

Klassische Physik 1

WS 2014/15

Johannes Bümer



v27 05. Februar 2015

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



1. Einführung

- 1.1. Was ist Physik?
- 1.2. Physikalische Größen und Einheiten
- 1.3. Messungen, Datenauswertung, Fehler

2. Klassische Mechanik

- 2.1. Kinematik der Massenpunkte
- 2.2. Dynamik der Massenpunkte
- 2.3. Systeme von Massenpunkten
- 2.4. Rotation

3. Gravitation

- 3.1. Gravitationsgesetz
- 3.2. Feld und Potential

3.3. Planetenbahnen: Kepler

3.4. Massenverteilungen

3.5. Dunkle Materie

4. Relativistische Mechanik

4.1. Bezugssysteme und Transformationen

4.2. Spezielle Relativitätstheorie

4.3. Relativistische Kinematik

5. Feste Körper und Flüssigkeiten

5.1. Feste Körper

5.2. Hydrostatik und Hydrodynamik

6. Schwingungen und Wellen

6.1. Schwingungen

6.2. Wellen

Klausur

- 19. Februar 2015, 8:00 – 10:00 Uhr
- Orte: Hörsaal am Fasanengarten (Geb. 50.35),
Daimler-Hörsaal (Geb. 10.21),
Hörsaal Neue Chemie (Geb. 30.46)
(genaue Aufteilung wird noch bekannt gegeben)
- Keine Hilfsmittel (Aufgaben kopfrechenbar)
- Anmeldung: <https://studium.kit.edu>
 1. Vorleistung: **bis 6. Februar**
(Ein paar Tage warten bis Bestätigung eintrifft,
spätestens 8. Februar sollte Bestätigung da sein)
 2. Klausur: **bis 12. Februar**
(Geht nur nachdem Vorleistung bestätigt wurde)

Zusammenfassung v26

Viskosität η : Scherkraft F zwischen Flächen A im Abstand d , um eine Geschwindigkeit v zu erzielen: $F = \eta v A / d$

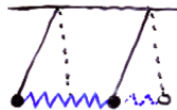
Druckabfall: $\Delta P = \dot{V} R$; **R Strömungswiderstand** in Rohr der Länge L , Radius r : $R = 8\eta L / (\pi r^4)$

Reynoldszahl: $Re = 2rpv/\eta$
 $Re < 2000$ laminar, über 3000 turbulent

Luftwiderstand $F_L = (1/2) c_w \rho A v^2$

Gekoppelte Schwingungen

$$\omega_1^2 = \frac{D}{m}, \quad \omega_n = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

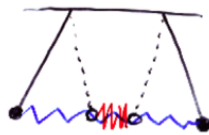


gleiche Phase,
Feder hat
keine Wirkung

Rückstellgrößen:
Gravitation: $D = mg/L$
Feder: D^*

$$\omega_2^2 = \frac{D + 2D^*}{m}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{D + 2D^*}{m}}$$



gegenphasige
Schwingung

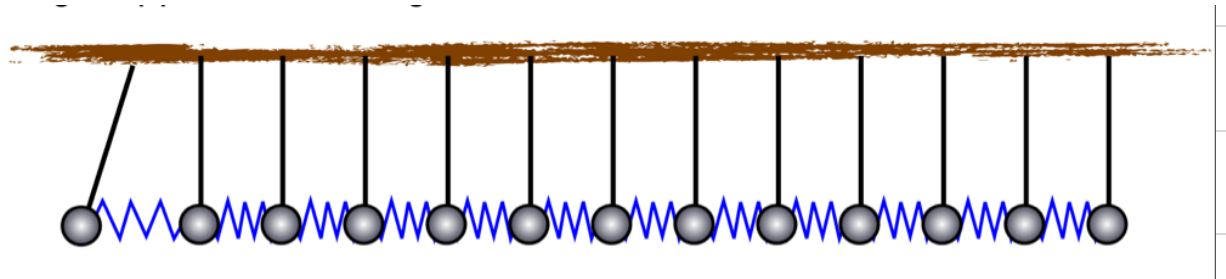
→ gleich:
„Kontinuumübergang“

eng gefasster Ansatz liefert "nur" die beide Moden.

