

Gemeinsame Aufgabenpools der Länder

Pool für das Jahr 2025

Aufgaben für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Eigenschaften von Licht
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen ◆ Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Spektrum elektromagnetischer Wellen ◆ Überlagerung von Wellen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Interferenz am Doppelspalt auch mit polychromatischem Licht
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M1 Experiment von Young ◆ M2 Hinweise zur Durchführung des Versuchs in Aufgabe 2 ◆ M3 Optisches Gitter
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M1 IPN (Hg.) (2011). <i>Material zur Hauptstudie des Photonics Explorer Programms / Modul M07 „Diffraction and Interferenz“ / Kommentar für Lehrkräfte</i>, S. 5.
Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◆ digitales Hilfsmittel, das mindestens die Funktionalität eines WTR hat¹ ◆ mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
fachpraktischer Anteil	ja Zeitzuschlag: nein
Hinweise:	

¹ siehe „Hinweise zur Verwendung von Hilfsmitteln“

1 Aufgabe

Eigenschaften von Licht

Thomas Young veröffentlichte 1804 im Journal „The philosophical transactions of the Royal Society of London“ ein Experiment, mit dem er die Wellennatur des Lichts zeigen wollte.

- | | |
|--|---------------------------|
| <p>1 In Material 1 wird das von Thomas Young durchgeführte Experiment dargestellt. Erklären Sie die in Material 1 genannten Beobachtungen mithilfe eines Modells.</p> | <p>BE</p> <p>4</p> |
|--|---------------------------|

2 Fachpraktischer Teil

Das Experiment von Thomas Young gilt als Vorläufer späterer Doppelspaltexperimente.

- | | |
|--|----------|
| <p>a Erzeugen Sie unter Verwendung von Material 2 ein Interferenzbild mit dem Doppelspalt auf dem Schirm. Dokumentieren Sie ihr Vorgehen, indem Sie eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus mit seinen genauen Maßen anfertigen.</p> | <p>6</p> |
| <p>b Tauschen Sie den Doppelspalt gegen das zur Verfügung gestellte Gitter aus, dessen prinzipieller Aufbau in Material 3 beschrieben ist. Fertigen Sie eine Skizze des Interferenzbildes in geeignetem Maßstab an. Beschreiben Sie die zu beobachtenden Unterschiede im Vergleich zum Doppelspalt.</p> | <p>6</p> |
| <p>c Bestimmen Sie mithilfe des Gitters die Wellenlänge des Lasers. Dokumentieren Sie hierbei ihre Vorgehensweise.</p> | <p>7</p> |

Hinweis:

Sollte Ihnen der Aufbau des Versuchs oder die Durchführung in 2c nicht gelingen, so können Sie bei der Lehrkraft Material anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden 5 Bewertungseinheiten nicht erteilt.

- | | |
|---|----------|
| <p>3 Beschreiben Sie einen Unterschied zwischen dem Aufbau des Experimentes von Young und dem von Ihnen in Aufgabe 2 durchgeführten Interferenzexperiment am Doppelspalt und welche Auswirkung dieser Unterschied auf das jeweils zu beobachtende Interferenzbild hat.</p> | <p>3</p> |
| <p>4 Erklären Sie die Bedeutung des Experimentes von Young für die physikalische Beschreibung von Licht, indem Sie auf die Grenzen des Lichtstrahlmodells eingehen.</p> | <p>4</p> |

2 Material

Material 1: Experiment von Young

In einer Fachzeitschrift findet sich der folgende Artikel:

Youngs Idee war ein Experiment, „das, wenn die Sonne scheint, mit Leichtigkeit und ohne jede Vorrichtung, die nicht jedermann zur Verfügung steht, wiederholt werden kann“. Es ist ein gutes Beispiel dafür, wie mit einfachen Mitteln große wissenschaftliche Fortschritte erzielt werden können. Young schreibt: „Ich machte ein kleines Loch in einen Fensterladen und bedeckte es mit einem dicken Stück Papier, das ich mit einer feinen Nadel durchstach.“ Dann hielt er eine Spielkarte in den Sonnenstrahl und teilte so das Lichtbündel in zwei Teile. Auf der gegenüberliegenden Wand sah er Interferenzstreifen, die verschwanden, wenn er das Licht auf einer der beiden Seiten der Spielkarte verdeckte.

