PROFESSOR ERKLÄRBÄR

Serie Physik · Folge 10 · Advanced

PHYSIK

LEHRERINFO ZUM VIDEO

Optik – Linsen, Abbildungen und Wellenoptik

FACH	STUFE	DAUER	VIDEO
Physik	Gymnasium · Sek II (Matura/Abitur)	19 min	youtube.com/@Erklaerbaer

01 Lernziele

Nach dem Video können die Schülerinnen und Schüler …

- das Brechungsgesetz $\boldsymbol{n}_1 \cdot \sin \alpha_1 = \boldsymbol{n}_2 \cdot \sin \alpha_2$ und den Grenzwinkel der Totalreflexion anwenden,
- Dispersion an Prisma und Regenbogen erklären,
- Bilder an Sammellinsen mit drei Strahlen konstruieren und reelle von virtuellen Bildern unterscheiden,
- mit der Linsengleichung $1/\boldsymbol{f} = 1/\boldsymbol{g} + 1/\boldsymbol{b}$ und dem Abbildungsmassstab rechnen, Brechkräfte in Dioptrien angeben,
- Auge, Kamera, Lupe, Mikroskop und Fernrohr erklären,
- Beugung und Interferenz als Wellenverhalten des Lichts erklären und Wellenlängen mit $\boldsymbol{d} \cdot \sin \alpha_k = \boldsymbol{k} \cdot \lambda$ bestimmen.

02 Voraussetzungen

Folge 10 Grundlagen („Licht, Spiegel und Farben“): Reflexionsgesetz, Brechung zum Lot hin, Sammellinse und Brennpunkt, Spektrum. Folge 9 Advanced: $\boldsymbol{c} = \lambda \cdot \boldsymbol{f}$, Interferenz. Mathematisch: Sinus, Tangens und ihre Umkehrfunktionen, Bruchgleichungen.

03 Ablauf des Videos

ZEIT	KAPITEL	INHALT UND PRAXISBEISPIEL
0:00	Einstieg	Warum schimmert eine CD? · Ident · Serien-Fahrplan (Mini-Wasserturbine)
0:52	Was du brauchst	Reflexionsgesetz, Lot · Brechung, Brennpunkt, Spektrum · $\boldsymbol{c} = \lambda \cdot \boldsymbol{f}$, Interferenz

1:33	Das Brechungsgesetz	$n = c_0/c$ · Läufer-Analogie · Snellius · 45° → 32° · Grenzwinkel 48,8°/41,8° · Totalreflexion · Glasfaser 80,6° · Merksatz
3:33	Dispersion	n(Rot) 1,51, n(Violett) 1,53 · Prisma · Regenbogen 42°/40° · Nebenbogen 51°
4:37	Bildkonstruktion	drei Strahlen · reelles Bild · Kamera ($g > 2f$), Beamer ($f < g < 2f$), Lupe ($g < f$, virtuell)
5:49	Die Linsengleichung	$1/f = 1/g + 1/b$ · $B/G = b/g$ · Beispiel 5 cm/7,5 cm → 15 cm · Handykamera 4,008 mm, 3,6 mm · Dioptrien ±
7:50	Optische Instrumente	Auge ≈ 60 dpt, Akkommodation · Kamera · Lupe 25 cm/f PAUSE-FRAGE 2,5-fach · Mikroskop 400-fach · Fernrohr 50-fach
9:38	Licht ist eine Welle	400–700 nm · Beugung · Young 1801 · Gangunterschied · Gitter $d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$ · Merksatz PAUSE-FRAGE 532 nm → 15,4°
11:36	Selbst messen mit der CD	Spurabstand 1,6 µm · Versuch mit Laserpointer · $\tan \alpha = x/L$ → 24° → 650 nm · DVD 0,74 µm · Sicherheit · Dünnschicht-Interferenz
13:20	Turbinen-Baustein 10	Zeitlupe 240 Bilder/s → 240 U/min · 1,25 m/s · Stroboskop-Effekt: 8 Schaufeln, 30 Bilder/s, 225 U/min
14:58	Prüfungsfallen	vier Fallen (siehe 04)
15:44	Zusammenfassung	fünf Kernaussagen · Auflösung des Einstiegs
16:25	Quiz	4 Fragen · Endkarte Folge 11 Advanced

