batteriefach (ohne Batterien)
- 2 Spiegel mit justierbarem Halter
- 1 Halbdurchlässiger Spiegel
- 1 Schirm, weiß
- 1 Schirm, Mattglas
- 1 Konvexlinse
- 1 Polarisationsfilter
- 1 Halter für Linse und Filter
- 3 Farbfilter in Dia-Rahmen (rot, grün, blau)
- 2 Lochblenden in Dia-Rahmen
- 2 Quadratblenden in Dia-Rahmen
- 3 Strichgitter in Dia-Rahmen
- 1 Kreuzgitter in Dia-Rahmen
- 1 Glasplatte in Dia-Rahmen
- 1 Halter für Dia-Rahmen
- 1 Hologramm
- 1 Metalltafel mit abnehmbarer Stütze
- 4 Gummifüße für Metalltafel
- 1 Aufbewahrungskoffer
- 1 Anleitung.

4. Technische Daten

Diodenlaser:	Laserschutzklasse II max. 1 mW
Wellenlänge:	635 nm
Steckernetzgerät:	Primär 100 – 240 V AC, Sekundär 3 V DC, 300 mA
Batteriefach:	für 2 x 1,5 V AA-Batterien (Batterien nicht im Lieferumfang enthalten)
Metalltafel:	600 mm x 450 mm

5. Versuchsbeispiele

5.1 Interferenz

5.1.1 Interferenz an einer dünnen Glasplatte

- Laser ohne die Linse in einer Ecke der Metalltafel platzieren, so dass der Strahl parallel zur langen Seite der Tafel verläuft (siehe Fig. 1).
- Halter mit Glasplatte so in der anderen Ecke aufstellen, dass der Strahl darauf sichtbar ist. Gegebenenfalls Höhe mittels der Einstellschraube am Laserhalter einstellen.
- Mattglasschirm in der diagonal gegenüberliegenden Ecke platzieren.
- Glasplatte so weit drehen, bis der Strahl mittig auf den Schirm trifft.
- Linse direkt vor den Laser stellen, um den Strahl aufzuweiten.

Der Durchmesser des Strahls sollte nicht größer sein als die Glasplatte.

- Interferenzmuster auf dem Schirm beobachten. Gegebenenfalls seine Position variieren, bis ein optimales Ergebnis erreicht ist.

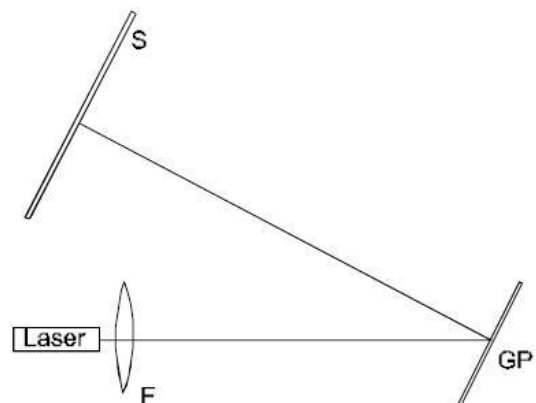


Fig.1 Experimenteller Aufbau (F = Linse, GP = Glasplatte, S = Mattglasschirm)

5.1.2 Michelson Interferometer

- Laser ungefähr in der Mitte an der Längsseite der Tafel platzieren (Fig. 2) und den Laserstrahl parallel zur Grundplatte ausrichten (siehe Bemerkungen).
- Spiegel M2 so auf der gegenüberliegenden Seite der Tafel positionieren, dass die Seite mit der Einstellschraube nicht zum Laser zeigt. Laserstrahl so mittels der Schrauben am Spiegelhalter und Laser einrichten, dass der Strahl zurück auf den Laser geht.
- Halbdurchlässigen Spiegel zwischen Laser und Spiegel M2 stellen (siehe Fig. 2). Der Winkel zwischen dem halbdurchlässigen Spiegel und der Achse des Laserstrahls sollte möglichst genau 45° betragen.
- Mattglasschirm gemäß Fig. 2 aufbauen. Der Laserstrahl sollte in der Mitte darauf treffen.
- Spiegel M1 gegenüber dem Mattglasschirm aufstellen.
- Laserstrahl auf dem Schirm durch Verschieben des Spiegels M1 und mittels der Einstellschraube am Spiegelhalter in Deckung und auf die gleiche Höhe wie die Laserquelle bringen (siehe Bemerkungen).
- Linse zwischen halbdurchlässigen Spiegel und Laser platzieren. Es entsteht ein typisches Interferenzmuster.

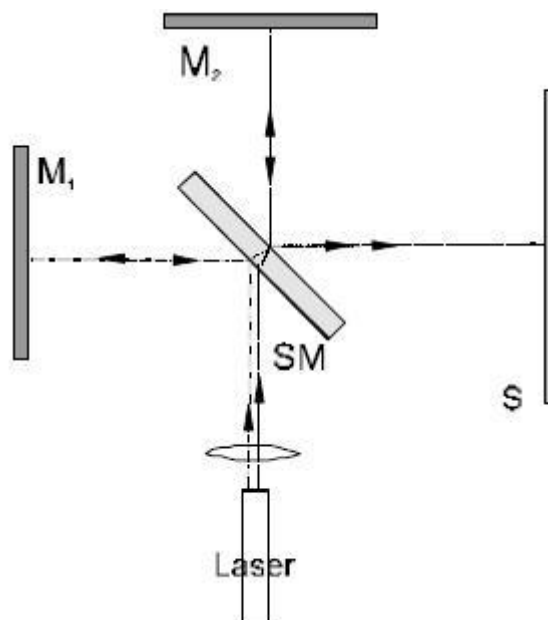


Fig. 2 Experimenteller Aufbau Michelson-Interferometer (M1, M2 = Spiegel, SM = halbdurchlässiger Spiegel, S = Mattglasschirm)

Bemerkungen:

Vor dem Experiment sollte die Linse sorgfältig gereinigt werden, um ungewollte Interferenzen Staubpartikel auf der Linse zu vermeiden. Diese Interferenzen sind als eine Anzahl konzentrischer Ringe sichtbar. Eine Interferenz von Strahlen, die nur von einem Spiegel M1 oder M2 kommen, ist möglich. Um diese Interferenzen zu erkennen, werden die Spiegel einfach nacheinander abgedeckt.

Beim Aufbau gemäß Fig. 2 ist es wichtig, dass die sich überlagernden Kreiswellen nur einen kleinen Winkel bilden. Dann ist das Interferenzmuster in der Fläche I sichtbar (siehe Fig. 3a). Ist der Winkel zu groß (Fig. 3b), kann die Interferenz nicht beobachtet werden. Deshalb ist es wichtig, dass der Laserstrahl so ausgerichtet ist, dass er parallel zur Grundplatte verläuft und nach der Reflexion an den Spiegeln M1 und M2 weiter parallel verläuft.

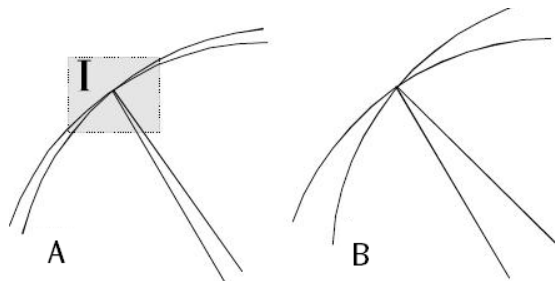


Fig. 3 Interferenz zweier Kreiswellen

Nachdem die Spiegel platziert und ausgerichtet wurden, sind zwei Projektionspunkte auf dem Schirm sichtbar. Diese Punkte sind durch Ausrichtung der Spiegel auf die gleiche Höhe wie die Laserquelle und zur Überlagerung auf dem Schirm zu bringen. Auf diese Weise wird sicher gestellt, dass die Strahlachsen parallel zur Grundfläche verlaufen und sich auf dem Schirm treffen. Diese Ausrichtung geschieht besser ohne die Linse.

Es ist empfehlenswert den Laser sehr nahe an den halbdurchlässigen Spiegel zu stellen, wenn die Spiegel ausgerichtet werden. Die Abbildungen auf den Spiegeln sollten die gleiche Größe und Position besitzen. Ist das Interferenzmuster auf dem Schirm sichtbar, kann der Laser frei verschoben werden ohne Einfluss auf die Interferenz.

Da der Michelson-Interferometer sehr empfindlich ist, muss die Metalltafel auf einer stabilen und schwingungsfreien Unterlage aufgestellt werden.

Falls kein Interferenzmuster auf dem Schirm sichtbar ist, sollte die Linse entfernt und sicher gestellt werden, dass die Laserstrahlen parallel zur Grundplatte verlaufen und sich im gleichen Punkt auf dem Schirm treffen. Wenn dies richtig ist und immer noch kein Interferenzmuster zu sehen ist, ist es empfehlenswert einen der Spiegel auf der optischen Achse um ca. 1 mm nach vorne oder hinten zu verschieben.

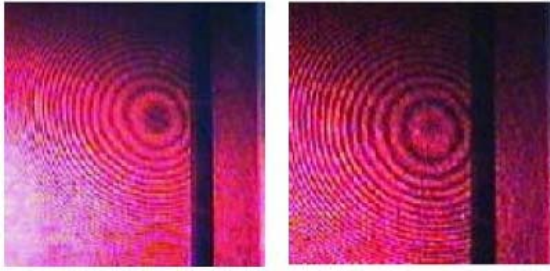


Fig. 4 Interferenzmuster von zwei Kreiswellen, wenn die Achsen der Strahlen übereinander liegen oder einen kleinen Winkel bilden

5.2 Beugung

5.2.1 Beugung an einer runden und einer quadratischen Lochblende

- Quadratische oder runde Lochblende am Halter befestigen und zwischen Laser und Schirm platzieren. Der Abstand zwischen Lochblende und Schirm sollte mindestens 50 cm betragen.
- Beugungsmuster verschiedener Lochblenden betrachten.

Die Gleichung für Beugungsmaxima für runde Lochblenden ist

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

mit φ = Beugungswinkel, k = Beugungsordnung (0, 1, 2, ...), λ = Wellenlänge des Lichts, D = Durchmesser der Öffnung

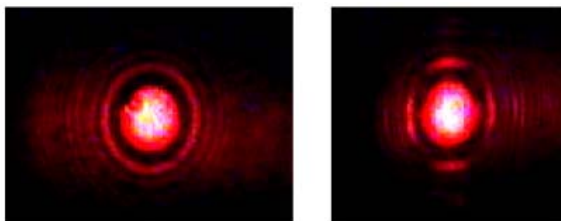


Fig. 5 Beugungsmuster einer runden und einer quadratischen Lochblende

5.2.2 Beugung an einem Gitter

- Laser und Mattglasschirm einander gegenüberstehend mit möglichst großem Abstand auf der Metalltafel positionieren (siehe Fig. 6).
- Gitter dazwischen stellen. Der Abstand zum Schirm sollte mindestens 50 cm betragen.
- Beugungsmuster betrachten (siehe Fig. 7).

Die Gleichung für Beugungsmaxima lautet

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

mit φ = Beugungswinkel, m = Beugungsordnung (0, 1, 2, ...), λ = Wellenlänge des Lichts, d = Gitterkonstante

- Beugungsmuster der verschiedenen Gitter (G1, G2, G3, G4) betrachten.

- Zwei verschiedene Gitter hintereinander aufstellen.
- Beugungsmuster betrachten.

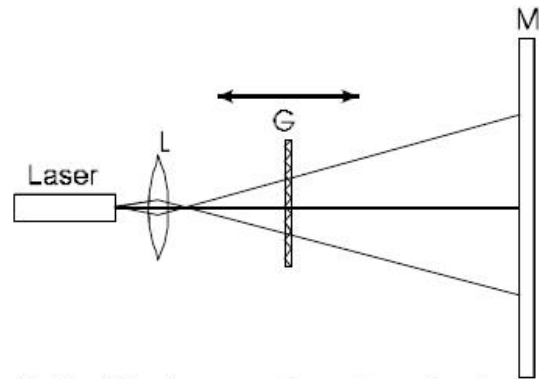


Fig. 6 Aufbau zur Beugung [G = Beugungsobjekt (Lochblende, Gitter), M = Mattglasschirm, L = Linse]



Fig. 7 Beugungsmuster eines Gitters

5.3 Rekonstruktion eines Hologramms

- Experimentellen Aufbau auf der Metalltafel gemäß Fig. 8 durchführen. Dabei das Hologramm möglichst weit vom Laser mit der roten Markierung zum Laser weisend aufstellen.

Je größer die beleuchtete Fläche des Hologramms ist, desto besser ist das rekonstruierte Bild zu sehen.