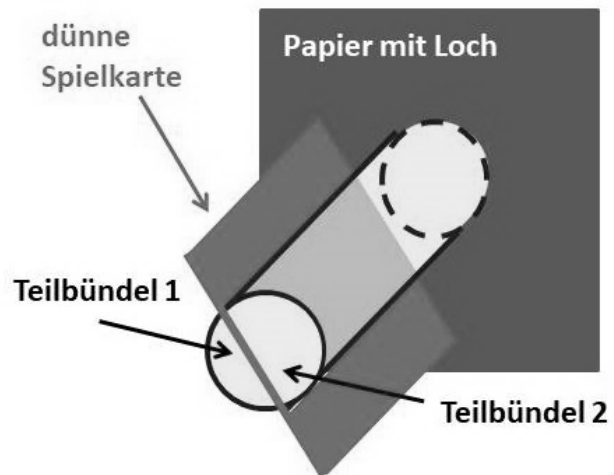


Abb. 1: Prinzip des Aufbaus von Young

Material 2: Hinweise zur Durchführung des Versuchs in Aufgabe 2

Geräte:

- ◆ Laser (rot, Wellenlänge λ unbekannt)
- ◆ Doppelspalt
- ◆ optisches Gitter
- ◆ Schirm
- ◆ Lineal / Maßstab
- ◆ optische Bank
- ◆ Halter, Befestigungsmaterial

Beachten Sie die Sicherheitshinweise im Umgang mit Lasern.

Material 3: Optisches Gitter

Optische Bauteile, bei denen viele lichtdurchlässige und lichtundurchlässige Bereiche in Form von Strichen nebeneinander angeordnet sind, heißen optische Gitter. Vereinfacht gesagt sind es viele Doppelspalte nebeneinander.

Wenn ein Gitter 500 Striche (also 500 lichtdurchlässige Bereiche) pro mm besitzt, hat es einen Spaltmittenabstand (auch Gitterkonstante genannt) von

$$g = \frac{1}{500} \text{ mm} = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m} .$$

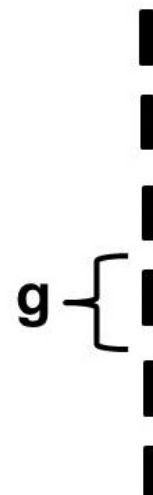


Abb. 2: Gitter

Für konstruktive Interferenz am Gitter gelten analog zum Doppelspalt die Bedingungen:

$$\tan(\alpha) = \frac{a_k}{\ell}$$

$$\sin(\alpha) = \frac{k \cdot \lambda}{g}$$

a_k : Abstand zwischen dem Maximum nullter und dem Maximum k -ter Ordnung auf dem Beobachtungsschirm;

ℓ : Abstand Gitter-Schirm;

k : Ordnung;

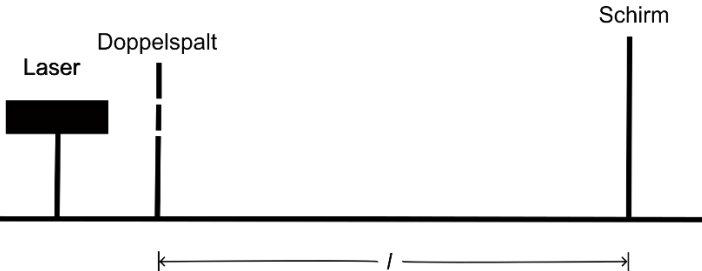
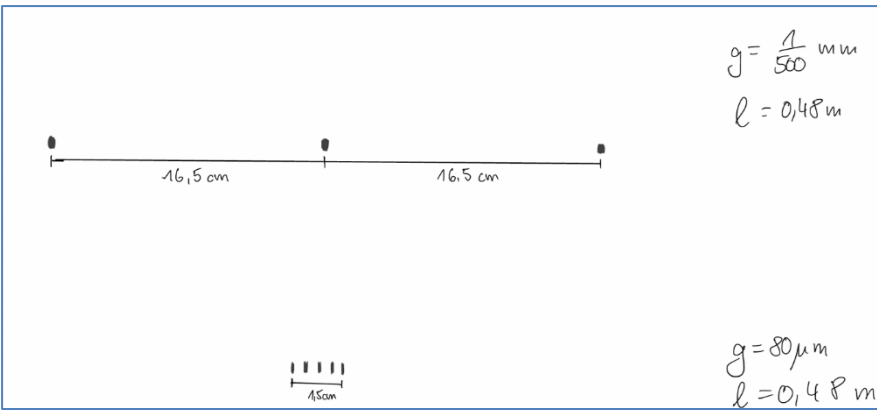
λ : Wellenlänge;

g : Gitterkonstante (Spaltmittenabstand)

