

Bachelor Elektrotechnik**Physik**

Prof. Dr. G. Sommerer
Beuth-Hochschule für Technik
SS 2011

Inhalt der Vorlesung

Modulnummer	BET 10
Titel	Physik Physics
Credits	4 Cr
Präsenzzeit	2 SWS SU + 1 SWS Ü
Lerngebiet	Fachspezifische Grundlagen
Lernziele / Kompetenzen	Die Studierenden verstehen die Grundgesetze physikalischer Vorgänge beachten die Regeln der physikalisch-technischen Ausdrucksweise kennen den Aufbau und die Regeln des SI-Einheitensystems können praxisnahe physikalische Aufgaben analysieren und lösen

Inhalt der Vorlesung

Inhalte	Mechanik (Kinematik und Dynamik) Schwingungen Wellen Optik Atomphysik
Literatur	Physik für Ingenieure, Hering/Martin/Stohrer Physik, Gerthsen/Kneser/Vogel
Weitere Hinweise	Dieses Modul wird auf Deutsch angeboten.

Inhalt der Vorlesung

- **Physik:**
 - **Mechanik (Kinematik und Dynamik)**
 - **Schwingungen**
 - **Wellen**
 - **Optik**
 - **Atomphysik**

Mechanik

1. **Kinematik:** Zeit, Länge, Geschwindigkeit und Beschleunigung mit der Bewegung von Körpern in Raum und Zeit
2. **Dynamik:** Zusammenhang dieser Bewegungen mit der Masse und den wirkenden Kräften

Länge

- ist eine physikalische Größe
- Formelzeichen: l oder s
- SI-Einheit: Meter m
- Definition: die Strecke, die Licht im Vakuum innerhalb von $1/299792458$ s durchläuft
- Ausdehnung physikalischer Objekte
- Abstand
- Beispiele: Tafel!

Zeit

- ist eine physikalische Größe
- Formelzeichen: t
- SI-Einheit: Sekunde s
- Definition: das 9192631770 –fache der Periodendauer der Strahlung des Übergangs des Hyperfeinstrukturniveaus des ^{133}Cs Nuklids
- Abfolge von Ereignissen
- eindeutige, unumkehrbare Richtung
- Vergangenheit \rightarrow Gegenwart \rightarrow Zukunft
- „vergeht wie im Flug“
- ereignisarme Zeiträume manchmal quälend lange
- Beispiele: \rightarrow Tafel!

Geschwindigkeit

- ist eine abgeleitete Größe
- Formelzeichen: $v = s/t$
- SI-Einheit: m/s
- Durchschnittsgeschwindigkeit $v = \Delta x / \Delta t$
- Momentangeschwindigkeit $v = dx/dt$

Fragen

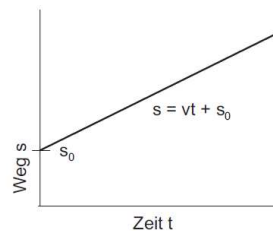
- **8. Rolle auf der schiefen Ebene**
- Eine Rolle mit der Masse $m = 1 \text{ kg}$ liegt auf einer schiefen Ebene, die den Winkel $\alpha = 30^\circ$ mit der Horizontalen einschließt.
- Berechnen Sie die Kraftkomponenten senkrecht (F_{\perp}) und parallel (F_{\parallel}) zur schiefen Ebene.

Antworten

- **8. Rolle auf der schiefen Ebene**
- Eine Rolle mit der Masse $m = 1 \text{ kg}$ liegt auf einer schiefen Ebene, die den Winkel $\alpha = 30^\circ$ mit der Horizontalen einschließt.
- Berechnen Sie die Kraftkomponenten senkrecht (F_{\perp}) und parallel (F_{\parallel}) zur schiefen Ebene.
- Für die Gewichtskraft gilt $F_g = mg$, und damit für
- $F_{\perp} = F_g \cos \alpha = mg \cos \alpha = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,866 = 8,5 \text{ N}$ und für
- $F_{\parallel} = F_g \sin \alpha = mg \sin \alpha = 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 = 4,905 \text{ N}$

Geschwindigkeit

- Beispiele: → Tafel
- Autofahrt Berlin → Hannover
- $v = \text{const.}$: $s = vt + s_0$ oder $v = \frac{s - s_0}{t}$



Beschleunigung

- ist eine abgeleitete Größe
- Formelzeichen: $a = v/t$
- SI-Einheit: m/s^2
- Durchschnittsbeschleunigung $a = \Delta v / \Delta t$
- Momentanbeschleunigung $a = dv/dt = dx/dt^2$

- Beispiel: → Tafel
- Beispiel: Erdbeschleunigung:

$$g = 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Masse

- ist eine Basis Größe
- Formelzeichen: m
- SI-Einheit: Kilogramm kg
- Definition: die Masse des Internationalen Kilogrammprototyps
- Beispiel: → Tafel

Kraft

- ist eine abgeleitete Größe
- Formelzeichen: $F = m \cdot a = m \cdot v/t$
- SI-Einheit: $N = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
- Beispiel: „1-Newton-Gefühl“
- $F = m \cdot g = 0,102 \text{ kg} \cdot 9,80665 \text{ m/s}^2 = 1,00 \text{ N}$