- Hologramm aus einem Winkel von ca. 30° betrachten. Gegebenenfalls Hologramm langsam hin und her drehen bis das Bild zu sehen ist.
- Wird das Bild nicht gefunden, Hologramm um 180° drehen oder Kopf drehen (Betrachtung im Winkel von 30° ist aus zwei verschiedenen Positionen möglich).

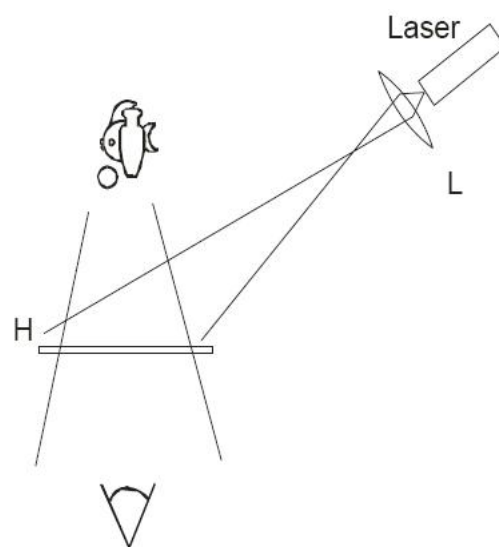


Fig. 8 Experimenteller Aufbau zur Rekonstruktion eines Hologramms (L = Linse, H = Hologramm)

5.4 Untersuchung von linear polarisiertem Licht

- Experimentellen Aufbau gemäß Fig. 9 durchführen.
- Polarisationsfilter um die optische Achse drehen.
- Veränderung der Intensität des Projektionspunktes auf dem Schirm betrachten.

Achtung

Bei Auslöschung durch den Polarisationsfilter ist kein Licht auf dem Schirm zu sehen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Augen vor dem Laserstrahl geschützt sind. Direkter Blickkontakt mit dem Laserstrahl kann zu permanenten Schäden am Auge führen.

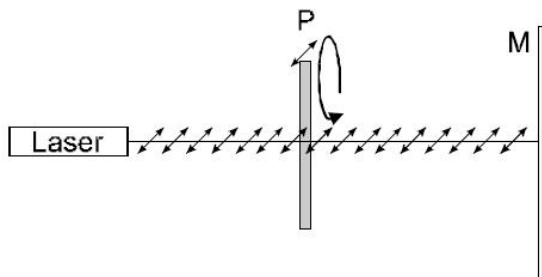


Fig. 9 Untersuchung von linear polarisiertem Licht (P = Polarisationsfilter, M = Mattglasschirm)

5.5 Absorption von Licht

- Experimentellen Aufbau gemäß Fig. 10 durchführen.
- Veränderung der Intensität des Projektionspunktes bei Verwendung verschiedener Farbfilter betrachten.

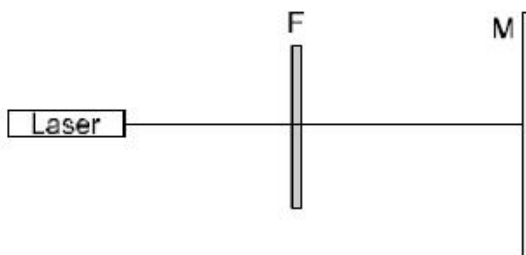


Fig. 10 Demonstration der Absorption von Licht mittels Farbfiltern (F = Farbfilter, M = Mattglasschirm)

Equipment Set for Wave Optics with Laser U17303

Instruction sheet

10/08 Alf



1. Safety instructions

The laser emits visible radiation at a wavelength of 635 nm with a maximum power of less than 1 mW, thus conforming to class 2 regulations as specified in DIN EN 60825-1 "Safety of lasers", i.e. the human eye can be protected by the instinctive reaction to turn away and blink.

- Do not look straight into the laser beam or any reflected beam.
- Lasers should only be operated by trained and authorised personnel.
- All those people participating in or observing an experiment must have been informed of the dangers inherent in laser radiation and educated regarding protective measures.
- Experiments may only be performed using the minimum power output required in each specific instance.
- Ensure that the beam is not directed at eye level.
- Use suitable screening to isolate the area around the laser and avoid unwanted reflections.

- Any rooms in which laser experiments take place should be labelled with warning signs.
- Observe the regulations valid in the respective country where the experiment is being performed, e.g. Germany's health and safety regulations BGV B2 "Laser radiation", and any stipulations set by the relevant ministry.

Safe operation of the laser is guaranteed, provided it is used correctly. However, there is no guarantee of safety if the equipment is used in an inappropriate or careless manner. If it is deemed that the equipment can no longer be operated without risk (e.g. visible damage has occurred), the laser should be switched off immediately and secured against any unintended use.

- Before putting the equipment into operation, check for any signs of damage. In the event of any malfunction or visible damage, turn off the laser and put it away so that it cannot be used unintentionally.
- Never open the housing.

2. Description

Equipment set for demonstrating fundamental phenomena in wave optics by means of practical experiments.

Experiment topics:

Refraction and interference at the surfaces of a glass block, apertured diaphragm, square diaphragm, grating with slits, cross grating.

Michelson interferometer

Reconstruction of a hologram

Investigation of linearly polarized light

Absorption of light

The light source is provided by a partially polarized diode laser with adjustable mount. Power is supplied from a plug-in power supply (included) or from batteries. The components are magnetic and can be placed horizontally or vertically on the included metal board, according to the set-up required for the various experiments.

All components are stored in a case with shaped foam inlay.

3. Contents

- 1 Diode laser with adjustable mounting
- 1 Plug-in power supply
- 1 Battery holder (without batteries)
- 2 Mirrors with adjustable mounting
- 1 Half-silvered mirror
- 1 Screen, white
- 1 Screen, frosted glass
- 1 Convex lens
- 1 Polarization filter
- 1 Holder for lens and filter
- 3 Colour filters in slide frames (red, green, blue)
- 2 Apertured diaphragms in slide frames
- 2 Square diaphragms in slide frames
- 3 Gratings with slits in slide frames
- 1 Cross grating in slide frame
- 1 Glass plate in slide frame
- 1 Holder for slide frames
- 1 Hologram
- 1 Metal board with removable strut
- 4 Rubber feet for metal board
- 1 Storage case
- 1 Experiment guide

4. Technical data

Diode laser:	laser safety class II, max. 1 mW
Wavelength:	635 nm
Plug-in power supply:	primary 100 V AC – 240 V AC secondary 3 V DC, 300 mA
Battery holder:	for 2 x 1.5 V AA batteries (batteries not included)
Metal board:	600 mm x 450 mm

5. Sample experiments

5.1 Light interference

5.1.1 Light interference on a thin glass plate

- Place the laser without the lens in the corner of metal board, the laser beam should be parallel to the longer side of the board (see Fig. 1).
- Place the holder with the glass plate in the other corner of the board. The laser beam spot should be visible on the plate. The vertical position of the beam spot can be adjusted by turning the nut in the laser holder.
- Position the ground screen in the corner diagonal to the glass plate.
- Rotate the glass plate holder until the beam spot is in the centre of the ground screen.
- Place the lens holder with lens directly in front of the laser or place the lens without holder in contact with the laser to produce a diverging beam.

The diameter of the beam should not be greater than the diameter of the glass plate, to maximise light utilisation.

- Observe the interference pattern on the ground screen. Adjust its position to see the best interference pattern.

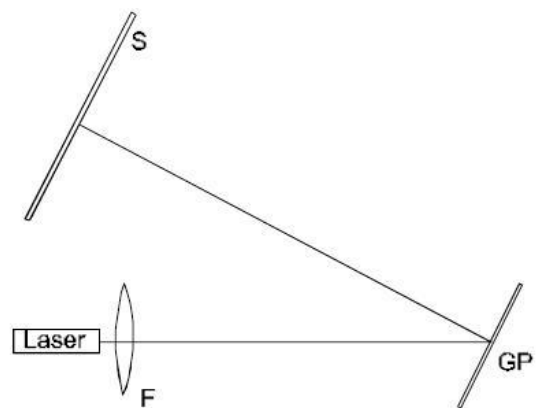


Fig.1 Experimental set-up (F = lens, GP = glass plate, S = ground screen)

5.1.2 Michelson interferometer

- Position the laser half way along the longer side of the metal board (Fig. 2) and adjust the laser beam parallel to the ground plate (see Notes).
- Position mirror M2 on the opposite side of the board, ensuring that the side without the screw is facing the laser. Direct the beam back to the laser by adjusting the screws on the laser holder and the mirror holder.
- Position the semi-transparent mirror between the laser and mirror M2 as shown in Figure 2. The angle between the semi-transparent mirror plane and the axis of the laser beam should be 45° . Correct positioning is vital.
- Position the ground screen as shown in Figure 2, on the shorter side of the board. The beam spot should appear in the centre of the screen.
- Place mirror M1 opposite the ground screen on the other side of the board.
- Merge the spots on the screen by moving mirror M1 slightly and adjusting the screw on the mirror holder and place the spots on the same height as the laser source (see Notes).
- Position the lens between the semi-transparent mirror and the laser. This causes a typical interference pattern to appear.

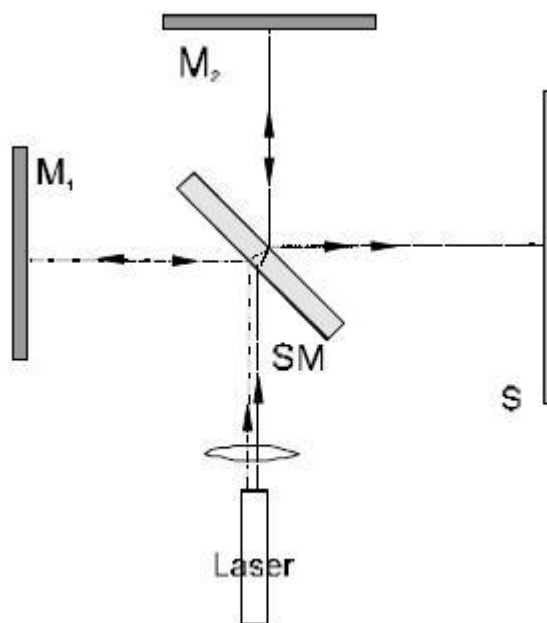


Fig. 2 Experimental set-up Michelson's interferometer. (M1, M2 = mirrors, SM = semitransparent mirror, S = ground screen)

Notes:

Before the beginning of the experiment clean the lens, so that no parasite interference on dust particles attached to lens surface occur. You can easily identify such parasite interference as a number of concentric circles. An interference of beams coming from only one of the mirrors M1 or M2 can occur. This interference is easy to identify as occurring even by covering of one the mirrors M1 or M2.

By adjusting the set up according to Figure 2 it is very important that the interfering spherical waves are containing only a small angle (see Figure 3a), than we can observe the interference in the area I. If the spherical waves contain too big an angle (Figure 3b) the interference can not be observed. Therefore it is important to adjust the laser beam parallel to the ground plate and try to keep it parallel after reflection from mirrors M1 and M2.

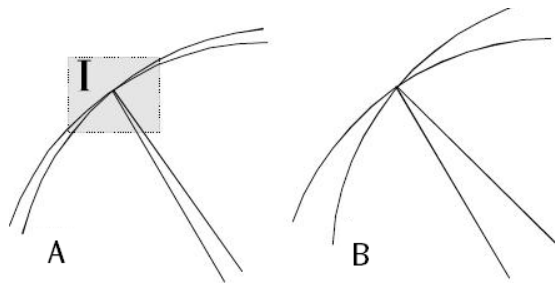


Fig. 3 Interference of two spherical waves

After placing and adjusting the mirrors observe two images of laser beams on the screen. By adjusting the mirrors and the laser place these two images in the same height as the laser source and on the same place on the screen. This way it is secured that the beam axis will be parallel to the ground plate and will intersect the image screen. It is better to carry out this adjustment without the lens placed.

It is very helpful to adjust the mirrors by positioning the laser very close to the semitransparent mirror. The mirror images should be nearly of the same shape and position. After finding the interference image we can move the laser source freely, without affecting the success of the interference.

In accordance to the high sensibility of the Michelson interferometer is it very important to place the base plate very stable and resistant to shake disruption. Touch the whole set up very carefully during adjustments.

If there is no interference image on the screen, remove the lens and ensure that the interfering beams are parallel to the ground plate and are hitting the screen at the same place. If that's correct and there is still no interference image, move one of the mirrors on the optical axis back or forward about 1 mm.

