Aufgaben 11 Beugung
Ideales Gitter, Einzelspalt, Fraunhofer-/Fresnel-Beugung

Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten und in einer Gruppe diskutieren können.
- das Interferenzmuster bei der Beugung einer Welle an einem idealen Gitter kennen und verstehen.
- die Interferenzbedingungen für das Auftreten konstruktiver und destruktiver Interferenz bei der Beugung von Licht an einem idealen Gitter kennen, verstehen und anwenden können.
- wissen und verstehen, wie ein ideales Gitter als Spektrometer verwendet werden kann.
- wissen und verstehen, wie ein Hologramm erzeugt wird.
- wissen, dass ein Hologramm beim Auslesen als Beugungsgitter wirkt.
- den Unterschied zwischen der Fraunhofer- und der Fresnel-Beugung kennen.
- das Interferenzmuster bei der Beugung einer Welle an einem Einzelspalt kennen und verstehen.
- die Interferenzbedingung für das Auftreten destruktiver Interferenz bei der Beugung von Licht an einem Einzelspalt kennen, verstehen und anwenden können.
- das Interferenzmuster bei der Beugung einer Welle an einem realen Gitter als Modulation des Interferenzmusters bei der Beugung an einem idealen Gitter mit dem Interferenzmuster bei der Beugung an einem Einzelspalt verstehen.

Aufgaben

11.1 Studieren Sie im Lehrbuch KPK 3 die folgenden Abschnitte:
- 5.5 Beugung am Gitter – das Gitterspektrometer (Seite 46)
- 5.6 Zwei- und dreidimensionale Gitter (ohne quantitative Berechnungen, Seite 47)

11.2 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca die folgenden Abschnitte:
- 30.4 Beugungsgitter (Seiten 1093 bis 1095)
- 30.5 Fraunhofer'sche und Fresnel'sche Beugung (Seiten 1096 und 1097)
- 30.6 Beugungsmuster beim Einzelspalt (Seiten 1097 bis 1100)

Hinweis zum Abschnitt 30.6:
- Ab der Textstelle „Wir multiplizieren beide Seiten ..." (Seite 1097, Mitte rechte Spalte) wird die Formel 30.12 (Seite 1098) hergeleitet. Wir werden im Unterricht eine alternative Herleitung dieser Formel detailliert diskutieren.

11.3 **Experimente Posten 1: Beugung am Gitter** (25 min)

(Optische Profilbank, Leuchte, Farbfilter, Linse f = +50, Leuchtspalt, Linse f = +100, Gitter 80 Linien/mm, Schirm)

a) Beobachten Sie bei weissem Licht das Beugungsmuster auf dem Schirm:
- Beugungsordnungen
- Anordnung der Farben
- Breite der Beugungsordnungen
- Abhängigkeit des Beugungsmusters vom Abstand Gitter-Schirm

b) Wiederholen Sie die Aufgabe a) mit rotem und blauem Licht. Schieben Sie dazu die entsprechenden Farbfilter in den Blendenschacht der Leuchte.

c) Bestimmen Sie die Wellenlänge des roten bzw. blauen Lichtes:

i) Messen Sie den Abstand Gitter-Schirm.

ii) Messen Sie die Abstände der Beugungsordnungen auf dem Schirm.

iii) (siehe nächste Seite)

iii) Berechnen Sie mit Hilfe der Interferenzbedingung für das Auftreten konstruktiver Interferenz, geeigneter geometrischer Beziehungen und der Resultate aus i) und ii) die Wellenlänge.

Alternative zu den Experimenten
*Studieren Sie die folgenden **YouTube-Videos**. Sie finden die Videos unter*
http://www.thomasborer.ch → Physik → Dokumente/Applets/Links
- Optisches Gitter, Experimente
- Beugung am Gitter mit Weisslicht

11.4 **Experimente Posten 2: Beugung an verschiedenen Gittern** (8 min)

(Optische Bank, Leuchte für weisses Licht, He-Ne-Laser, Leuchtspalt, Linse f = +150 mm, Gitter 600 Linien/mm / Gitter mit unbekannter Gitterkonstante auf Schwenkarm, Schirm)

Ein Gitter wird gleichzeitig mit weissem Licht und mit rotem Laser-Licht beleuchtet.

a) *Gitter mit 600 Linien/mm*

Beobachten und vergleichen Sie die beiden Beugungsmuster auf dem Schirm.

b) *Gitter mit unbekannter Gitterkonstante*

Beobachten Sie die Unterschiede zu den Beugungsmustern beim Gitter mit 600 Linien/mm. Beurteilen Sie, ob das Gitter mit der unbekannten Gitterkonstante mehr oder weniger als 600 Linien/mm aufweist.

Alternative zu den Experimenten
wie in der Aufgabe 11.3

11.5 Paralleles Licht der Wellenlänge 550 nm trifft auf ein Gitter mit 750 Strichen pro Millimeter. Das Beugungsmuster wird auf einem Schirm im Abstand 2.50 m betrachtet.

Bestimmen Sie den Abstand des Beugungsmaximums erster Ordnung vom Zentralstrahl.

11.6 Ein 1.00 mm breiter Spalt wird mit Licht der Wellenlänge 589 nm beleuchtet. Auf einem 3.00 m entfernten Schirm entsteht ein Beugungsmuster.

Bestimmen Sie den Abstand zwischen den ersten beiden Beugungsminima auf der gleichen Seite des Musters.