⇒ verschiedene Amplituden und Frequenzen zulassen:

$$\begin{cases} x_1(t) = x_{11} e^{i\omega_1 t} + x_{12} e^{i\omega_2 t} \\ x_2(t) = x_{21} e^{i\omega_1 t} + x_{22} e^{i\omega_2 t} \end{cases}$$

zeitl. Entwicklung: Versuche...



analog für Federpendel: The diagram shows a horizontal spring pendulum. It consists of two blue rectangular masses connected by three red springs. The left end of the first spring is attached to a fixed vertical wall, and the right end is attached to the first mass. The right end of the second spring is attached to the first mass, and the left end is attached to the second mass. The right end of the third spring is attached to the second mass, and the left end is attached to another fixed vertical wall. Below each of the three red springs, the label D^* is written in red ink.

entspricht Federpendel mit $D = D^*$

$$\hookrightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{D}{m}} = \omega_- \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{3D}{m}} = \omega_+ = \sqrt{3} \omega_-$$

Versuch m. 3 Massen & period. Anregung

Resonanz $\hookrightarrow$ 3 markante Schwingungsmoden

"Schwache Kopplung" $D^* \ll D$

$$\text{dann ist } \omega_2/\omega_1 = \sqrt{\frac{D+2D^*}{D}} = \sqrt{1 + \frac{2D^*}{D}} \approx 1 + \frac{D^*}{D}$$

$$\omega_2 - \omega_1 \approx \omega_1 \frac{D^*}{D} \ll \omega_1$$

Addition von Schwingungen

a) gleiche Frequenzen $x_1 = \underline{A} \cdot \sin(\underline{\omega t})$ $x_2 = \underline{B} \sin(\underline{\omega t} + \underline{\varphi})$

$$x_1 + x_2 = ?$$

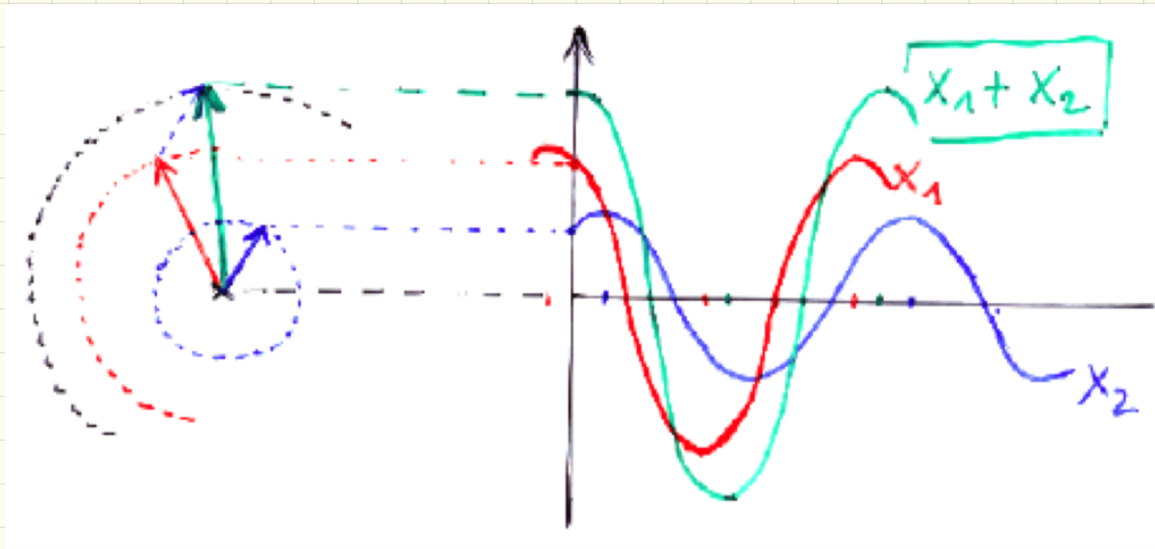
"Komplex ist einfacher"

$$A e^{i\omega t} + B e^{i(\omega t + \varphi)} = A e^{i\omega t} + B \cdot e^{i\omega t} \cdot e^{i\varphi}$$
$$= \underbrace{(A + B e^{i\varphi})}_{C} \cdot e^{i\omega t}$$