Gesetze

gleichf. Bewegung gleichf. Beschleunigung

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| • $s = vt + s_0$ | $s = s_0 + v_0 t + a/2 \cdot t^2$ |
| • $v = \text{const.}$ | $v = a \cdot t + v_0$ |
| • $a = 0$ | $a = \text{const.}$ |
| • $F = 0$ | $F = \text{const.}$ |

Gesetze

Newtonsche Axiome:

1. Ohne äußere Einwirkung verbleiben Körper in Ruhe oder in einer geradlinig gleichförmigen Bewegung
2. $F \sim m \times a$
3. actio = reactio

Versuch mit bewegten Bezugssystemen

- vektorielle Addition von Geschwindigkeiten
- $\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2 = \mathbf{v}_1$ für $\mathbf{v}_2 = \mathbf{0}$
- $\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2 = 2 \mathbf{v}_1$ für $\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_2$
- $\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2 = \mathbf{0}$ für $\mathbf{v}_1 = -\mathbf{v}_2$
- Dito für Beschleunigungen

Newtonsche Axiome

Beispiele

1. Fall in Ruhe / Fall im $v = \text{const}$ / Fall im beschleunigten System
→ Linear + Kreisbahn
 2. $F \sim m \times a$: weitere Versuche mit der Beschleunigungsbahn
→ Kreisbahn
 3. actio = reactio: prähistorisches Skateboard OK
- Versuche:
 - Fallröhre: Feder und Kugel, Stahl und Holzkugel auf Wagen
 - Freier Fall in beschleunigtem System

Schwingungen

- Schwingung und Welle
- Schwingung: periodisches Verhalten eines einzelnen Systems
- Welle: Kopplung von vielen schwingungsfähigen Systemen

Schwingungen

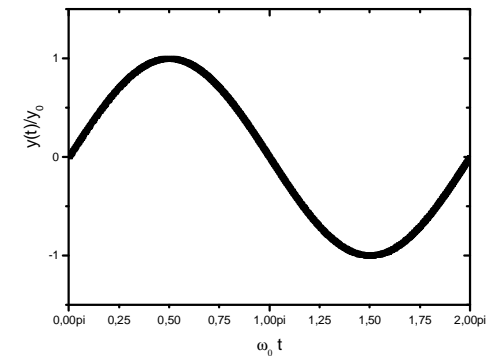
- Schwingung: periodisches Verhalten eines einzelnen Systems
- Schwingungsdauer T $[T] = \text{s}$
- Schwingungsfrequenz $f = 1/T$ $[f] = \text{s}^{-1} = 1 \text{ Hz}$

Schwingungen

- Schwingungsfrequenz $f = 1/T$
- Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$
- Phasenwinkel $\varphi = \omega t$
- → Bild an der Tafel:
Kreis und Entwicklung von sin / cos Fkt.

Schwingungen

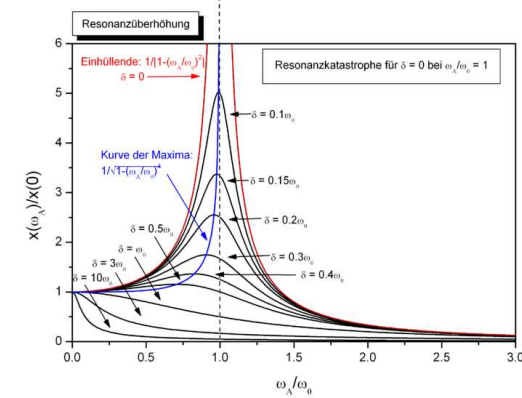
- $y(t) = y_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$



Versuch: Pohl'sches Rad

- Anregung mit zunehmender Frequenz
- Wie verhält sich die Amplitude $y = y(\omega)$?
- Resonanz?
- Phasenverschiebung? $\varphi = ?$

Schwingungen: Resonanzkurve



• Quelle: Wikipedia

Schwingungen

- **Eigenfrequenz**
 - <http://de.wikipedia.org/wiki/Eigenfrequenz>
- **Resonanzkatastrophe**
 - <http://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs>
 - <http://www.youtube.com/watch?v=j-zczJXSxnw>

Fragen

1 Ein Elektromobil beschleunigt in 6 Sekunden auf 100km/h.

Wie groß ist die mittlere Beschleunigung im Vergleich zum freien Fall?



Fragen

2 Der Prinz lässt seine goldene Kugel in den Brunnen fallen und hört es nach 2 Sekunden „platschen“. Wie tief ist der Brunnen?

3 Aus welcher Höhe muss man einen Crash-Test Dummy zu Boden fallen lassen, wenn man den Aufprall mit 50 km/h simulieren will?

Fragen

4 Ein Auto beschleunigt in 6 s von 12 m/s auf 25 m/s.

Wie groß ist die Beschleunigung?

Welche Strecke legt das Auto in dieser Zeit zurück?