11.7 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
A30.3, A30.13, A30.14 a), A30.18, A30.19, A30.20 a), A30.26

11.8 Studieren Sie die folgenden **Applets**. Sie finden die Applets unter
http://www.thomasborer.ch → Physik → Dokumente/Applets/Links

- Beugung am Spalt
- Interferenz/Beugung (1)
- Interferenz/Beugung (2)
- Beugung am Vielfachspalt/Gitter

11.9 Führen Sie den folgenden **Quiz** durch. Sie finden den Quiz unter
http://www.thomasborer.ch → Physik → Dokumente/Applets/Links

- LEIFI-Quiz „Interferenzmuster am Einfach- und Mehrfachspalt“

11.10 (siehe nächste Seite)

11.10 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.
Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

		wahr	falsch
a)	Eine auf einem Schirm beobachtete Intensitätsverteilung bei der Beugung von Licht an einem Einzel- oder Mehrfachspalt beruht sowohl auf Beugung als auch auf Interferenz.	☐	☐
b)	Bei der Beugung von rotem und blauem Licht an einem idealen Gitter ist der Winkel der ersten Beugungsordnung beim roten Licht grösser als beim blauen Licht.	☐	☐
c)	Wenn man das in b) geschilderte Experiment unter Wasser ausführte, würden die Winkel der ersten Beugungsordnungen kleiner.	☐	☐
d)	Beim Beugungsmuster eines idealen (d.h. mit unendlich dünnen Spalten versehenen) Gitters haben alle hellen Interferenzstreifen die gleiche Intensität.	☐	☐
e)	Das Beugungsmuster eines idealen Dreifachspaltes unterscheidet sich nicht von demjenigen eines idealen Vierfachspaltes.	☐	☐

Lösungen

11.1 ...

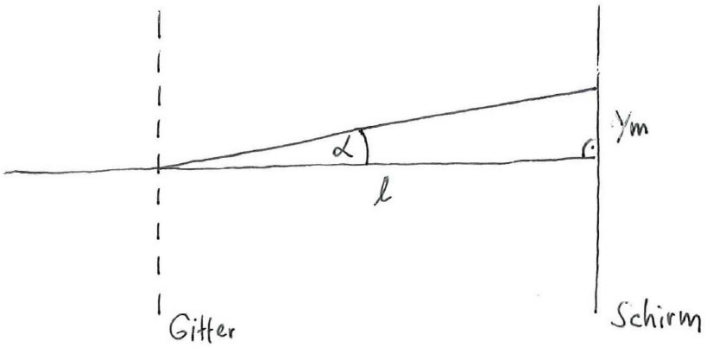
11.2 ...

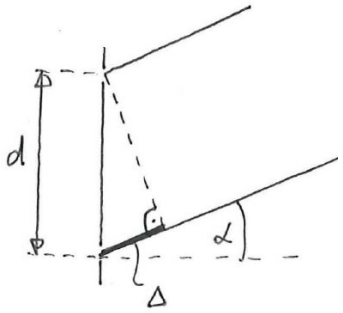
11.3 ...

11.4 a) ...

b) weniger als 600 Linien/mm

11.5





$\Delta = m \cdot \lambda \quad (m \in \mathbb{Z})$ konstr. Interferenz

$\Delta = d \cdot \sin(\alpha)$

$N \cdot d = \Delta s$

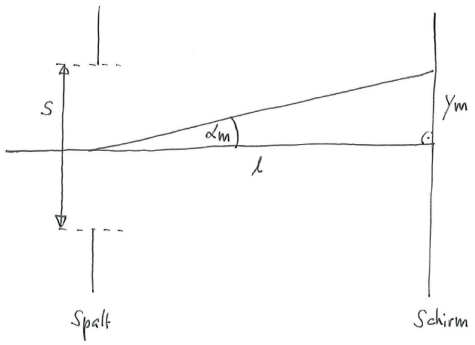
$\tan(\alpha) = \frac{y_m}{l}$

Unb.	Bek.
Δ	$m = 1$
d	$\lambda = 550\ nm$
α	$N = 750$
y_m	$\Delta s = 1\ mm$
	$l = 2.50\ m$

$$y_m = l \cdot \tan(\alpha)$$
$$= l \cdot \tan\left(\arcsin\left(\frac{\Delta}{d}\right)\right)$$
$$= l \cdot \tan\left(\arcsin\left(m \cdot \frac{N \cdot \lambda}{\Delta s}\right)\right)$$

$y_1 = 1.13\ m$

11.6



Dunkelstellen beim Spalt

$$\sin(\alpha_m) = m \cdot \frac{\lambda}{s} \quad (m \in \mathbb{Z} \setminus \{0\})$$

$$\sin(\alpha_m) = m \cdot \frac{\lambda}{s}$$

$$\tan(\alpha_m) = \frac{y_m}{l}$$

$$\Delta y = y_{m_2} - y_{m_1}$$

Unb.	Bek.
α_m	m
y_m	$\lambda = 589\ nm$
Δy	$s = 1.00\ mm$
	$l = 3.00\ m$

$$\Delta y = l\left(\tan(\alpha_{m_2}) - \tan(\alpha_{m_1})\right)$$

$$= l\left(\tan\left(\arcsin\left(m_2 \frac{\lambda}{s}\right)\right) - \tan\left(\arcsin\left(m_1 \frac{\lambda}{s}\right)\right)\right)$$

$m_1 := 1$
$m_2 := 2$

$\Rightarrow \Delta y = 1.77\ mm$

11.7 ...

11.8 ...

11.9 ...

11.10
a) wahr
b) wahr
c) wahr
d) wahr
e) falsch