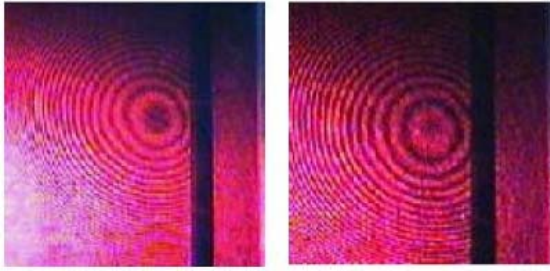


Fig. 4 The interference pattern of two spherical waves when the axes of the beams are overlaid or form a small angle

Light diffraction

5.2.1 Light diffraction on a square and a circle aperture

- Attach the square or circular aperture slide to the magnetic stand.
- Position the stand between the laser and the screen. The distance between the aperture and the screen should be at least 50 cm.
- Observe the diffraction patterns by using different apertures.

The equation for diffraction through a circular aperture

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

where φ = diffraction angle, k = diffraction order (0, 1, 2, ...), λ = wavelength of light, D = diameter of aperture.

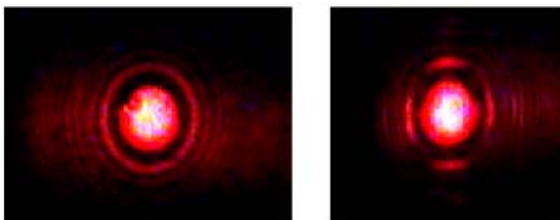


Fig. 5 Patterns produced when light is diffracted through circular and square apertures

5.2.2 Light diffraction on a grating

- Position the laser and the ground screen opposite and as far as possible from each other on the metal board (see Fig. 6).
- Position the grating between the laser and the screen. The distance between grating and the screen should be at least 50 cm.
- Observe the diffraction pattern (see Fig. 7).

The equation for diffraction maxima can be written as

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

where φ = diffraction angle, m = diffraction order (0, 1, 2, ...), λ = wavelength of light, d = grating constant

- Observe the diffraction on gratings of different types (G1, G2, G3, G4).

- Try to insert two gratings into the set-up at once, one behind the other.
- Observe the diffraction pattern.

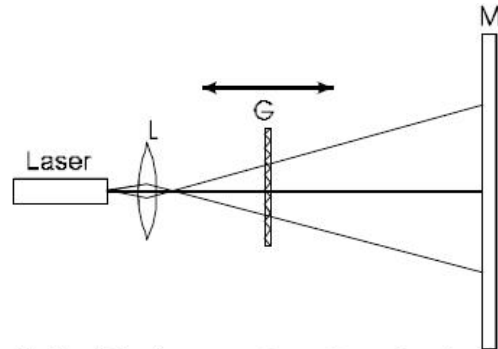


Fig. 6 Diffraction set-up [G = diffraction medium (square aperture, circle aperture, grating,), M = ground screen, L = lens]



Fig. 7 The diffraction pattern of a linear grating

Hologram reconstruction

- Arrange the components on the metal board as shown in Figure 8. The lens should be in direct contact with the laser and the hologram should be positioned as far as possible from the laser and turned with the red spot to the laser.

The larger the area of the illuminated hologram, the more visible is the reconstructed image.

- Observe the hologram at an angle of approximately 30° . Rotate the hologram plate slowly until a holographic image appears.
- If you cannot locate the image, try turning the hologram 180° , or move your head slightly (observation at 30° can be achieved from two different positions).

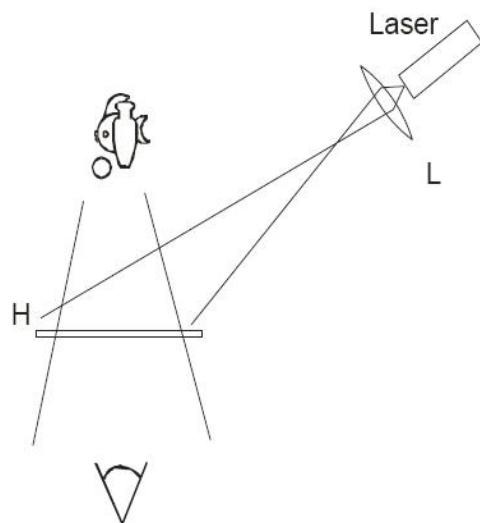


Fig. 8 Set-up for hologram reconstruction (L = lens, H = hologram)

Polarisation of light

- Set up the experiment as shown in Figure 9.
- Rotate the polarization filter around the optical axis.
- Observe the changes of intensity of the laser beam spot on the screen.

Caution

No light is visible on the screen due to the perpendicular direction of the polarizer axis and the E vector of laser light. However this does not mean that your eyes are protected from the laser beam. Direct eye contact with the laser beam can permanently damage your sight.

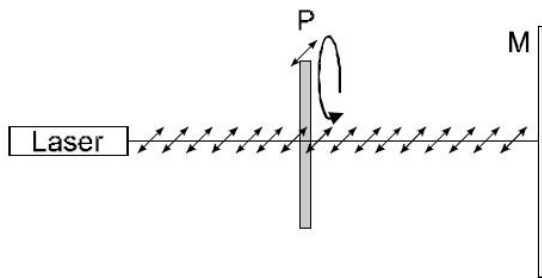


Fig. 9 Demonstration of the polarizing properties of light (P = polarization filter, M = ground screen)

Absorption of light

- Set up the experiment as shown in Figure 10.
- By using different colour filters observe the changes in beam spot intensity.

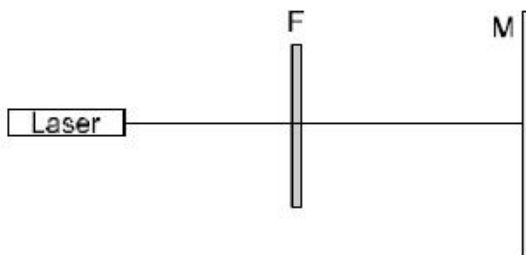


Fig. 10 Demonstration of light absorption with colour filters (F = colour filter, M = ground screen)

Kit d'optique ondulatoire avec laser U17303

Instructions d'utilisation

10/08 Alf



1. Consignes de sécurité

Le laser émet un rayon visible d'une longueur d'onde de 635 nm avec une puissance de sortie max. inférieure à 1 mW et correspond ainsi aux dispositions sur la classe 2 de la norme DIN EN 60825-1 « Sécurité des appareils à laser ». En d'autres termes, l'œil humain est protégé normalement par des réactions de détournement, y compris par le réflexe de fermeture des paupières.

- Ne regardez pas dans le rayon laser direct ou réfléchi.
- Seules des personnes autorisées et instruites ont le droit de manipuler le laser.
- Toutes les personnes observant et participant à l'expérience doivent être informées sur les risques émanant du rayon laser et sur les mesures de protection nécessaires.
- N'effectuez les expériences qu'avec la plus petite puissance de rayonnement requise.
- Ajustez le rayon de manière à ce qu'il ne passe pas à hauteur des yeux.
- Limitez la zone du laser en la blindant autant que

nécessaire, évitez des réflexions involontaires.

- Les salles où sont réalisées des expériences avec le laser doivent être identifiées à l'aide de pancartes adéquates.
- En Allemagne, observez les prescriptions de prévention des accidents BGV B2 « Rayonnement laser » et, le cas échéant, les ordonnances des Ministres de la Culture ; dans les autres pays, respectez les prescriptions en vigueur.

En cas d'utilisation conforme, l'exploitation sûre du laser est garantie. En revanche, la sécurité n'est pas garantie si le laser n'est pas manié dans les règles ou avec inattention. S'il s'avère qu'une exploitation peu sûre n'est plus possible (par ex. en présence de dommages apparents), mettez le laser immédiatement hors service.

- Avant sa mise en service, vérifiez si le boîtier présente quelque endommagement. En cas de dysfonctionnements ou de vices apparents, mettez immédiatement le laser hors service et protégez-le contre tout service involontaire.
- N'ouvrez en aucun cas le boîtier.

2. Description

Ce kit permet de mettre en évidence des phénomènes fondamentaux d'optique ondulatoire au cours travaux pratiques.

Thèmes des expériences :

Diffraction et interférence sur une plaque en verre, sténopé, diaphragme carré, réseau de diffraction à traits, réseau de diffraction à croix

Interféromètre de Michelson

Reconstitution d'un hologramme

Etude de lumière à polarisation linéaire

Absorption de lumière

Un laser à diode en partie polarisé, avec support réglable, sert de source lumineuse. L'alimentation électrique est assurée par un bloc secteur (fourni) ou par des piles. Les composants sont aimantés et peuvent être assemblés sur le tableau métallique (article fourni) dans le sens vertical ou horizontal pour réaliser différentes configurations. Toutes les pièces sont rangées dans un coffret revêtu de mousse épousant la forme des composants.

3. Matériel fourni

- 1 laser à diode avec support réglable
- 1 alimentation enfichable
- 1 compartiment à pile (sans pile)
- 2 miroirs avec support réglable
- 1 miroir semi-transparent
- 1 écran blanc
- 1 écran en verre mat
- 1 lentille convexe
- 1 filtre de polarisation
- 1 support pour lentille et filtre
- 3 écrans colorés dans un cadre de diapositive (rouge, vert, bleu)
- 2 sténopés dans un cadre de diapositive
- 2 diaphragmes carrés dans un cadre de diapositive
- 3 réseaux de diffraction à traits dans un cadre de diapositive
- 1 réseau de diffraction à croix dans un cadre de diapositive
- 1 plaque en verre dans un cadre de diapositive
- 1 support dans un cadre de diapositive
- 1 hologramme
- 1 tableau métallique à support amovible
- 4 pieds en caoutchouc pour le tableau métallique
- 1 coffret de rangement
- 1 mode d'emploi

4. Caractéristiques techniques

Laser à diode :	classe de protection de laser II, max. 1 mW
Longueur d'onde :	635 nm
Alimentation enfichable :	primaire 100 V - 240 V CA secondaire 3 V CC, 300 mA
Compartiment à piles :	pour 2 piles AA 1,5 V (piles non fournies)
Tableau métallique :	600 mm x 450 mm

5. Exemples d'expériences

5.1 Interférence

5.1.1 Interférence sur une plaque mince en verre

- Placez le laser (sans lentille) dans l'autre angle du tableau métallique afin que le rayon chemine parallèlement au côté long de ce tableau (voir Fig. 1).
- Placez le support avec la plaque en verre dans l'autre angle afin que le rayon y soit visible. Ajustez éventuellement la hauteur au moyen de la vis de réglage du support laser.
- Placez l'écran en verre mat dans l'angle diagonalement opposé.
- Tournez la plaque en verre jusqu'à ce que le rayon tombe au milieu de l'écran.
- Placez la lentille directement devant le laser afin d'élargir le rayon.

Le diamètre du rayon ne devrait pas dépasser celui de la plaque en verre.

- Observez les structures d'interférence à l'écran. Variez éventuellement la position du rayon jusqu'à l'obtention d'un résultat optimal.

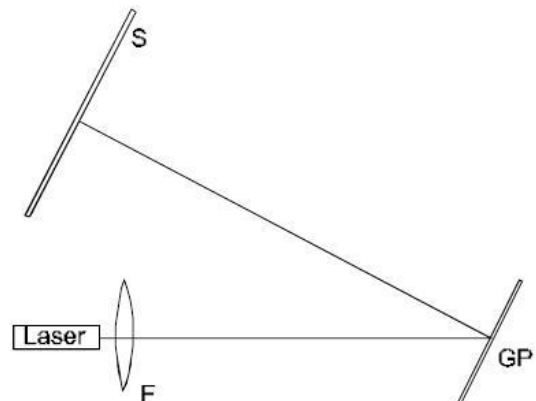


Fig.1 Appareillage expérimental (F = lentille, GP = plaque en verre, S = écran en verre mat)

5.1.2 Interféromètre de Michelson

- Placez le laser approximativement au milieu du côté longitudinal du tableau (Fig. 2), puis alignez le rayon laser parallèlement à la plaque de montage (voir remarques).
- Positionnez le miroir M2 sur la face opposée du tableau afin que le côté présentant la vis de réglage ne s'oriente pas vers le laser. En utilisant les vis du support miroir et du laser, réglez le rayon laser afin que ce dernier revienne au laser.
- Placez le miroir semi-transparent entre le laser et le miroir M2 (voir Fig. 2). L'angle compris entre le miroir semi-transparent et l'axe du rayon laser devrait se rapprocher aussi exactement que possible d'une valeur de 45 degrés.
- Montez l'écran en verre mat, conformément à la Fig. 2. Veillez à ce que le rayon laser tombe au milieu de cet écran.
- Montez le miroir M1 en face de l'écran en verre mat.
- En déplaçant le miroir M1 et en utilisant la vis de réglage située sur le support du miroir, faites coïncider le rayon laser à l'écran et à la même hauteur que la source laser (voir remarques).
- Placez la lentille entre le miroir semi-transparent et le laser. Des structures d'interférence typiques se forment alors.