α : Winkel unter dem das Maximum k -ter Ordnung erscheint

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p>Mögliche Lösung (mit dem Wellenmodell):</p> <p>Die Spielkarte erzeugt zwei getrennte Wellenzentren. Die davon ausgehenden Elementarwellen interferieren auf dem Weg bis zur gegenüberliegenden Wand und legen bis zum Beobachtungspunkt unterschiedliche Wege zurück. Je nach Wegunterschied ergibt sich konstruktive (bei ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge) oder destruktive Interferenz (bei ungeradzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge). Folglich sind auf dem Schirm abwechselnd helle und dunkle Bereiche (Interferenzstreifen) zu erkennen. Wird ein Teilstrahl abgedeckt, gibt es keine Interferenz der von den beiden Wellenzentren ausgehenden Elementarwellen mehr und die Interferenzstreifen verschwinden.</p>	4		
2	<p>a Erzeugung des Interferenzbildes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Aufbau von Laser, Doppelspalt und Schirm in geeigneten Abständen ◆ Anfertigen eine Skizze mit Bemaßung  <p style="text-align: center;"><i>Die dem realen Versuchsaufbau entsprechenden Maße sind anzugeben.</i></p> <p>b Beobachtung nach dem Austausch des Doppelspalts durch ein Gitter:</p>  <ul style="list-style-type: none"> ◆ Skizze des Schirmbildes in geeignetem Maßstab 	3	3	3

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Beschreibung der Unterschiede (Beim Gitter sind die Maxima im Gegensatz zum Doppelspalt deutlich weiter auseinander, heller und schärfer) <p>c Bestimmung der Wellenlänge des Lasers:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Messung des Abstandes Gitter-Schirm ◆ Bestimmung des Abstandes a_k (z. B. durch Messen des Abstandes zwischen den beiden Maxima k. Ordnung) ◆ Berechnung der Wellenlänge durch Zusammenführung der gegebenen Formeln zu: $k \cdot \lambda = g \cdot \sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{a_k}{\ell}\right)\right)$ ◆ Lösung für $g = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, $\ell = 48,0 \text{ cm}$, $a_1 = 16,5 \text{ cm}$: $\lambda = \frac{2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{16,5 \text{ cm}}{48,0 \text{ cm}}\right)\right)}{1} = 650 \text{ nm}$ 		7	
3	<p>Mögliche Unterschiede und ihre Auswirkungen auf das Interferenzbild:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Young benutzte einen Strahl des Sonnenlichts, im Experiment wurde ein Laser verwendet. Young müsste farbige Streifen anstelle der roten Flecke im Experiment gesehen haben. ◆ Anstelle des Doppelspaltes verwendete Young eine in den Strahl gehaltene Spielkarte. Die Abstände der Interferenzstreifen könnten sich ändern. 		3	
4	<p>Mögliche Erklärung: Licht aus zwei Öffnungen, das sich ausbreitet und auf einen Schirm fällt, lässt nach dem Lichtstrahlmodell zwei Lichtflecke auf dem Schirm erwarten. Es gibt keine Interferenz zwischen den beiden Teilstrahlen. Das Experiment von Young zeigt dagegen viele helle und dunkle Stellen (Interferenz). Folglich ist eine Erklärung mit dem Lichtstrahlmodell nicht möglich, sondern das Wellenmodell erforderlich.</p>			4
	Summe²	10	16	4

² Bei jeder Aufgabe liegen die Anzahlen der Bewertungseinheiten – abhängig vom Anforderungsniveau – in den Bereichen, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Anforderungsniveau	erhöht			grundlegend		
Anforderungsbereich	I	II	III	I	II	III
Anzahl der BE	11 - 13	17 - 21	8 - 10	10 - 12	13 - 16	4 - 6

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1		3	
2 a	4			
b	4			
c		5		
3		4		
4			4	

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster³ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

6 Hinweise für Lehrkräfte bei Aufgabenvorschlägen mit fachpraktischem Anteil

6.1 Hinweise zur Durchführung der fachpraktischen Aufgabe

Geräte und Materialien:

- ◆ Laser (rot, die Wellenlänge wird den Prüflingen nicht mitgeteilt)
- ◆ Stromversorgung für Laser
- ◆ Doppelspalt (0,125 bis 0,5 mm)
- ◆ optisches Gitter (etwa 500 Striche/mm)
- ◆ Schirm zur Darstellung des Interferenzbildes
- ◆ Maßstab (Lineal, Zollstock oder Maßband mit geeigneter Länge von ca. 1 m)
- ◆ optische Bank
- ◆ Halter, Befestigungsmaterial

Aufgabe und Aufbau:

- ◆ Erzeugen Sie unter Verwendung von Material 2 ein Interferenzbild mit dem Doppelspalt auf dem Schirm.

³ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.

Dokumentieren Sie ihr Vorgehen, indem Sie eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus mit seinen genauen Maßen anfertigen.

- ◆ Tauschen Sie den Doppelspalt gegen das zur Verfügung gestellte Gitter aus, dessen prinzipieller Aufbau in Material 3 beschrieben ist.
Fertigen Sie eine Skizze des Interferenzbildes in geeignetem Maßstab an.
Beschreiben Sie die zu beobachtenden Unterschiede im Vergleich zum Doppelspalt.
- ◆ Bestimmen Sie mithilfe des Gitters die Wellenlänge des Lasers.
Dokumentieren Sie hierbei ihre Vorgehensweise.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch den Versuchsaufbau. Der Versuch ist vom Prüfling selbst aufzubauen.