04 Typische Fehlvorstellungen und Prüfungsfallen

- Winkel zur Oberfläche statt zum Lot gemessen (Kapitel 2, 10).
- Vorzeichen vergessen: $f < 0$ bei Zerstreuungslinsen, $b < 0$ bei virtuellen Bildern (Kapitel 5, 10).
- Am Gitter $\sin \alpha = x/L$ statt $\tan \alpha = x/L$ – die Näherung gilt nur für kleine Winkel (Kapitel 8, 10).
- „Totalreflexion gibt es auch von Luft nach Glas." – nur beim Übergang ins optisch dünnere Medium (Kapitel 2, 10).
- „Das Gitter lenkt Blau stärker ab, wie das Prisma." – Am Gitter wird Rot stärker abgelenkt (Kapitel 7).

05 Einsatz im Unterricht

Einstieg: CDs verteilen und im Licht kippen lassen; Vermutungen zur Herkunft der Farben sammeln.

Experiment: Brechung am Halbzylinder mit Winkelscheibe; optische Bank mit Linse, Kerze und Schirm; Wellenlänge eines Lasers mit CD oder Gitter (Laser Klasse 2 nur unter Aufsicht, nie in den Strahl blicken).

Vertiefung: Aufgaben 4–10; Bildkonstruktionen für verschiedene Gegenstandsweiten zeichnen lassen.

Prüfungsvorbereitung: Kapitel 10 und das Arbeitsblatt (Aufgaben im Stil von Matura-/Abiturprüfungen).

Hinweis: Die Lupenvergrösserung 25 cm/f gilt für das entspannte Auge (Bild im Unendlichen). Das Fernrohr ist ein Kepler-Fernrohr. Die Gitterformel gilt für senkrechten Lichteinfall; die CD wirkt als Reflexionsgitter. Die Dispersion ist in der Animation stark übertrieben gezeichnet.

06 Quellen

- Snellius, W. (um 1621), überliefert durch Huygens und Descartes · Young, T. (1804): Experiments and Calculations relative to Physical Optics. Phil. Trans. R. Soc. 94
- Schott AG: Datenblatt N-BK7 (n_C = 1,5143, n_F = 1,5224, n bei 404 nm ≈ 1,530)
- IEC 60908 (Compact Disc Digital Audio): Spurabstand 1,6 µm · ECMA-267 (DVD): Spurabstand 0,74 µm
- Regenbogen: Hauptbogen 40,6°–42,4°, Nebenbogen ≈ 50–53° (Minnaert, M.: Licht und Farbe in der Natur)
- Projektwerte der Mini-Wasserturbine: Serienplan Physik, Abschnitt „Roter Faden“
- EDK: Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen (Physik) · KMK: Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (2020)

NAME _____ KLASSE _____ DATUM _____

Optik – Linsen, Abbildungen und Wellenoptik

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum $3{\cdot}10^8$ m/s · n(Luft) = 1 · deutliche Sehweite 25 cm.

1 Brechung ●○○

Licht fällt unter 60° zum Lot aus Luft auf Glas mit n = 1,5. Berechne den Brechungswinkel.

2 Diamant ●●○

Diamant hat n = 2,42. Wie schnell ist Licht im Diamanten? Berechne den Grenzwinkel gegen Luft und erkläre damit, warum ein geschliffener Diamant so funkelt.

3 Reelles Bild ●○○

Eine Sammellinse hat f = 10 cm, der Gegenstand steht 30 cm davor. Berechne Bildweite und Abbildungsmassstab und beschreibe das Bild.

4 Virtuelles Bild ●●○

Dieselbe Linse, aber der Gegenstand steht nur 5 cm davor. Berechne b. Was bedeutet das Vorzeichen?

5 Beamer ●●●

Ein 2 cm breites Bild im Beamer soll an einer 4 m entfernten Wand 2 m breit erscheinen. Wie weit muss das Bild vor dem Objektiv stehen, und welche Brennweite braucht das Objektiv?