Lösungen

1

$$v = a t \rightarrow a = v/t = 100 \text{ km/h} / 6 \text{ s} \sim 30 \text{ m/s} / 6 \text{ s} = 5 \text{ m/s}^2 = \frac{1}{2} g$$

2

$$s = a/2 t^2 = \frac{1}{2} 9,81 \text{ m/s}^2 4 \text{ s}^2 = 19,62 \text{ m}$$

3

$$s = \frac{1}{2} g t^2, \text{ mit } v = g t \text{ folgt } t = v/g \text{ und damit } s = \frac{1}{2} g (v/g)^2 = v^2/2g$$

(alternativ mit Energieerhaltung: $mgh = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow h = v^2/2g$)

4

$$v = a t \rightarrow a = v/t = (v_2 - v_1)/t = (25 \text{ m/s} - 12 \text{ m/s})/6 \text{ s} = 13 \text{ m/s} / 6 \text{ s} = 13/6 \text{ m/s}^2$$

$$s = \frac{1}{2} a t^2 + v_1 t = \frac{1}{2} 13/6 \text{ m/s}^2 36 \text{ s}^2 + 12 \text{ m/s} 6 \text{ s} = 39 \text{ m} + 72 \text{ m} = 111 \text{ m}$$

Fragen

5 Ein stehendes Polizeiauto nimmt die Verfolgung eines mit konstanten 110 km/h zu schnell fahrenden Autos in dem Moment auf, in dem das Auto am Polizeiauto vorbeifährt. Nach 700 m hat die Polizei das Auto eingeholt. Angenommen, die Polizei hat konstant beschleunigt:

Wie groß war die Beschleunigung?

Wie lang hat die Aufholjagd gedauert?

Mit welcher Geschwindigkeit erreicht das Polizeiauto das andere Auto?

Lösungen

5

$$1) s = vt; \rightarrow t = s/v \quad 2) s = \frac{1}{2} a t^2; a = 2s/t^2 \quad 3) v_{\text{pol}} = at = 2s/t^2 \times s/v = 2s/(s/v)^2 \times s/v = 2s/(s/v) = 2v$$

Inhalt der Vorlesung: 3. Doppelblock

- **Physik:**

- **Mechanik (Kinematik und Dynamik)**
 - Versuche zu den Newton'schen Axiomen
 - Rechenübungen
- **Schwingungen**
- **Wellen**
- **Optik**
- **Atomphysik**

Schwingungen

- Schwingung und Welle
- Schwingung: periodisches Verhalten eines einzelnen Systems
- Welle: Kopplung von vielen schwingungsfähigen Systemen

Versuch: Pohl'sches Rad

- Anregung mit zunehmender Frequenz
- Wie verhält sich die Amplitude $y = y(\omega)$?
- Resonanz?
- Phasenverschiebung? $\varphi = ?$

Wellen

- Brainstorming:
- Welche Wellen kennen Sie

Wellen

- Tonfrequenzgenerator
- Loch- und/oder Zahnradsirene
- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1B/Motorsirene_-_Feuerwehralarm.ogg

Wellen

- Schwingende Saite
- Seilwellengerät

Fragen ?

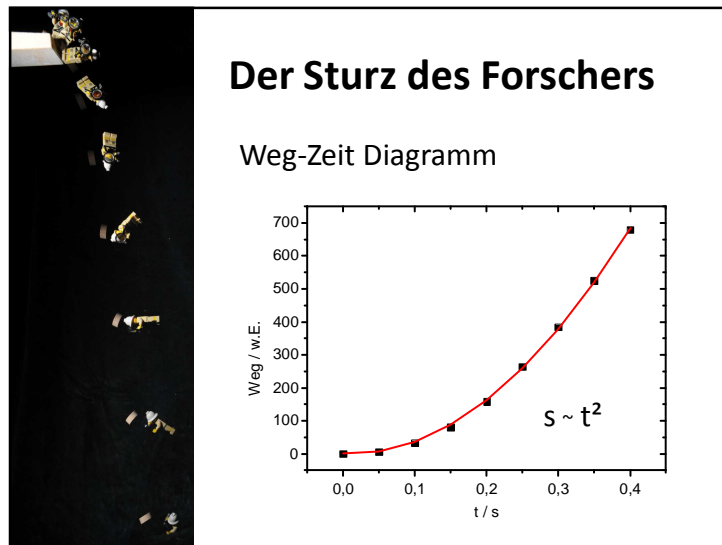
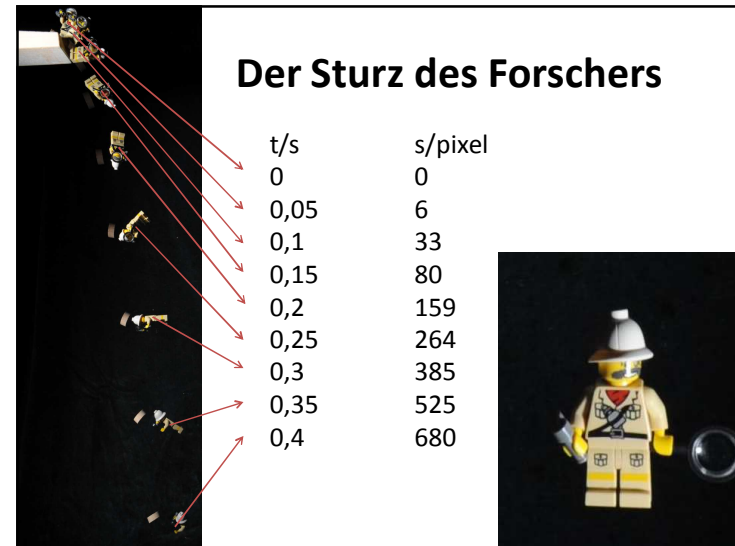
Jedes Mal, wenn Du alle
Antworten gelernt hast,
ändern sich die Fragen.