Hinweis: Die Daten der konkret gewählten Exemplare von Doppelspalt und Gitter müssen den Schülern ergänzend zu Material M 2 mitgeteilt werden.

Entsprechend ändern sich auch die Messwerte und die zu erwartenden Ergebnisse.

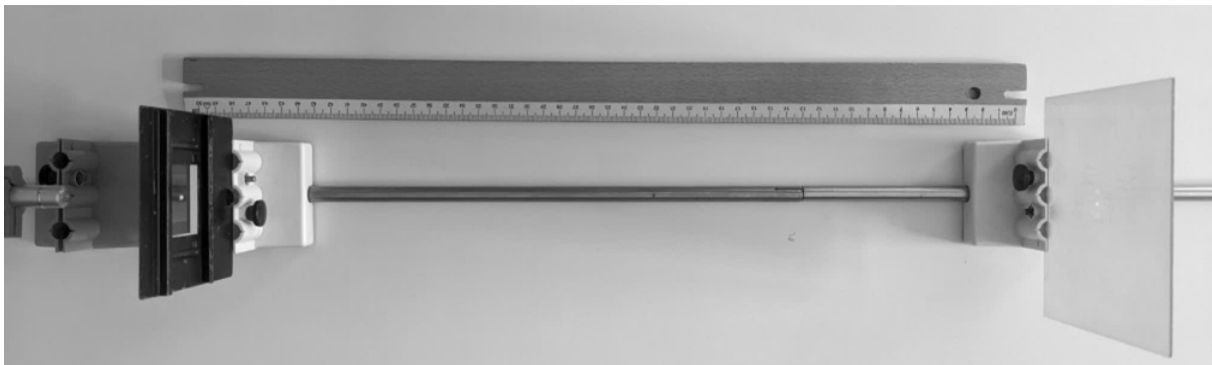


Abb. 3: Beispielaufbau

Die Schülerarbeitsplätze sollten gegeneinander durch Sichtschutze abgegrenzt werden, damit es bei Tausch von Doppelspalt gegen Gitter nicht zur Gefährdung kommt, weil die Maxima erster Ordnung bei Benutzung des Gitters ggf. nicht mehr auf den Schirm fallen.

6.2 Beobachtungsbogen

Die Aufsicht führende Fachlehrkraft protokolliert für jeden Prüfling wichtige Informationen, die für die Bewertung der Prüfungsleistung von Bedeutung sind, z. B.

- ◆ das Aufbauen der Versuchsanordnung,
- ◆ das Anfordern eines fertigen Versuchsaufbaus,
- ◆ die Anforderung von Ersatzmesswerten.

Für das Erfassen dieser Informationen können auf der Grundlage der landesrechtlichen Bestimmungen Beobachtungsbögen durch die prüfende Fachlehrkraft vorbereitet werden.

6.3 Ersatzergebnisse

Aufgabenteil 2c: Ersatzmesswerte

Gitter	$g = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
Abstand Gitter - Schirm	$\ell = 48,0 \text{ cm}$
Abstand Maximum 1. Ordnung zum Maximum 0. Ordnung	$a_1 = 16,5 \text{ cm}$

6.4 Gefährdungsbeurteilung

Für die Vollständigkeit und Richtigkeit dieser Muster-Gefährdungsbeurteilung wird keine Haftung übernommen. Jede Nutzerin/jeder Nutzer muss die aufgeführten Inhalte auf der Grundlage der länderspezifischen Regelungen eigenverantwortlich prüfen und an die tatsächlichen Gegebenheiten anpassen.

Beschreibung des Experiments:

Interferenzbilder werden von den Schülerinnen und Schülern mithilfe eines Lasers sowie eines Doppelspalts erzeugt und quantitativ ausgewertet.

Gefährdungsarten:

IR-, optische, UV-Strahlung

konkrete Gefährdungen	Schutzmaßnahmen (z. B. gerätebezogen, baulich, bei der Durchführung des Experiments)
Schädigung des Auges (die Lehrkraft, Schülerinnen und Schüler oder eine in den Experimentierraum eintretende Person könnten betroffen sein)	Auf sinnvolle Strahlrichtungen unter den Schülergruppen und auf Türen achten (ggf. Blenden verwenden); Arbeitsplätze ggf. mit zusätzlichen Blenden zur Abschirmung ausstatten; Reflexionen vermeiden; Laserpointer der Klasse 2 ($P < 1 \text{ mW}$ Kennzeichnung) verwenden; Aufstellen des Warningschildes Laser im Unterrichtsraum