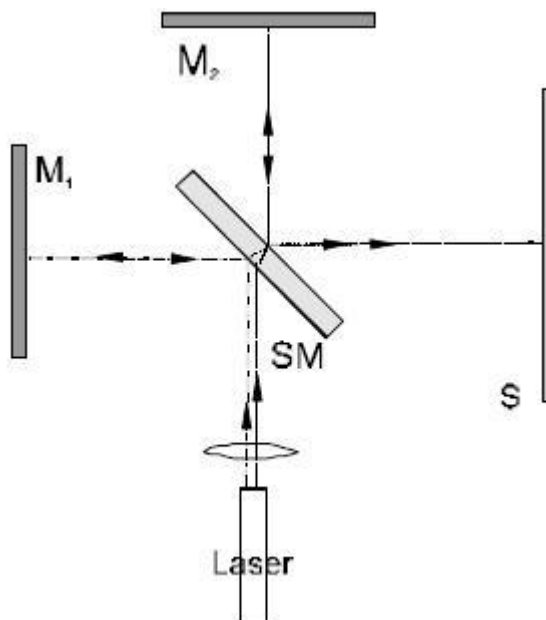


Fig. 2 Appareillage expérimental : interféromètre de Michelson (M1, M2 = miroir, SM = miroir semi-transparent, S = écran en verre mat)

Remarques :

Avant l'essai expérimental, veillez à nettoyer soigneusement la lentille afin d'éviter toute formation d'interférences intempestives venant de particules de poussière présentes sur la lentille. Ces interférences sont visibles sous forme de nombreux anneaux concentriques. Il est possible d'avoir des interférences de rayons provenant des miroirs M1 ou M2. Les miroirs seront simplement masqués l'un après l'autre afin de pouvoir reconnaître ces interférences.

Lors d'un montage conforme à la Fig. 2, il est important que les ondes sphériques se superposant ne forment qu'un petit angle. Les structures d'interférence sont alors visibles sur la surface I (voir Fig. 3a). Si cet angle est trop grand (Fig. 3b), il n'est pas possible d'observer les interférences. C'est pourquoi il est important d'aligner le rayon laser afin qu'il chemine parallèlement à la plaque de montage et qu'il continue à cheminer parallèlement après sa réflexion sur les miroirs M1 et M2.

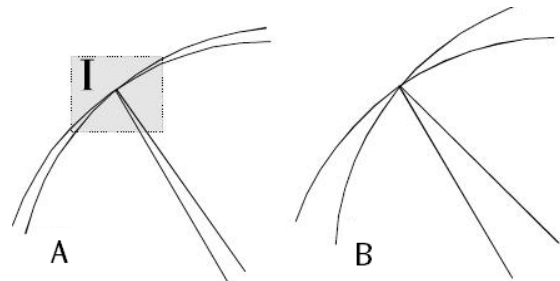


Fig. 3 Interférences de deux ondes sphériques

Après avoir placé et aligné les miroirs, deux points de projection sont visibles à l'écran. En alignant les miroirs, vous devrez faire coïncider ces points à la même hauteur que la source laser et les amener en superposition à l'écran. Ce qui garantira que les axes du rayon cheminent parallèlement à la surface de base et se rencontrent à l'écran. Il est préférable de procéder à cet alignement sans lentille.

Nous vous recommandons de placer le laser tout près du miroir semi-transparent lorsque vous alignez les miroirs. Les images sur les miroirs devraient avoir la même taille et la même position. Une fois que les structures d'interférence sont visibles à l'écran, le laser peut être librement déplacé sans que cela n'influence d'aucune manière les interférences.

L'interféromètre de Michelson étant particulièrement sensible, il est important d'installer le tableau métallique sur un support stable et exempt de vibrations.

Au cas où aucune structure d'interférence n'est visible à l'écran, il faudra retirer la lentille et vérifier si les rayons laser cheminent parallèlement à la surface de base et se rencontrent au même point de l'écran. Si c'est le cas et qu'aucune structure d'interférence ne soit encore visible, nous vous recommandons de déplacer l'un des miroirs de l'axe optique d'environ 1 mm vers l'avant ou vers l'arrière.

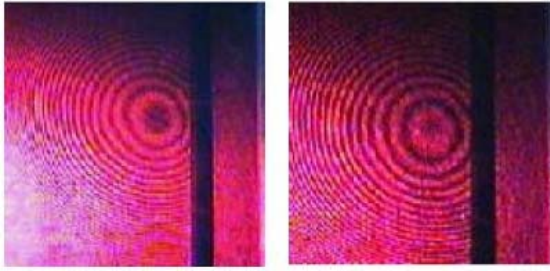


Fig. 4 Structures d'interférence de deux ondes sphériques lorsque les axes des rayons se superposent ou forment un petit angle

5.2 Diffraction

5.2.1 Diffraction sur un diaphragme rond et sur un diaphragme carré

- Fixez le diaphragme carré ou le diaphragme rond sur son support et placez-le entre le laser et l'écran. La distance entre le diaphragme et l'écran devrait être au moins égale à 50 cm.
- Observation des structures de diffraction de différents diaphragmes.

Pour les diaphragmes ronds, l'équation des valeurs maximales de diffraction est égale à :

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

avec les valeurs suivantes : φ = angle de diffraction, k = ordre de diffraction (0, 1, 2, ...), λ = longueur d'onde de la lumière, D = diamètre de l'ouverture

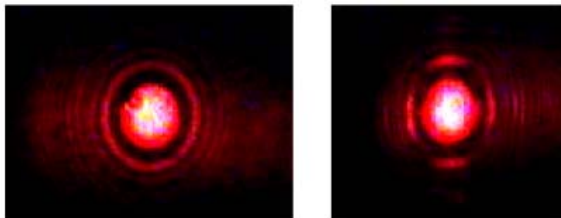


Fig. 5 Structures de diffraction d'un diaphragme rond et d'un diaphragme carré

5.2.2 Diffraction sur un réseau de diffraction

- Positionnez le laser et l'écran en verre mat l'un en face de l'autre à la plus grande distance possible du tableau métallique (voir Fig. 6).
- Interposez-y le réseau de diffraction. La distance à l'écran devrait être au moins égale à 50 cm.
- Observation des structures de diffraction (voir Fig. 7).

L'équation s'appliquant aux valeurs maximales de diffraction est :

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

avec les valeurs suivantes : φ = angle de diffraction, m = ordre de diffraction (0, 1, 2, ...), λ = longueur d'onde de la lumière, d = constante réticulaire

- Observation des structures de diffraction de différents réseaux de diffraction (G1, G2, G3, G4).

- Placez deux différents réseaux de diffraction l'un après l'autre.
- Observation des structures de diffraction.

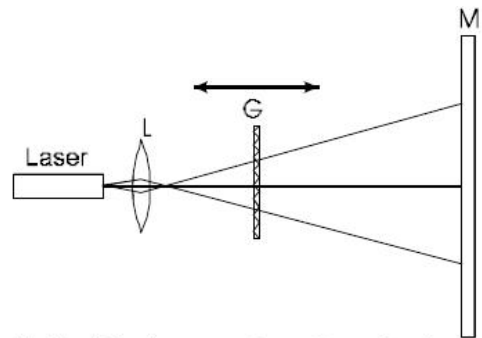


Fig. 6 Appareillage expérimental permettant de déterminer la diffraction [G = objet de diffraction (diaphragme, réseau de diffraction), M = écran en verre mat, L = lentille]



Fig. 7 Structures de diffraction d'un réseau de diffraction

5.3 Reconstruction d'un hologramme

- Montez l'appareillage expérimental sur le tableau métallique, conformément à la Fig. 8. L'hologramme devra être placé aussi loin que possible du laser avec le repère rouge et s'orienter du côté du laser.

Plus la surface éclairée de l'hologramme est grande, plus l'image reconstruite est distincte.

- Examinez l'hologramme sous un angle d'environ 30 degrés. Le cas échéant, tournez et retournez lentement l'hologramme jusqu'à ce que l'image soit visible.
- Si l'image n'est pas trouvée, tournez l'hologramme de 180 degrés ou tournez la tête (une observation sous un angle de 30 degrés peut se faire à partir de deux positions différentes)

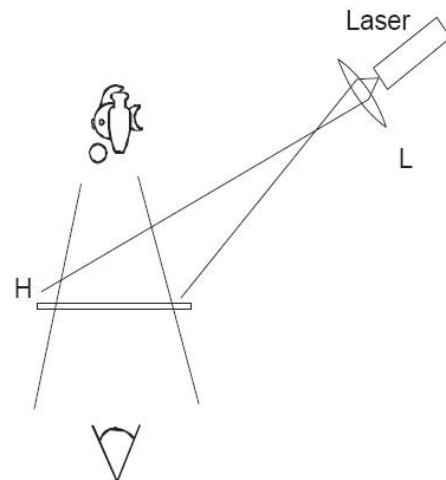


Fig. 8 Appareillage expérimental permettant la reconstruction d'un hologramme (L = lentille, H = hologramme)

5.4 Examen de lumière à polarisation linéaire

- Montez l'appareillage expérimental, conformément à la Fig. 9.
- Tournez le filtre de polarisation autour de l'axe optique.
- Observez la modification de l'intensité du point de projection à l'écran.

Attention

En raison de l'effacement par le filtre de polarisation, aucune lumière n'est visible à l'écran. Ce qui ne signifie toutefois pas que les yeux soient protégés du rayon laser. Un contact direct avec le rayon laser peut entraîner des dommages oculaires permanents.

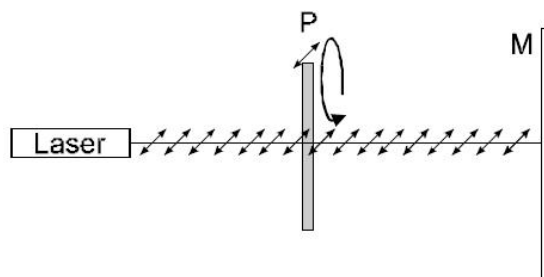


Fig. 9 Examen de la lumière à polarisation linéaire (P = filtre de polarisation, M = écran en verre mat)

5.5 Absorption de la lumière

- Montez l'appareillage expérimental, conformément à la Fig. 10.
- Observez la modification de l'intensité du point de projection à l'écran, obtenue par le placement de différents écrans colorés.

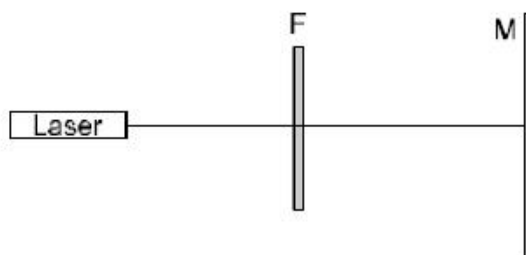


Fig. 10 Démonstration de l'absorption de la lumière au moyen d'écrans colorés (F = écran coloré, M = écran en verre mat)

Kit “Ottica ondulatoria con laser” U17303

Istruzioni per l'uso

10/08 Alf



1. Norme di sicurezza

Il laser emette radiazioni visibili con una lunghezza d'onda di 635 nm ad una potenza di uscita max. inferiore a 1 mW ed è conforme quindi alle disposizioni relative alla classe 2 della norma DIN EN 60825-1 "Sicurezza degli apparecchi laser". Ovvero la protezione dell'occhio umano è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa, compreso il riflesso palpebrale.

- Non guardare il raggio laser direttamente o riflesso.
- Fare azionare il laser solo a persone autorizzate e addestrate.
- Interrogare tutte le persone che partecipano e osservano l'esperimento riguardo ai pericoli delle radiazioni laser e alle misure di sicurezza necessarie.
- Eseguire gli esperimenti utilizzando solo la potenza di radiazione minima necessaria.
- Orientare il percorso dei raggi in modo che non passi all'altezza degli occhi.
- Limitare al minimo necessario l'area di impiego del laser mediante una schermatura e riflessi indesiderati.

- Applicare etichette di avvertimento nelle stanze in cui vengono effettuati gli esperimenti con luce laser.
- Osservare le norme sulla prevenzione degli infortuni BGV B2 "Radiazione laser" ed eventuali ordinamenti del ministro della pubblica istruzione, per quanto riguarda la Germania, e le direttive vigenti corrispondenti negli altri paesi.

Un utilizzo conforme garantisce il funzionamento sicuro del laser. La sicurezza non è tuttavia garantita se il laser non viene utilizzato in modo appropriato o non viene trattato con cura. Se si ritiene che non sia più possibile un funzionamento privo di pericoli (ad es. in caso di danni visibili), il laser deve essere messo immediatamente fuori servizio.

- Prima della messa in funzione controllare che l'alloggiamento non presenti danni. In caso di anomalie nel funzionamento o di danni visibili mettere il laser elio-neon fuori servizio e al sicuro da ogni funzionamento accidentale.
- Non aprire mai l'alloggiamento.

2. Descrizione

Kit per rappresentare i fenomeni fondamentali dell'ottica ondulatoria nell'ambito di corsi di training.