Energie

- Schwingung → Pendel →
 - Potentielle Energie
 - Kinetische Energie

Der Sturz des Forschers







Der Sturz des Forschers

- Potentielle Energie: $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$
- Kinetische Energie: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$



Energie

- Potentielle Energie: $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$
- Kinetische Energie: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- Für die Einheit der Energie gilt:
[E] = J = Ws .

Leistung

- Die Leistung P ist die verrichtete Arbeit pro Zeitintervall

$$P = \Delta W / \Delta t$$

- Für die Einheit der Leistung gilt:
[P] = J/s = W = Watt.

Fragen

- **6.** Ein Fahrzeug der Masse 1400 kg wird in 10 s aus dem Stand auf 50 km/h beschleunigt.
 - Wie groß ist die Antriebskraft?
 - Wie hoch ist der Hügel, den das Auto maximal und ohne weitere Motorkraft hinauf rollen kann?
- **7.** Wie hoch ist der Hügel, den eine Lokomotive ($m = 85000 \text{ kg}$) mit 50 km/h maximal und ohne weitere Motorkraft hinauf rollen kann?

Antworten

- 6. Ein Fahrzeug der Masse 1400 kg wird in 10 s aus dem Stand auf 50 km/h beschleunigt.
 - Wie groß ist die Antriebskraft?
 - Wie hoch ist der Hügel, den das Auto maximal und ohne weitere Motorkraft hinauf rollen kann?
- 6. Bekannt: $m = 1400 \text{ kg}$; $t = 10 \text{ s}$; $v = 50 \text{ km/h} = 13,89 \text{ m/s}$
- Die Kraft beträgt $F = ma = mv / t = 1400 \text{ kg} * 13,89 \text{ m/s} / 10 \text{ s} = 1944,6 \text{ kg m/s}^2 = 1944,6 \text{ N}$.
- $mgh = \frac{1}{2} mv^2$, \rightarrow
 $h = \frac{1}{2} v^2 / g = \frac{1}{2} 13,89^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 / 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,83 \text{ m}$

Fragen

- 9. Energie und Leistung
- Eine PC hat eine Leistung von $P = 150 \text{ W}$. Was kostet sein Betrieb in einer Woche bei einem Preis von 0,21 €/kWh?

Antworten

- 9. Energie und Leistung
- Eine PC hat eine Leistung von $P = 150 \text{ W}$. Was kostet sein Betrieb in einer Woche bei einem Preis von 0,21 €/kWh?
- Die umgesetzte Energie ist $W = Pt = 150 \text{ W} \times 24 \text{ h} \times 7 = 25200 \text{ Wh} = 25,2 \text{ kWh}$.
 Die Kosten betragen $25,2 \text{ kWh} \times 0,21 \text{ €/kWh} = 5,29 \text{ €}$.

Fragen

10. Einstein fällt in 0,3 s an einem 2 m hohen Fenster vorbei. Aus welcher Höhe über der Fensteroberkante wurde er fallen gelassen?

Antworten

10. Einstein fällt in 0,3 s an einem 2 m hohen Fenster vorbei. Aus welcher Höhe über der Fensteroberkante wurde er fallen gelassen?

$$h = \frac{1}{2} g t_1^2, v_0 = g t_1, t_1 = v_0 / g; \Rightarrow h = v_0^2 / 2g$$

$$h = ? \quad s = v_0 t_{\text{Fall}} + \frac{1}{2} g t_{\text{Fall}}^2, \Rightarrow v_0 = s / t_{\text{Fall}} - \frac{1}{2} g t_{\text{Fall}}$$

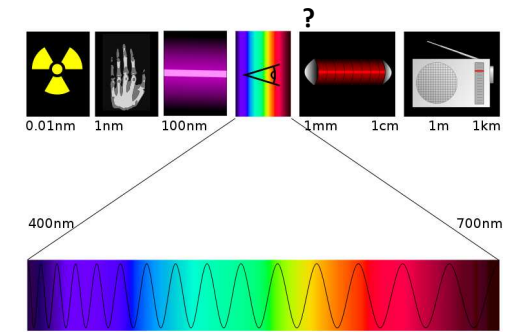


$s = 2 \text{ m},$
 $t_{\text{Fall}} = 0,3 \text{ s}$

$$\Rightarrow h = [s / t_{\text{Fall}} - \frac{1}{2} g t_{\text{Fall}}]^2 / 2g$$

$$= 1,38 \text{ m} \dots$$

Was ist Licht?