6 Dioptrien ●○○

a) Welche Brennweite hat eine Linse mit +3 dpt? b) Eine Brille hat ***f*** = −50 cm. Gib die Brechkraft an. Für welche Fehlsichtigkeit ist sie?

7 Lupe und Mikroskop ●○○

Eine Lupe hat ***f*** = 5 cm. Wie stark vergrössert sie? Ein Mikroskop hat ein 60er-Objektiv und ein 10er-Okular. Gesamtvergrösserung?

8 Gitter ●●○

Rotes Licht (650 nm) fällt senkrecht auf ein Gitter mit 600 Linien pro mm. Berechne die Winkel der 1. und 2. Ordnung. Gibt es eine 3. Ordnung?

9 CD-Messung ●●●

Ein grüner Laser trifft senkrecht auf eine CD (***d*** = 1,6 µm). Auf dem Papier 30 cm vor der CD liegen die Flecken der 1. Ordnung 10,6 cm neben der Mitte. Bestimme die Wellenlänge.

10 Turbine ●●○

Du filmst das Turbinenrad (8 Schaufeln) mit 60 Bildern pro Sekunde. Bei welcher kleinsten Drehzahl scheint es stillzustehen?

11 Quiz aus dem Video – kreuze an ●○○

a) Luft → Wasser ☐ zum Lot hin ☐ vom Lot weg ☐ gar nicht

b) Gegenstand im Brennpunkt ☐ bei 2***f*** ☐ im anderen Brennpunkt ☐ nirgends

c) Gitter lenkt am stärksten ab ☐ Rot ☐ Grün ☐ Blau

d) +4 dpt ☐ 4 m ☐ 40 cm ☐ 25 cm

Lösungen

1 Brechung

sin α_2 = sin 60° : 1,5 = 0,577 → α_2 ≈ 35,3°

2 Diamant

c = 300 000 : 2,42 ≈ 124 000 km/s · sin α_g = 1 : 2,42 = 0,413 → α_g ≈ 24,4° · Der kleine Grenzwinkel sorgt dafür, dass Licht im Stein oft total reflektiert wird und erst nach mehreren Reflexionen oben austritt; die starke Dispersion fächert es zusätzlich in Farben auf.

3 Reelles Bild

1/***b*** = 1/10 − 1/30 = 2/30 → ***b*** = 15 cm · Massstab 15 : 30 = 0,5 · reell, umgekehrt, halb so gross

4 Virtuelles Bild

1/***b*** = 1/10 − 1/5 = −1/10 → ***b*** = −10 cm · negativ: virtuelles Bild auf der Gegenstandsseite, aufrecht, doppelt so gross (Lupe)

5 Beamer

Massstab 200 : 2 = 100 → ***g*** = 400 cm : 100 = 4 cm · 1/***f*** = 1/4 + 1/400 = 101/400 → ***f*** ≈ 3,96 cm

6 Dioptrien

a) ***f*** = 1 : 3 ≈ 0,33 m = 33 cm · b) ***D*** = 1 : (−0,5 m) = −2 dpt, Zerstreuungslinse für Kurzsichtige

7 Lupe und Mikroskop

25 cm : 5 cm = 5-fach · 60 · 10 = 600-fach

8 Gitter

d = 1 mm : 600 ≈ 1,667 µm · sin α_1 = 0,65 : 1,667 = 0,39 → 23,0° · sin α_2 = 0,78 → 51,3° · 3. Ordnung: sin = 1,17 > 1 → gibt es nicht

9 CD-Messung

tan α = 10,6 : 30 → α ≈ 19,5° · λ = 1,6 µm · sin 19,5° ≈ 0,534 µm ≈ 534 nm (grüner Laser: 532 nm)

10 Turbine

60 Schaufeln pro Sekunde : 8 = 7,5 Umdrehungen pro Sekunde = 450 U/min (auch bei Vielfachen davon)

11 Quiz

a) zum Lot hin b) nirgends c) Rot d) 25 cm