Argomento degli esperimenti:

Diffrazione e interferenza su una piastra in vetro, un diaframma con apertura, un diaframma quadrato, un reticolo a righe, un reticolo a croce

Interferometro di Michelson

Ricostruzione di un ologramma

Analisi della luce a polarizzazione lineare

Assorbimento di luce

Come sorgente luminosa si utilizza un laser a diodi parzialmente polarizzati con supporto registrabile. L'alimentazione avviene mediante un alimentatore ad innesto (fornito in dotazione) oppure in alternativa mediante batterie. I componenti sono magnetici e possono essere raggruppati sulla lavagna metallica fornita in dotazione orizzontalmente o verticalmente rispetto ai diversi allestimenti sperimentali. Tutti i componenti sono racchiusi in una valigetta rivestita di espanso con forma particolare.

3. Dotazione

- 1 laser a diodi con supporto registrabile
- 1 alimentatore ad innesto
- 1 scomparto batteria (senza batterie)
- 2 specchi con supporto registrabile
- 1 specchio semiargentato
- 1 schermo, bianco
- 1 schermo, vetro smerigliato
- 1 lente convessa
- 1 filtro di polarizzazione
- 1 supporto per lente e filtro
- 3 filtri colore in telaio per diapositive (rosso, verde, blu)
- 2 diaframmi con apertura in telaio per diapositive
- 2 diaframmi quadrati in telaio per diapositive
- 3 reticoli a righe in telaio per diapositive
- 1 reticolo a croce in telaio per diapositive
- 1 piastra in vetro in telaio per diapositive
- 1 supporto per diapositive
- 1 ologramma
- 1 lavagna metallica con supporto estraibile
- 4 piedini di gomma per lavagna metallica
- 1 valigetta
- 1 istruzioni

4. Dati tecnici

Laser a diodi:	classe di protezione laser II max: 1 mW
Lunghezza onda:	635 nm
Alimentatore ad innesto:	Primario 100 V AC - 240 V AC Secondario 3 V DC 300 mA
Scomparto batteria:	per batterie AA da 2 x 1,5 V (batterie non fornite in dotazione)
Lavagna metallica:	600 mm x 450 mm

5. Esempi di esperimenti

5.1 Interferenza

5.1.1 Interferenza su una piastra in vetro sottile

- Collocare il laser senza la lente in un angolo della lavagna metallica, in modo che il raggio si sviluppi parallelamente rispetto al lato lungo della lavagna (vedere figura 1).
- Posizionare il supporto con la piastra in vetro nell'altro angolo, in modo che il raggio sia visibile su di essa. Se necessario, impostare l'altezza mediante la vite di registro sul supporto del laser.
- Collocare lo schermo in vetro smerigliato nell'angolo diametralmente opposto.
- Ruotare la piastra in vetro finché il raggio non si presenta al centro dello schermo.
- Disporre la lente direttamente davanti al laser, per allargare il raggio.

Il diametro del raggio non deve essere più grande della piastra in vetro.

- Osservare il modello di interferenza sullo schermo. Se necessario, modificare la sua posizione finché non si ottiene un risultato ottimale.

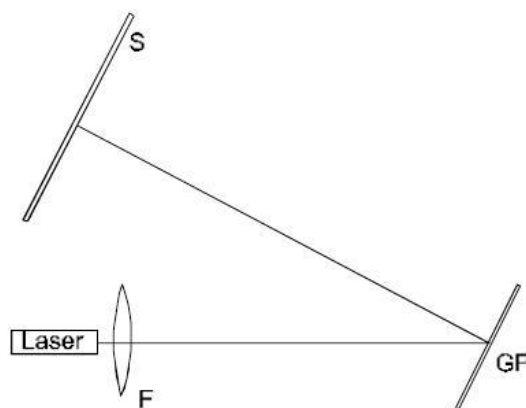


Fig.1 Struttura sperimentale (F = lente, GP = piastra in vetro, S = schermo in vetro smerigliato)

5.1.2 Interferometro di Michelson

- Posizionare il raggio all'incirca al centro sul lato longitudinale della lavagna (fig. 2) e orientare il raggio laser parallelamente alla piastra di base (vedere note).
- Posizionare lo specchio M2 sul lato opposto della lavagna in modo che il lato con la vite di registro non sia rivolto verso il laser. Impostare il raggio laser mediante le viti sul supporto dello specchio e il laser, in modo che il raggio torni sul laser.
- Disporre lo specchio semitrasparente tra il laser e lo specchio M2 (vedere fig. 2). L'angolo tra lo specchio semitrasparente e l'asse del raggio laser deve essere possibilmente di 45° .
- Montare lo specchio in vetro smerigliato in base alla fig. 2. Il raggio laser deve presentarsi nel centro.
- Disporre lo specchio M1 di fronte allo specchio in vetro smerigliato.
- Portare il raggio laser sullo schermo in copertura e alla stessa altezza della sorgente laser spostando lo specchio M1 e mediante la vite di registro sul supporto dello specchio.
- Collocare la lente tra lo specchio semitrasparente e il laser. Si origina un modello di interferenza tipico.

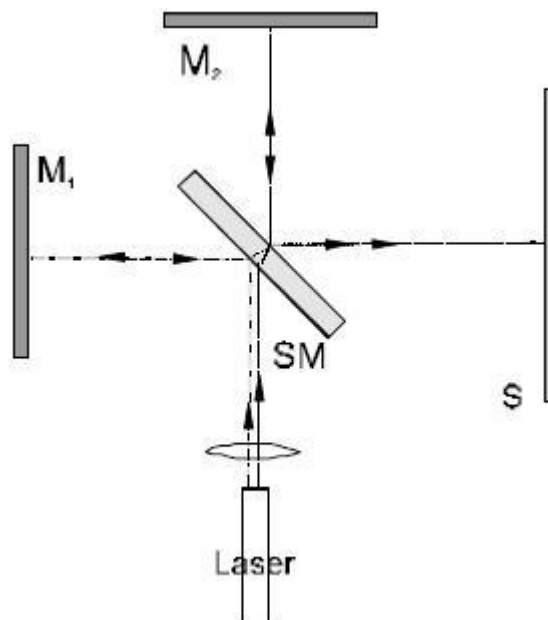


Fig. 2 Struttura sperimentale dell'interferometro di Michelson (M1, M2 = specchio, Sm = specchio semitrasparente, S = schermo in vetro smerigliato)

Note:

Prima dell'esperimento la lente deve essere pulita accuratamente, per evitare interferenze indesiderate sulla lente, dovute a particelle di polvere. Tali interferenze sono visibili come una serie di anelli concentrici. È possibile un'interferenza dei raggi, che provengono soltanto da uno specchio M1 o M2. Per riconoscere queste interferenze, si coprono semplicemente gli specchi uno dopo l'altro.

Nel caso della struttura secondo la fig. 2 è importante che le onde circolari che si sovrappongono formino soltanto un angolo ridotto. Il motivo di interferenza risulta quindi visibile nella superficie I (vedere fig. 3a). Se l'angolo è eccessivamente grande (fig. 3b), non è possibile osservare l'interferenza. È, quindi, importante che il raggio laser sia orientato, in modo che esso si sviluppi parallelamente rispetto alla piastra di base e dopo la riflessione sugli specchi M1 e M2 continui a svilupparsi parallelamente.

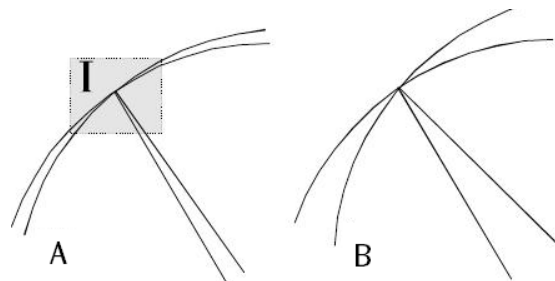


Fig. 3 Interferenza di due onde circolari

Dopo che gli specchi sono stati posizionati e allineati, sullo schermo sono visibili i due punti proiezione. Mediante l'allineamento degli specchi, è necessario portare questi punti alla stessa altezza della sorgente laser e in sovrapposizione sullo schermo. In tal modo si assicura che gli assi dei raggi si sviluppino paralleli rispetto alla superficie di base e si presentino sullo schermo. Questo allineamento riesce meglio senza la lente.

Per allineare gli specchi, si consiglia di disporre il laser molto vicino allo specchio semitrasparente. Le immagini sugli specchi devono avere dimensione e posizione identiche. Se il motivo di interferenza è visibile sullo schermo il laser può essere spostato liberamente senza influire sull'interferenza.

Dal momento che l'interferometro di Michelson è molto sensibile, la lavagna metallica deve essere collocata su una base stabile e ferma.

Se sullo schermo non è visibile nessun modello di interferenza, la lente deve essere rimossa ed è necessario accertarsi che i raggi laser si sviluppino paralleli alla piastra di base e che si presentino sullo schermo nello stesso punto. Se ciò è corretto e non è ancora possibile vedere un modello di interferenza, si consiglia di spostare uno degli specchi sull'asse ottico di circa 1 mm in avanti o indietro,

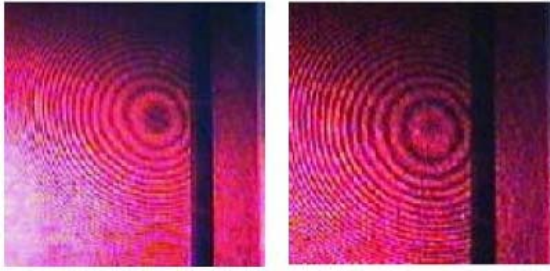


Fig. 4 Modello di interferenza di due onde circolari, se gli assi dei raggi sono sovrapposti o formano un angolo piccolo

5.2 Diffrazione

5.2.1 Diffrazione su un diaframma di apertura circolare e uno quadrato

- Fissare il diaframma di apertura circolare o quadrato sul supporto e collocarlo tra laser e schermo. La distanza tra diaframma di apertura e schermo deve essere pari ad almeno 50 cm.
- Osservare il modello di diffrazione di diversi diaframmi di apertura.

L'equazione per i massimi di diffrazione per diaframmi di apertura circolari è

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

con φ = angolo di diffrazione, k = ordine di diffrazione (0, 1, 2, ...), λ = lunghezza d'onda della luce, D = diametro dell'apertura

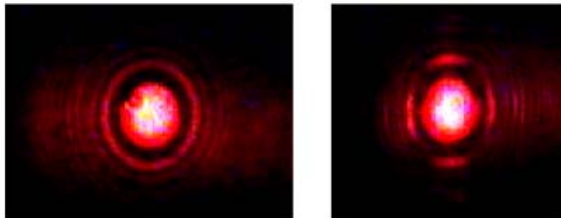


Fig. 5 Modello di diffrazione di un diaframma di apertura circolare o quadrato

5.2.2 Diffrazione su un reticolo

- Posizionare il laser e lo schermo smerigliato uno di fronte all'altro con la massima distanza possibile sulla lavagna metallica (vedere fig. 6)
- Disporre il reticolo in mezzo. La distanza rispetto allo schermo deve essere pari ad almeno 50 cm
- Osservare il modello di diffrazione (vedere fig. 7).

L'equazione per i massimi di diffrazione è

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

con φ = angolo di diffrazione, m = ordine di diffrazione (0, 1, 2, ...), λ = lunghezza d'onda della luce, d = costante reticolare.

- Osservare il modello di diffrazione dei diversi reticoli (G1, G2, G3, G4).
- Posizionare uno dietro l'altro due reticoli diversi.

- Osservare il modello di diffrazione.

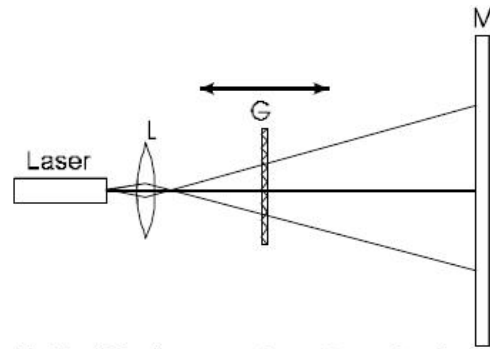


Fig. 6 Struttura per la diffrazione [G = oggetto di diffrazione (diaframma di apertura, reticolo) M = schermo in vetro smerigliato, L = lente]



Fig. 7 Modello di diffrazione di un reticolo

5.3 Ricostruzione di un ologramma

- Realizzare la struttura sperimentale sulla lavagna metallica come indicato in fig. 8. Posizionare, in questo caso, l'ologramma il più lontano possibile dal laser con il contrassegno rosso rivolto verso il laser.

Quanto maggiore è la superficie dell'ologramma illuminata, tanto migliore sarà l'immagine ricostruita visibile.