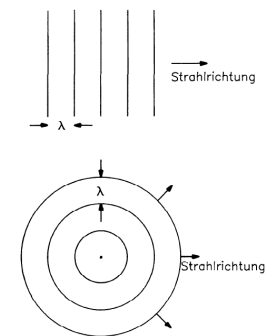


Optik

- **Geometrische Optik**
 - Reflexion und Brechung
 - Hohlspiegel
 - Auge
 - Photoapparat
 - Projektor
 - Fernrohr
 - Mikroskop

Lichtwellen

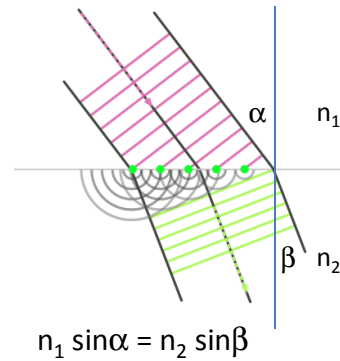
- Huygenssches Wellenmodell
- → Tafel!
- Ausbreitung \perp zur Wellenfront



aus Eichler, Laser

Lichtwellen

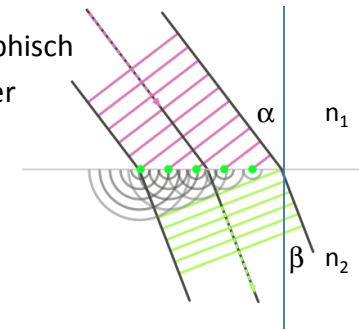
- Huygenssches Wellenmodell
- → Tafel!
- Ausbreitung \perp zur Wellenfront
- → Brechung



Lichtwellen

- Aufgabe: Leiten Sie graphisch das Brechungsgesetz her

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

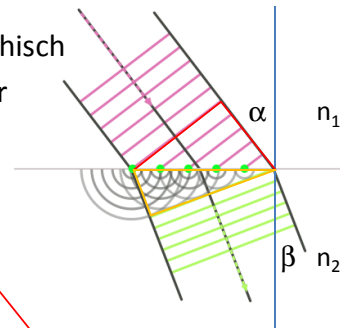
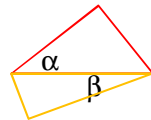


Lichtwellen

- Aufgabe: Leiten Sie graphisch das Brechungsgesetz her

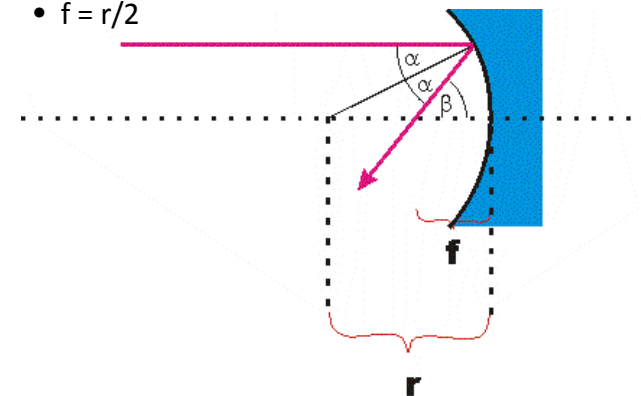
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

Hinweis:



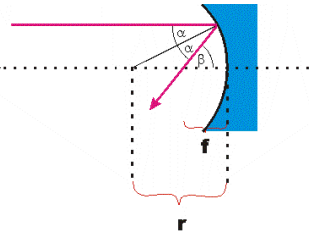
Hohlspiegel

- $f = r/2$



Hohlspiegel

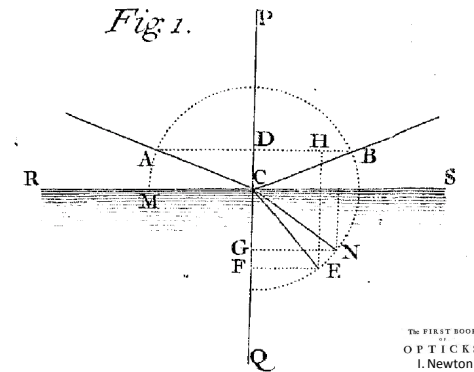
- Aufgabe:
- Konstruktion des Bildes y'
- Gegenstand y bei $2r$
- → Experimente



Optik

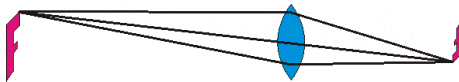
- Reflexion und Brechung

Fig 1.



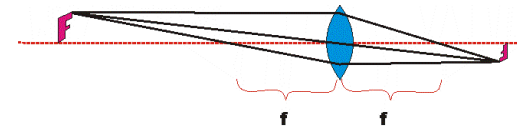
Optik

- Geometrische Optik: Linse



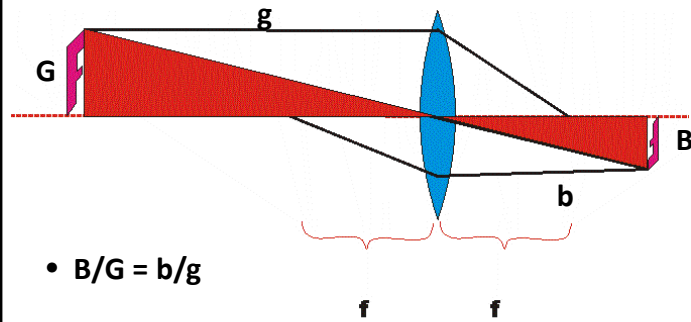
Optik

- Geometrische Optik: Linse



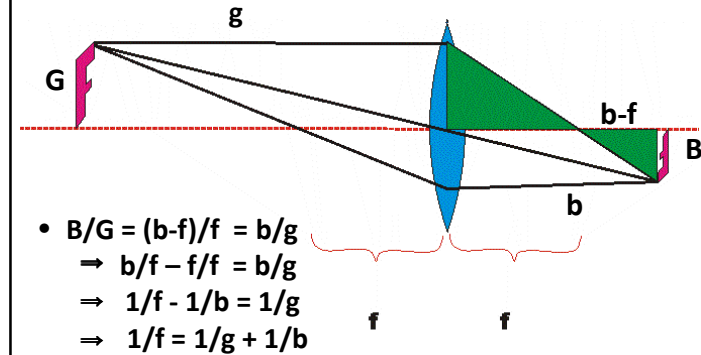
Optik

- Geometrische Optik: Linse



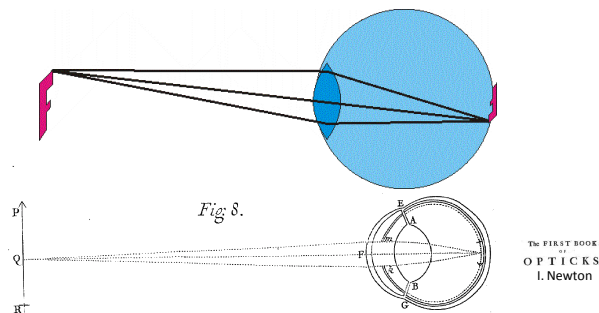
Optik

- Geometrische Optik: Linse



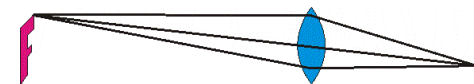
Optik

- Geometrische Optik: Auge

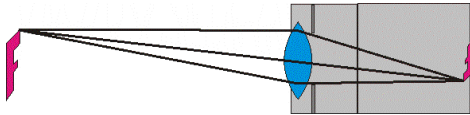


Optik

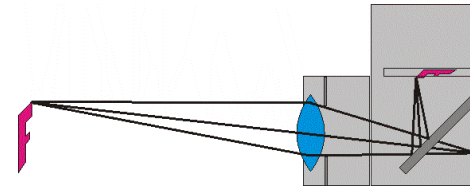
- Geometrische Optik: Fotoapparat



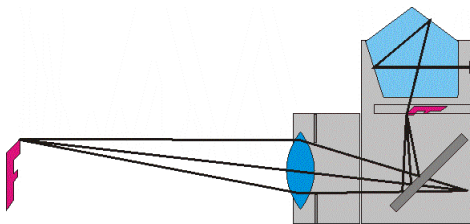
- Geometrische Optik: Fotoapparat



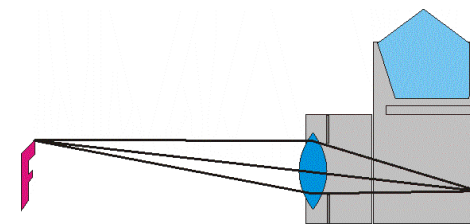
- Geometrische Optik: Fotoapparat



- Geometrische Optik: Fotoapparat

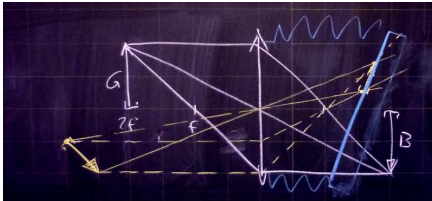


- Geometrische Optik: Fotoapparat

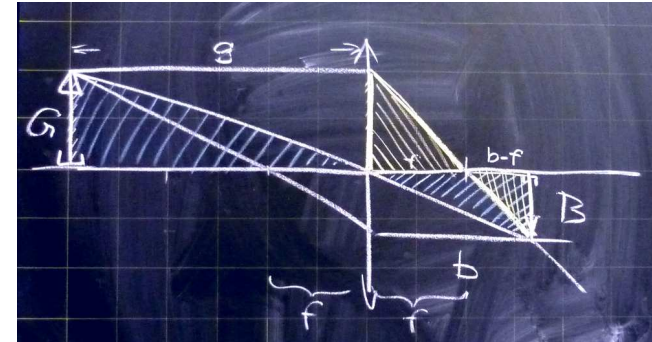


Optik

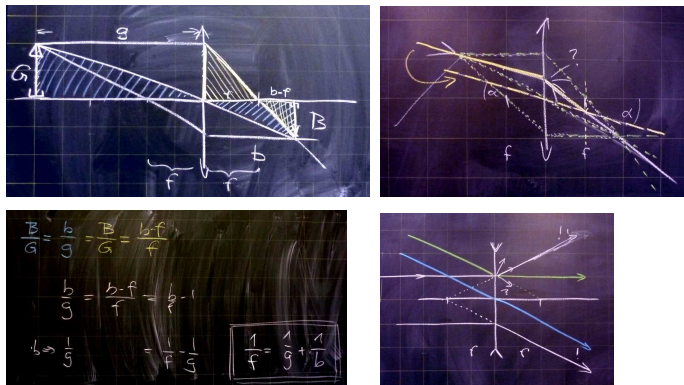
- Geometrische Optik: Fotoapparat