- Osservare l'ologramma da un angolo di circa 30°. Eventualmente ruotare lentamente l'ologramma avanti e indietro finché non è visibile l'immagine.
- Se l'immagine non viene trovata, ruotare l'ologramma di 180° o ruotare il capo (l'osservazioni all'angolo di 30° è possibile da due posizioni diverse).

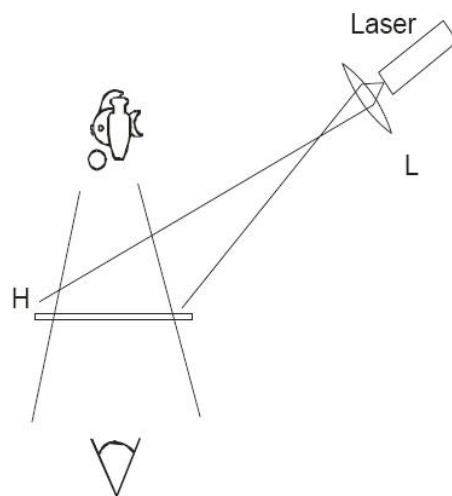


Fig. 8 Struttura sperimentale per la ricostruzione di un ologramma (L = lente, H = ologramma)

5.4 Analisi di luce a polarizzazione lineare

- Realizzare la struttura sperimentale come indicato in Fig. 9.
- Ruotare il filtro di polarizzazione attorno all'asse ottico.
- Osservare la variazione di intensità del punto di proiezione sullo schermo.

Attenzione

In caso di estinzione a causa del filtro di polarizzazione sullo schermo non è visibile nessun luce. Questo, tuttavia, non significa che gli occhi siano protetti dal raggio laser. Un contatto diretto dello sguardo con il raggio laser può causare danni permanenti all'occhio

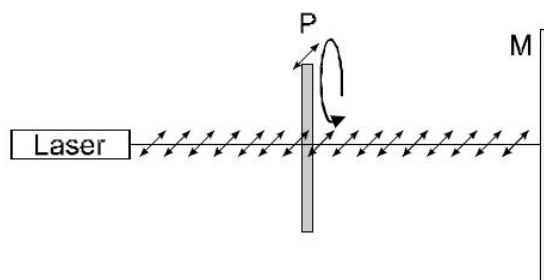


Fig. 9 Analisi di luce a polarizzazione lineare (P = filtro di polarizzazione, M schermo in vetro smerigliato)

5.5 Assorbimento di luce

- Realizzare la struttura sperimentale come indicato in Fig. 10.
- Osservare la variazione dell'intensità del punto di proiezione in caso di utilizzo di filtri colore diversi.

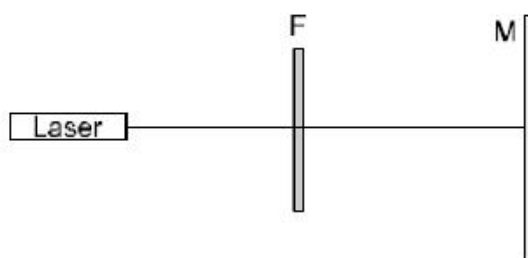


Fig. 10 Dimostrazione dell'assorbimento di luce mediante filtri colore (F = filtro colore, M = schermo in vetro smerigliato)

Equipo de óptica ondulatoria con Láser U17303

Instrucciones de uso

10/08 Alf



1. Advertencias de seguridad

El Láser emite una radiación visible de una longitud de onda de 635 nm con una potencia de salida menor que 1 mW y por ello corresponde a las determinaciones de Clase 2 de la DIN EN 60825-1 "Seguridad en las Instalaciones de Láseres". Es decir, la protección del ojo humano se logra por medio de reacciones de rechazo inclusive el reflejo de cierre de los párpados.

- No se debe mirar ni directamente ni en las reflexiones de un rayo Láser.
- Dejar funcionar el Láser sólo por personas autorizadas y experimentadas.
- Todas las personas que participan u observan en el experimento deben estar informadas sobre los peligros de los rayos Láser y de las medidas de protección necesarias.
- Realizar los experimentos con la mínima potencia de radiación necesaria.
- Orientar la trayectoria del rayo de tal forma que no esté a la altura de los ojos.

- Limitar la zona del Láser a la dimensión necesaria por medio de apantallamiento; evitar reflexiones involuntarias..
- Señalizar los espacios de trabajo con Láser por medio de avisos preventivos.
- En Alemania se toman en consideración las prescripciones para evitar accidentes BGV B2 y en su caso los reglamentos de los ministerios de cultura; en otros países los correspondientes reglamentos vigentes

Si se utiliza según su uso específico se garantiza el trabajo seguro con el Láser. La seguridad no se garantiza cuando el Láser no se usa o maneja apropiadamente. Cuando es de considerar que no es posible un trabajo sin peligro, se debe poner inmediatamente fuera de servicio (p.ej, si se observan daños visibles).

- Antes de la puesta en servicio se observa si la carcasa tiene algún deterioro. En caso de funcionamiento fallido o de daños visibles se debe poner el Láser fuera de funcionamiento y asegurarlo contra funcionamiento involuntario.
- La carcasa no se debe abrir en ningún momento.

2. Descripción

Equipo para la representación, en prácticas de laboratorio, de todos los fenómenos básicos de óptica ondulatoria.

Temas de experimentación:

Difracción e interferencia en una placa de vidrio, diafragma perforado, rejilla reglada, rejilla en cruz
Interferómetro de Michelson
Reconstrucción de un holograma
Estudios de luz linealmente polarizada
Absorción de luz

Como fuente luminosa se utiliza un diodo láser parcialmente polarizado, provisto de soporte ajustable. El suministro de corriente se realiza por medio de una fuente de alimentación (incluida en el suministro) o, de manera alternativa, con pilas. Los componentes poseen sujeción magnética y, para los diferentes arreglos experimentales, se pueden posicionar horizontal o verticalmente sobre el tablero de metal incluido en el suministro. Todas las piezas se acomodan en una maleta de almacenamiento con relieve de material esponjado, modelado para el equipo.

3. Volumen de suministro

1 diodo Láser con soporte ajustable
1 fuente de alimentación
1 compartimento para pilas (sin pilas)
2 espejos con soporte ajustable
1 espejo semitransparente
1 pantalla, blanca
1 pantalla, vidrio mate
1 lente convexa
1 filtro de polarización
1 soporte para lente y filtro
3 filtros de cromáticos, en marco de diapositivas (rojo, verde, azul)
2 diafragmas perforados, en marco de diapositivas
2 diafragmas cuadrados, en marco de diapositivas
3 rejillas regladas, en marco de diapositivas
1 rejilla en cruz, en marco de diapositivas
1 placa de vidrio, en marco de diapositivas
1 soporte para marco de diapositivas
1 holograma
1 tablero de metal con soporte desmontable
4 patas de goma para tablero de metal
1 maleta de almacenamiento
1 manual de experimentación

4. Datos técnicos

Diodo Láser:	clase de protección de Láser II, máx. 1 mW
Longitud de onda:	635 nm
Fuente de alimentación:	Primaria 100 - 240 V CA Secundaria 3 V CC., 300 mA
Compartimento de pilas:	para 2 pilas AA de 1,5 V (las pilas no se incluyen en el suministro)
Tablero de metal:	600 mm x 450 mm

5. Ejemplos de experimentos

5.1 Interferencia

5.1.1 Interferencia en una placa de vidrio delgada

- El Láser sin lente se coloca en una esquina del tablero metálico, así que el paso del rayo sea paralelo al lado largo del tablero (ver Fig. 1)
- El soporte con la placa de vidrio se fija en la otra esquina de tal forma que el rayo sea visible sobre ella. Si es necesario se ajusta la altura por medio del tornillo de ajuste en el soporte del Láser.
- Se coloca la placa de vidrio mate en la esquina diagonal contraria enfrente.
- La placa de vidrio se gira hasta que el rayo incida en el centro de la pantalla.
- La lente se coloca directamente enfrente del Láser para ensanchar el rayo.

El diámetro del rayo no debe ser mayor que la placa de vidrio.

- Se observa el patrón de interferencia sobre la pantalla. Si es necesario se varía su posición para obtener un resultado óptimo.

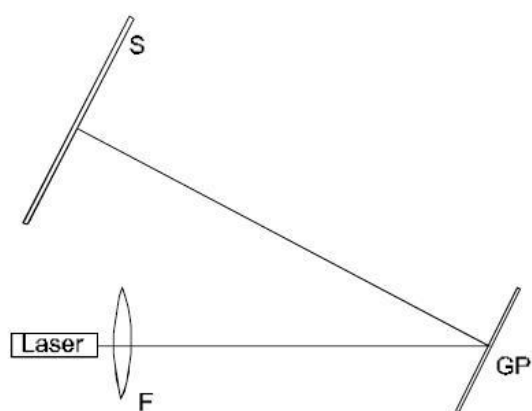


Fig.1 Montaje experimental (F = Lente, GP = Placa de vidrio, S = Pantalla de vidrio mate)

5.1.2 Interferómetro de Michelson

- Se coloca el Láser aproximadamente en el centro del tablero (Fig. 2) y se orienta el rayo paralelamente a la placa base (ver observaciones)
- Se posiciona el espejo M2 en el lado contrario del tablero de tal forma que el lado con el tornillo de ajuste no mire en la dirección del Láser. Con los tornillos de ajuste en el soporte del espejo y en el Láser se orienta el rayo para que se refleje en el punto de salida del Láser.
- Se intercala el espejo semitransparente entre el Láser y el espejo M2 (ver Fig. 2) El ángulo entre el espejo semitransparente y el eje del rayo Láser debe ser de 45° con la mayor exactitud.
- La pantalla de vidrio mate se monta de acuerdo con la Fig. 2. El rayo Láser debe incidir en el centro de ésta.
- El espejo M1 se monta directamente enfrente de la pantalla de vidrio mate.
- Desplazando el espejo y con el tornillo en el soporte de espejo se llevan el destello del rayo de Láser en la pantalla y la fuente de Láser a la misma altura para ponerlos en coincidencia (ver observaciones)
- Se coloca la lente entre el espejo semitransparente y el Láser. Se origina así un típico patrón de interferencia.

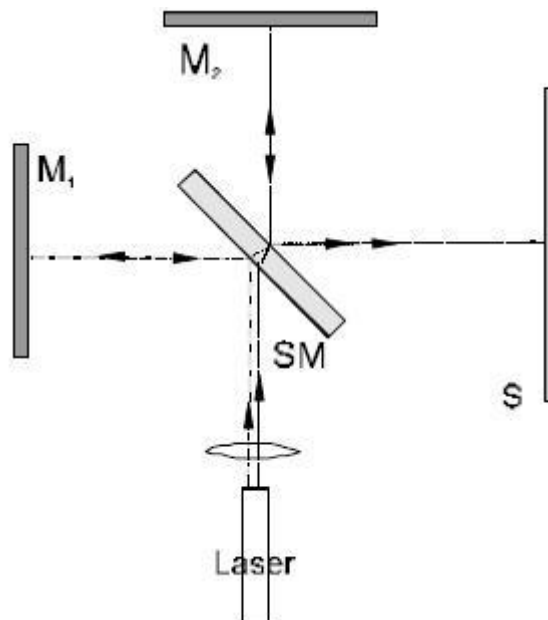


Fig. 2 Montaje experimental – Interferómetro de Michelson (M1, M2 = Espejo, SM = Espejo semitransparente, S = Pantalla de vidrio mate)

Observaciones:

Antes del experimento se debe limpiar la lente con sumo cuidado, para evitar las interferencias no deseadas de partículas de polvo sobre la misma. Estas interferencias se hacen visibles como unos anillos concéntricos. Es también posible una interferencia de los rayos que vienen directamente de uno de los espejos, M1 o M2. Para reconocer estas interferencias se tapan los espejos uno a uno secuencialmente.

En el montaje de acuerdo con la Fig. 2, es importante que las ondas esféricas que se superponen realicen sólo un ángulo pequeño. Entonces el patrón de interferencia es observable en el plano I (ver Fig. 3a) Si el ángulo es muy grande no se puede observar la interferencia (Fig. 3b). Por ello es importante que el rayo Láser esté orientado así que pase paralelamente a la placa base y que después de la reflexión en los espejos M1 y M2 siga siendo paralelo.