- → Beispiel!



Optik



Optik



Optik

- Geometrische Optik: Projektor

Optik

- Geometrische Optik: Fernrohr

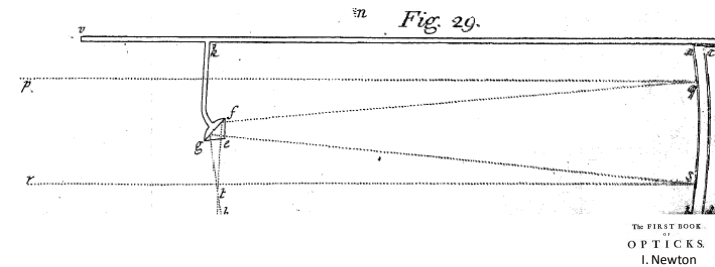
- Kepler

- Galilei

Optik

- Geometrische Optik: Fernrohr

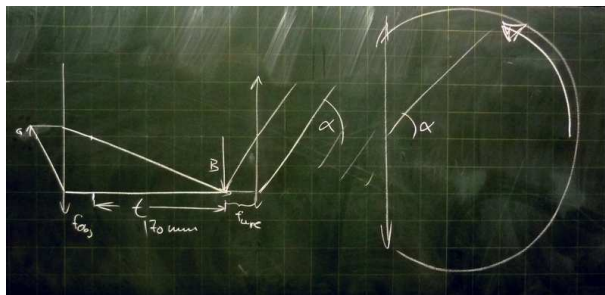
- Newton <http://www.youtube.com/watch?v=LRKh9AoBSHo&NR=1>



Optik

- Geometrische Optik: Mikroskop

- http://www.youtube.com/watch?v=m1R_BNDRSBM

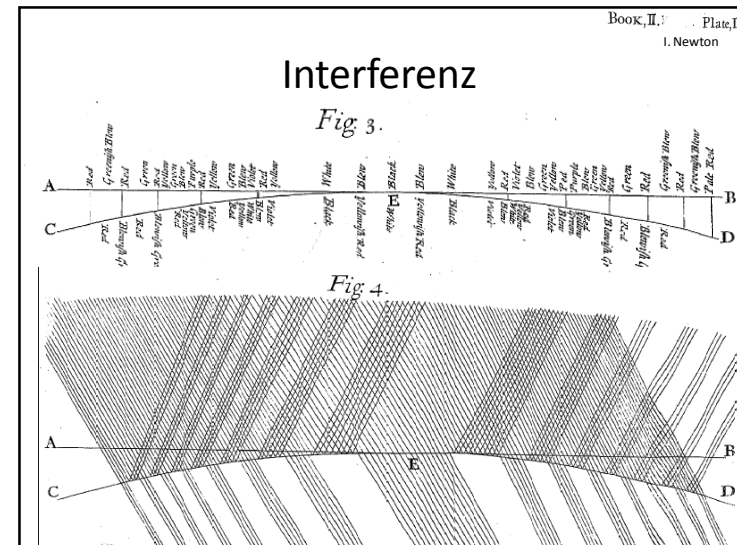


Optik

- Wellenoptik
 - Kohärenz
 - Interferenz
 - Beugung
 - Holographie
- Quantenoptik
 - Laser, Lasertypen

Interferenz

- Tafel!
- $\sin x + \sin x$



Aufgabe

- **Der Strahl eines He-Ne Lasers ($\lambda = 633 \text{ nm}$) trifft unter 45° auf die Oberfläche einer Flüssigkeit, wobei er von der Einfallsrichtung um 15° abknickt.**

Wie groß ist die Brechzahl?

Wie groß sind Lichtgeschwindigkeit, Frequenz und Wellenlänge in der Flüssigkeit?