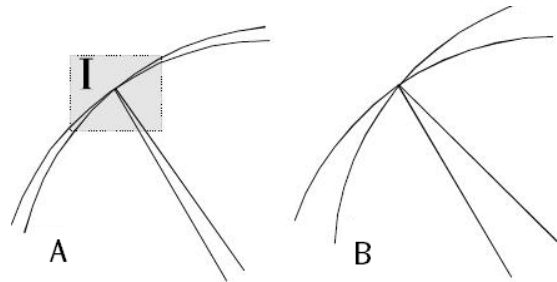


Fig. 3 Interferencia de dos ondas esféricas

Después de que los espejos hayan sido colocados y orientados, se observarán dos puntos de proyección sobre la pantalla. Orientando los espejos se llevan a la misma altura del Láser y a superposición sobre la pantalla. En esta forma se tiene la seguridad de que los ejes del rayo pasan paralelos a la placa base y se encuentran entre sí sobre la pantalla. Esta orientación se realiza mejor sin la lente.

Se recomienda colocar el Láser lo más cerca posible del espejo semitransparente, cuando se orientan los espejos. Las proyecciones sobre los espejos deben tener el mismo tamaño. Si ya es visible el patrón de interferencia sobre la pantalla, se puede desplazar el Láser libremente sin influir sobre la interferencia.

Como el interferómetro de Michelson es muy sensible, el tablero metálico se debe colocar sobre una base estable y libre de vibraciones.

En caso de que no se observe ningún patrón de interferencia sobre la pantalla, se debe retirar la lente para estar seguro de que los rayos Láser pasan paralelos a la placa base y se encuentran en el mismo punto sobre la pantalla. Si la orientación es correcta y todavía no se observa un patrón de interferencia, se aconseja desplazar uno de los espejos aprox. 1 mm hacia delante o atrás lo largo del eje óptico.

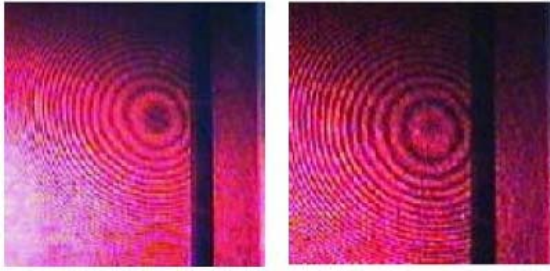


Fig. 4 Patrón de interferencia con dos ondas esféricas cuando los ejes de los rayos están sobrepuestos o forman un ángulo pequeño entre sí

5.2 Difracción

5.2.1 Difracción en un diafragma redondo y en un cuadrado

- Se fija el diafragma cuadrado o redondo en el soporte y se intercala entre el Láser y la pantalla. La distancia entre el diafragma y la pantalla debe ser por lo menos de 50 cm.
- Se observan los patrones de difracción de diferentes diafragmas.

La ecuación para los máximos de difracción de diafragmas redondos es:

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

con φ = Ángulo de difracción, k = Orden de difracción (0, 1, 2, ...), λ = Longitud de onda de la luz, D = Diámetro de la apertura

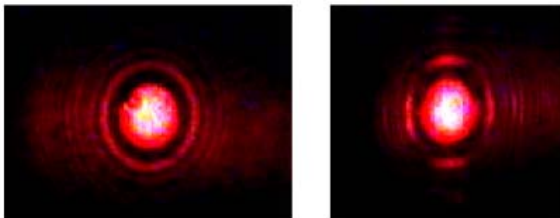


Fig. 5 Patrón de difracción de un diafragma redondo y de uno cuadrado

5.2.2 Difracción en una rejilla

- El Láser y la pantalla de vidrio mate se colocan frente a frente, en lo posible a una distancia grande sobre el tablero metálico (ver Fig. 6)
- Entre ellos se intercala la rejilla. La distancia hasta la pantalla debe ser de por lo menos 50 cm.
- Se observa el patrón de difracción (ver Fig. 7).

La ecuación para los máximos de difracción es:

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

con φ = Ángulo de difracción, m = Orden de difracción (0, 1, 2, ...), λ = Longitud de onda de la luz, d = Constante de rejilla

- Se observa el patrón de difracción de diferentes rejillas (G1, G2, G3, G4).

- Se colocan dos rejillas diferentes, una detrás de la otra.
- Se observa el patrón de difracción.

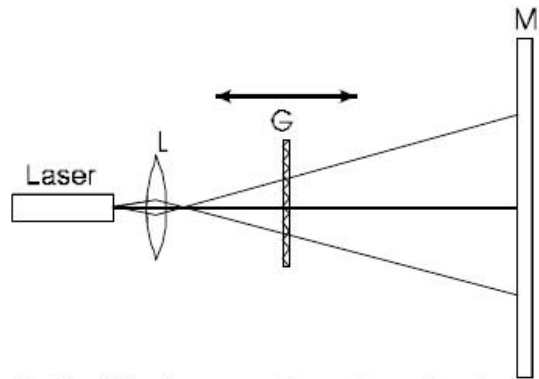


Fig. 6 Montaje para difracción [G = Objeto de difracción (Diafragma, rejilla), M = Pantalla de vidrio mate, L = Lente]



Fig. 7 Patrón de difracción de una rejilla

5.3 Reconstrucción de un holograma

- Se realiza el montaje experimental se acuerdo con la Fig. 8. Colocando el holograma, en lo posible, lejos del Láser y con la marca roja orientada hacia el mismo.

Mientras mayor sea el área iluminada del holograma, mejor se verá la imagen reconstruida.

- Se observa el holograma en un ángulo de más o menos 30°. Si es necesario se gira el holograma lentamente en vaivén hasta que se pueda observar la imagen.
- Si no se encuentra la imagen, se gira el holograma en 180° o se invierte de arriba hacia abajo (La observación bajo un ángulo de 30° es posible en dos posiciones diferente).

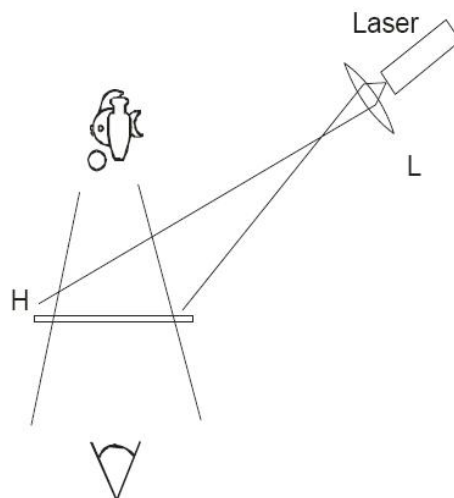


Fig. 8 Montaje experimental para la reconstrucción de un holograma (L = Lente H = Holograma)

5.4 Estudio de la luz linealmente polarizada

- Se realiza el montaje experimental de acuerdo con la Fig. 9.
- Se gira el filtro de polarización en el eje óptico.
- Se observa el cambio de la intensidad del punto de proyección sobre la pantalla.

¡Cuidado!

Al desaparecer la imagen debido al filtro de polarización no se observa luz sobre la pantalla. Esto no significa que los ojos estén protegidos contra el rayo Láser. El contacto directo de los ojos con el rayo Láser puede conducir a un daño permanente de la vista.

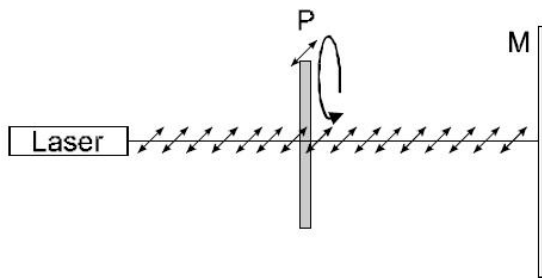


Fig. 9 Estudio de la luz linealmente polarizada (P = Filtro de polarización, M = Pantalla de vidrio mate)

5.5 Absorción de la luz

- Se realiza el Montaje experimental de acuerdo con la Fig. 10.
- Se observa el cambio de la intensidad del punto de proyección al utilizar diferentes filtros cromados.

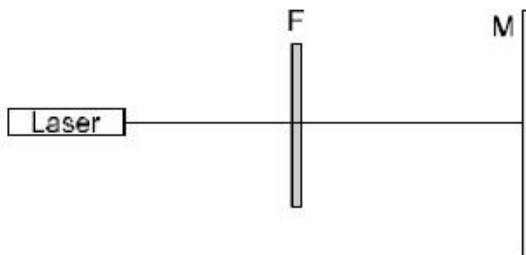


Fig. 10 Demostración de la absorción de la luz por medio de filtros cromados (F =Filtro cromado, M = Pantalla de vidrio mate)

Kit de aparelhos para óptica laser U17303

Instruções para o uso

10/08 Alf



1. Indicações de segurança

O laser emite radiação visível com uma longitude de onda de 630-680 nm com um desempenho de saída máximo abaixo de 1 mW, correspondendo assim às diretivas da classe 2 da norma DIN EN 60825-1 "Segurança de instalações laser". Ou seja, a proteção do olho humano ocorre habitualmente por meio de reações de defesa que incluem o reflexo de fechar a pálpebra.

- Nunca olhar diretamente ou para o reflexo do feixe laser.
- Só permitir a operação do laser por pessoas comprovadamente preparadas e autorizadas.
- Informar todas as pessoas participantes ou observadoras de uma experiência com o laser sobre os riscos ligados ao feixe laser e as medidas de proteção necessárias.
- Executar as experiências sempre com o desempenho de feixe mínimo necessário.
- Instalar o feixe de modo que este nunca se encontre à altura dos olhos.
- Reduzir o alcance do laser ao mínimo necessário de modo a evitar reflexões indesejadas.

- Sinalizar com cartazes de alerta os espaços onde são realizadas experiências com o laser.
- Na Alemanha, respeitar as diretivas de prevenção de acidentes BGV B2 "Radiação laser" e caso relevante, as leis correspondentes do ministério da cultura, e em outros países, respeitar as diretivas locais vigentes.

Se a operação do aparelho ocorrer conforme as instruções de uso, a segurança do laser está garantida. A segurança, porém, não estará garantida se o laser for utilizado de forma indevida ou se for manipulado sem a devida atenção. Se houver razões para considerar que a operação segura não é mais possível, deve-se desligar imediatamente o aparelho (por exemplo, no caso de danos visíveis) e protegê-lo contra uma utilização indevida.

- Antes de iniciar a operação, verificar a integridade da armação. Em caso de disfunção ou de danos visíveis do laser, desligar imediatamente o aparelho e protegê-lo contra utilização indevida.
- Nunca abrir a armação.

2. Descrição

Conjunto de aparelhos para a representação de fenômenos básicos da óptica ondulatória em experiências práticas.

Temas para experiências:

Reflexão e interferência numa placa de vidro, diafragma de orifício, diafragma quadrado, grade de linhas, grade de linhas cruzadas

Interferômetro de Michelson

Reconstrução de um holograma

Estudo da luz linear polarizada

Absorção da luz

Como fonte luminosa, utiliza-se um diodo laser parcialmente polarizado com alça ajustável. A alimentação elétrica ocorre por meio de um transformador de rede (incluído no fornecimento) ou de forma alternativa, por pilhas. Os componentes são magnetizados e podem ser distribuídos em diversas configurações, horizontal ou verticalmente, na placa de metal incluída no fornecimento. Todas as peças são armazenadas numa mala, de interior repleto por espuma moldada em formato dos aparelhos.

Fornecimento:

- 1 diodo laser com alça ajustável
- 1 transformador de alimentação elétrica
- 1 compartimento para pilhas (sem as pilhas)
- 2 espelhos com alça ajustável
- 1 espelho semitransparente
- 1 tela branca
- 1 tela, vidro fosco
- 1 lente convexa
- 1 filtro de polarização
- 1 suporte para a lente e para o filtro
- 3 filtros cromáticos em quadro de slide (vermelho, verde, azul)
- 2 diafragmas de orifício em quadro de slide
- 2 diafragmas quadrados em quadro de slide
- 3 grades de linhas em quadro de slide
- 1 grade de linhas cruzadas em quadro de slide
- 1 placa de vidro em quadro de slide
- 1 suporte para slides
- 1 holograma
- 1 placa de metal com apoio removível
- 4 pés de borracha para a placa de metal
- 1 mala para armazenamento
- 1 instrução para as experiências

4. Dados técnicos

Diodo laser:	classe II de segurança laser máx. 1 mW
Comprimento da onda:	635 nm
Fonte de alimentação:	primário 100 – 240 V AC secundário 3 V DC, 300 mA
Compartimento para pilhas:	para 2 pilhas de 1,5 V AA (as pilhas não estão incluídas no fornecimento)
Placa de metal:	600 mm x 450 mm

5. Exemplos de experiências

5.1 Interferência

5.1.1 Interferência numa placa de vidro fina.

- Colocar o laser sem a lente num canto da placa de metal, para que o feixe de raio corra paralelamente ao lado comprido do quadro. (ver Fig. 1).
- Montar o suporte com a placa de vidro no outro canto de tal maneira, para que o feixe de raio seja visível sobre ele. Em caso necessário ajustar a altura através dos parafusos de ajuste no suporte do laser.
- Colocar a tela de vidro fosco no canto que esta diagonalmente oposto.
- Girar a placa de vidro até o ponto, em que o feixe de raio incida centralmente sobre a tela.
- Colocar a lente diretamente na frente do laser, para ampliar o feixe de raio.

O diâmetro do laser não deveria ser maior do que a placa de vidro.

- Observar a franja de interferência sobre a tela. Se for necessário variar a sua posição, até que se obtenha um resultado ótimo.

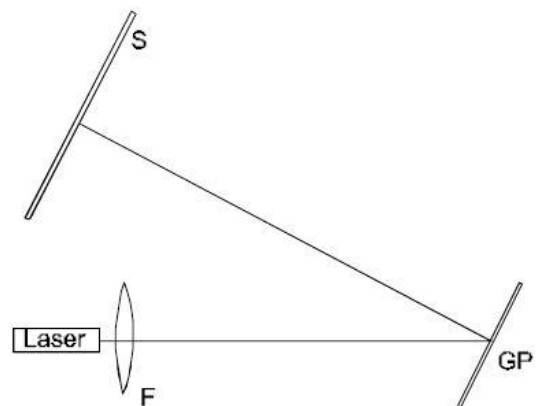


Fig.1 Montagem do prato de experiência (F = Lente, GP = Placa de vidro, S = Tela de vidro fosco)

5.1.2 Interferômetro de Michelson

- Colocar o laser aproximadamente no centro no lado comprido da placa (Fig. 2) e alinhar o raio laser paralelo à placa base (ver as observações).
- Colocar o espelho M2 sobre o lado oposto da placa, de maneira que o lado com o parafuso de ajuste não aponte para o laser. Ajustar o raio laser por meio dos parafusos no suporte de espelho e laser, de maneira que o raio volte atrás para o laser.
- Colocar o espelho semitransparente entre o laser e o espelho M2 (ver Fig. 2). O ângulo entre o espelho semitransparente e o eixo do raio laser deveria ser no possível exatamente 45° .
- Montar a tela de vidro fosco segundo Fig. 2. O feixe de raio laser deve incidir no centro dele.
- Montar o espelho M1 oposto a tela de vidro fosco.
- Ajustar o raio laser sobre a tela a través da deslocação do espelho M1 e por meio do parafuso de ajuste no suporte do espelho em cobertura e sobre a mesma altura da fonte de laser (ver as observações).
- Colocar a lente entre o espelho semitransparente e o laser. Irá criar-se um típico desenho de interferência.

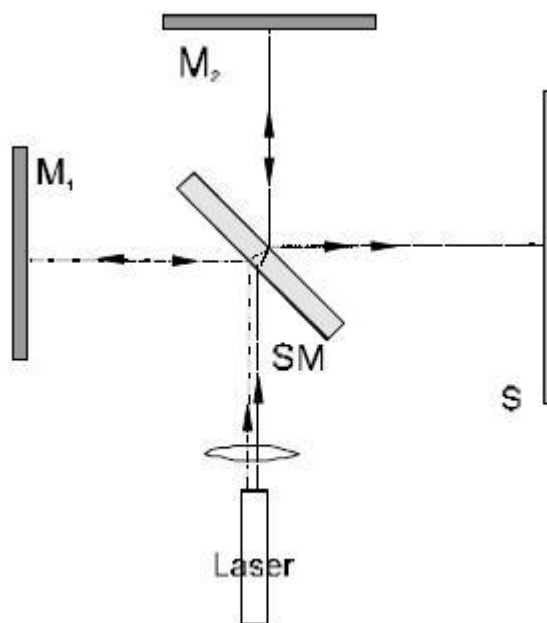


Fig. 2 Montagem do prato de experiência Interferômetro de Michelson (M1, M2 = Espelhos, SM = Espelho semitransparente, S = tela de vidro fosco)

Observações:

Antes da experiência a lente deve ser limpa cuidadosamente, para evitar interferências não desejadas de partículas de pó sobre a lente. Estas interferências são visíveis como uma quantidade de anéis concêntricos. Uma interferência de raios, que só vem de um espelho M1 ou M2, é possível. Para poder reconhecer estas interferências, os espelhos simplesmente devem ser cobertos, um após do outro.

Na montagem segundo Fig. 2 é importante que as ondas circulares superpostas só formem um ângulo pequeno. Então se pode ver a franja de interferência na superfície I (ver Fig. 3a). Se o ângulo for muito grande (Fig. 3b), a interferência não poderá ser observada. Por isso é importante, que o raio laser esteja alinhado de tal maneira, para que corra paralelo à placa de base e que continue percorrendo paralelamente após da reflexão nos espelhos M1 e M2.

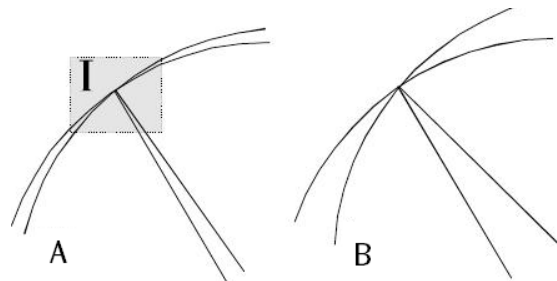


Fig. 3 Interferência de duas ondas esféricas

Após de serem colocados e alinhados os espelhos, podem-se observar dois pontos de projeção sobre a tela. Esses pontos têm que ser levados, por meio de alinhamento dos espelhos, para a mesma altura da fonte do laser e para a sobreposição na tela. Desta maneira assegura-se, que os eixos do feixe de raio corram paralelos a superfície base e se encontrem sobre a tela. Este alinhamento acontece melhor sem a lente.

É recomendável colocar o laser bem perto do espelho semitransparente, no momento que se alinham os espelhos. As imagens sobre os espelhos devem manter o mesmo tamanho e posição. Quando o franja de interferência for visível sobre a tela, o laser pode ser deslocado livremente, sem que influencie a interferência.

Pelo fato do Interferômetro Michelson ser muito sensível, a placa de metal deve ser montada sobre uma base estável, com ausência de vibrações.

No caso que não seja possível observar a franja de interferência na tela, deve ser retirada a lente e guardada, para que os feixes de raio laser corram paralelos à placa de base e se encontrem no mesmo ponto sobre a tela. Quando isto for correto e as franjas de interferência ainda não forem visíveis, é recomendável deslocar um dos espelhos aproximadamente 1 mm sobre o eixo óptico para frente ou para atrás.

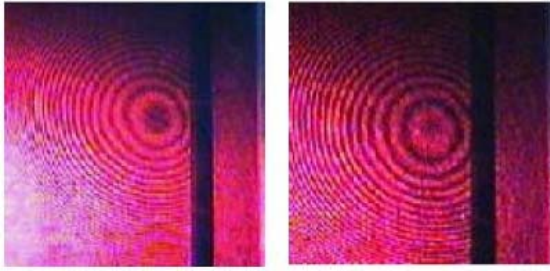


Fig. 4 Franja de interferência de duas ondas circulares, quando o eixo dos raios esta sobreposto ou forma um pequeno ângulo.

5.2 Reflexão

5.2.1 A reflexão num diafragma de quadro de slide redondo e quadrado

- Fixar o diafragma de quadro de slide quadrado ou redondo no suporte e colocar-lo entre o laser e a tela. A distância entre o diafragma de quadro de slide e a tela deve ser de pelo menos 50 cm.
- Observar as franjas de reflexão dos diferentes diafragmas de quadro de slide.

A equação para a máxima reflexão de um diafragma de quadro de slide redondo é

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

Sendo φ = ângulo de reflexão, k = Ordem de reflexão (0, 1, 2, ...), λ = Comprimento da onda de luz, D = Diâmetro da abertura

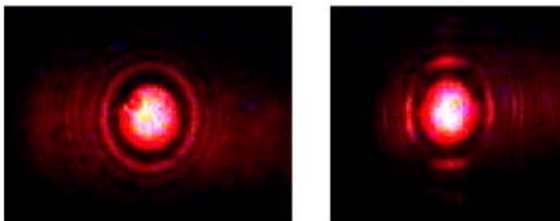


Fig. 5 Franja de reflexão de um diafragma de um quadro de slide redondo e de um quadrado

5.2.2 Reflexão numa grade

- Colocar a uma distância preferivelmente grande entre o laser e a tela de vidro fosco, um em frente do outro, sobre a placa de metal (ver Fig. 6).
- Colocar a grade no meio. A distância até a tela deve ser de pelo menos de 50 cm.
- Observar a franja de reflexão (ver Fig. 7).

A equação para a máxima de reflexão é expressa

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

sendo φ = ângulo de reflexão, m = Ordem de reflexão (0, 1, 2, ...), λ = Comprimento da onda de luz, d = Constante da grade

- Observar as franjas de reflexão das diferentes grades (G1, G2, G3, G4).

- Colocar duas grades, uma atrás da outra.
- Observar a franja de reflexão.

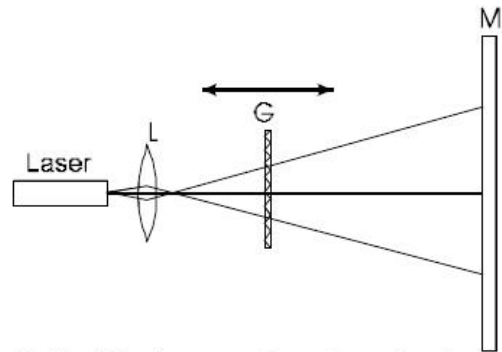


Fig. 6 Montagem para a reflexão [G = Objeto da reflexão (Diafragma de quadro de slide, grade), M = Tela de vidro fosco, L = Lente]



Fig. 7 Franja de reflexão de uma grade

5.3 Reconstrução de um holograma

- Executar a montagem da experiência sobre a placa de metal segundo Fig. 8. Nisso montar o holograma o mais longe possível do laser, com a marca vermelha apontando para o laser.

Quanto maior é a superfície iluminada do holograma, tanto melhor é observável a imagem reconstruída.

- Observar o holograma desde um ângulo de aproximadamente 30°. Em caso necessário girar o holograma devagar para lá e para cá até que a imagem seja visível.
- Se a imagem não for encontrada, girar o holograma por 180° ou virar a cabeça (A observação de um ângulo de 30° é possível a partir de duas posições diferentes).

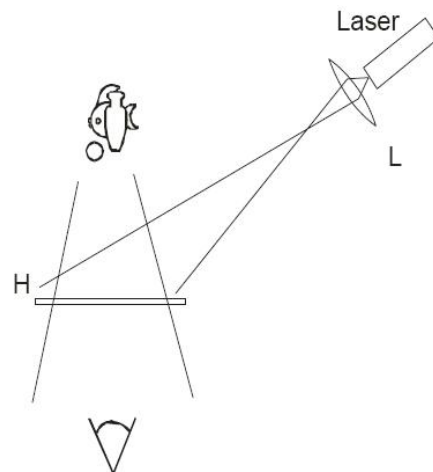


Fig. 8 Montagem de experiência para a reconstrução de um holograma (L = Lente, H = Holograma)

5.4 Análises da luz linear polarizada

- Executar a montagem de experiência segundo Fig. 9.
- Dar volta ao filtro de polarização no eixo óptico.
- Observar as mudanças de intensidade do ponto de projeção sobre a tela.

Atenção

No apagamento por meio do filtro de polarização nenhuma luz é visível na tela. Mais, isto não significa que os olhos estão protegidos do raio laser. O contato visual direto com o raio laser pode levar a danos permanentes no olho.

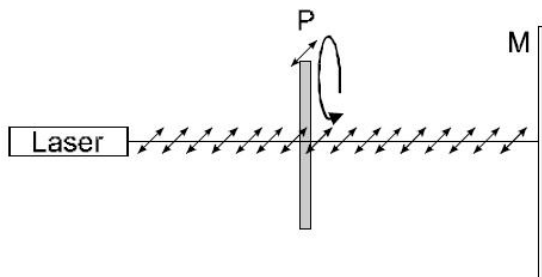


Fig. 9 Análises de luz linear polarizada (P = Filtro de polarização, M = tela de vidro fosco)

5.5 Absorção da luz

- Executar a montagem da experiência segundo Fig. 10.
- Observar as mudanças da intensidade do ponto de projeção através da utilização de diferentes filtros de cor.

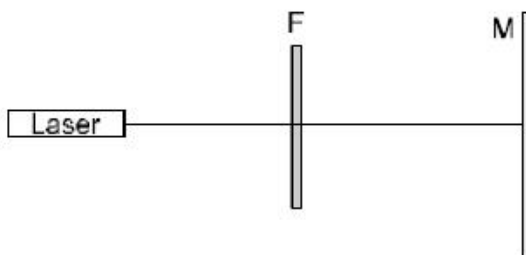


Fig. 10 Demonstração da absorção de luz através de filtros de cor (F = Filtro de cor, M = tela base)