Lösung

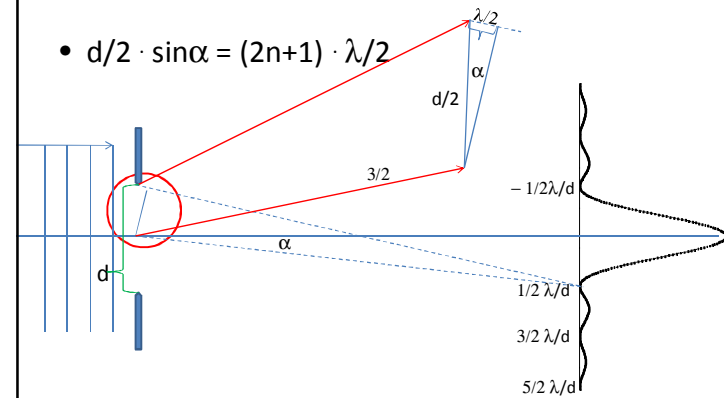
- Der Strahl eines He-Ne Lasers ($\lambda = 633 \text{ nm}$) fällt unter 45° auf die Oberfläche einer Flüssigkeit, wobei er von der Einfallsrichtung um 15° abknickt.
Wie groß ist die Brechzahl? Wie groß sind Lichtgeschwindigkeit, Frequenz und Wellenlänge in der Flüssigkeit?
- $n_2 = n_1 \sin \epsilon_1 / \sin \epsilon_2 = 1,4142$
(mit $n_1 = 1$, $\epsilon_1 = 45^\circ$ und $\epsilon_2 = 45^\circ - 15^\circ$).
- Lichtgeschwindigkeit : $c = c_0 / n_2 = 2,121 \cdot 10^8 \text{ m/s}$,
Frequenz: $f = c_0 / \lambda = 4,739 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.
- Die Frequenz bleibt unverändert. WARUM?
- Die Wellenlänge nimmt ab: $\lambda_2 = \lambda / n_2 = 448 \text{ nm}$.

Optik

- Wellenoptik
 - Kohärenz
 - Interferenz
 - Beugung
 - Holographie
- Quantenoptik
 - Laser, Lasertypen

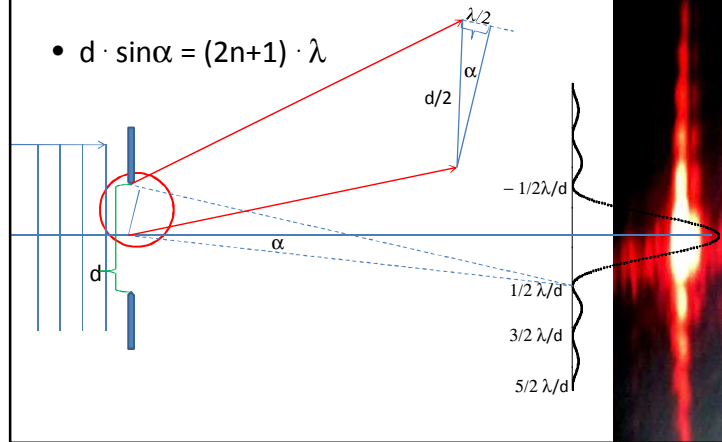
Beugung am Spalt

$$\bullet \frac{d}{2} \cdot \sin \alpha = (2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$



Beugung am Spalt

$$\bullet d \cdot \sin \alpha = (2n+1) \cdot \lambda$$



Atomphysik

- Aufbau der Materie
- Atommodelle

Atomphysik

• Aufbau der Materie

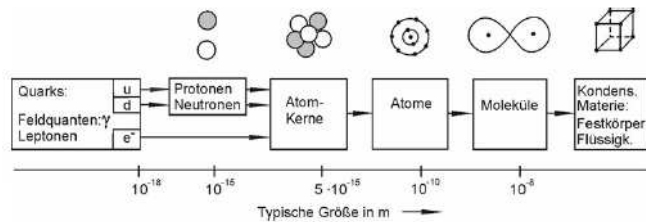


Bild 10-1 Aufbau der Materie aus Quarks, Nukleonen und Elektronen, Kernen, Atomen, Molekülen und Festkörpern

Aus Eichler, Physik Grundlagen Ingenieurstudium

Atomphysik

• Atom

– Kern: Nukleonen	Masse/kg	Ladung/C
• Positronen	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$
• Neutronen	$1,67496 \cdot 10^{-27}$	-
– Hülle:		
• Elektronen	$9,1095 \cdot 10^{-31}$	$-1,602 \cdot 10^{-19}$

• Ordnungszahl $Z = \# e's$

• Massenzahl $A = \# \text{ Nukleonen im Kern, } A = N+Z$

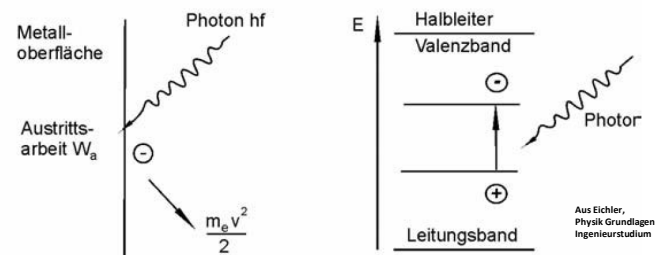
Atomphysik

• Photoeffekt $E = hf = \frac{1}{2} m_e v^2 + W_a$

$$- h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

a) äußerer

b) innerer Photoeffekt



Aus Eichler,
Physik Grundlagen
Ingenieurstudium