C neue Amplitude
mit Phase φ

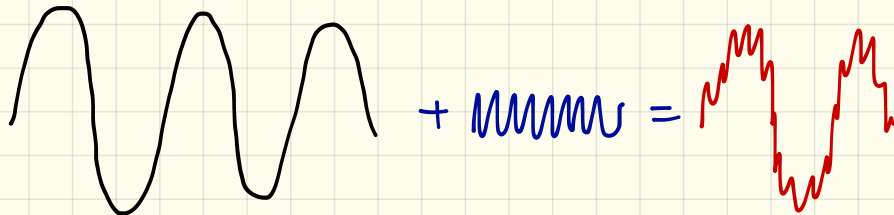
Freq. ändert sich nicht

Zeigerdiagramm



↖ einf.
↖ allg. Fall:

b)



harm. Schwing. = 1 Freq., lin. Rückstellkraft

c) sehr ähnliche Frequenzen

$\omega_1 \approx \omega_2$, gleiche Amplituden $X_{01} = X_{02} = X_0$, $\varphi = 0$

$$X = X_1 + X_2 = X_0 (\sin \omega_1 t + \sin \omega_2 t)$$

$$= 2X_0 \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right) \cdot \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right) \quad \text{Add. Theoreme}$$

$$X = \underbrace{2X_0}_{\text{"schnell"}} \cdot \underbrace{\sin(\omega_m t)}_{\text{"langsam"}} \cdot \cos\left(\frac{\Delta\omega}{2} t\right), \quad \omega_m = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

mittlere Freq.

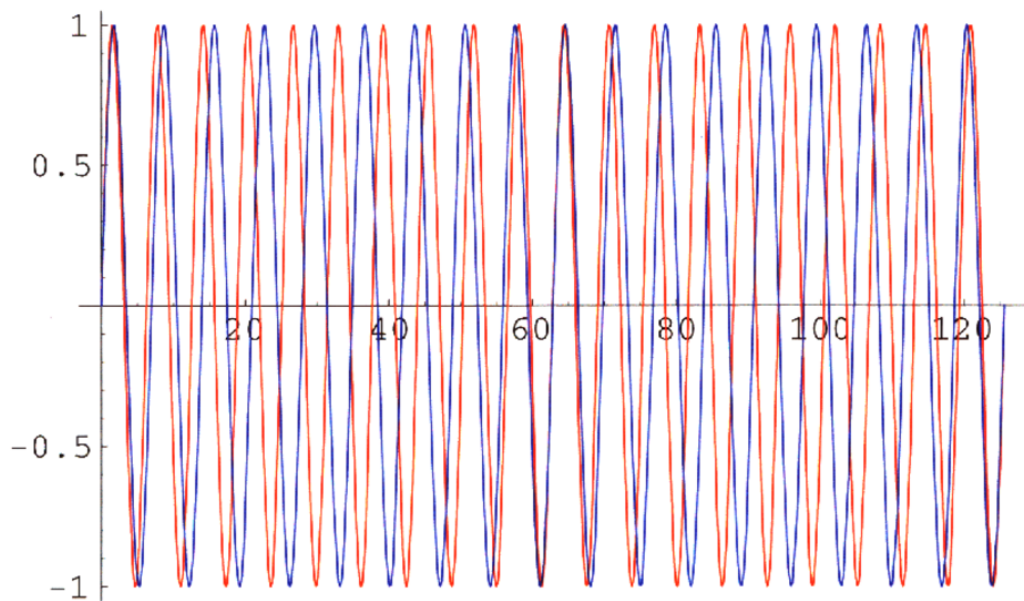
Amplitude
verdoppelt
sich

Schwingung
mit der
mittleren
Frequenz

multipliziert
"moduliert"
mit halber
Diff.- Freq.

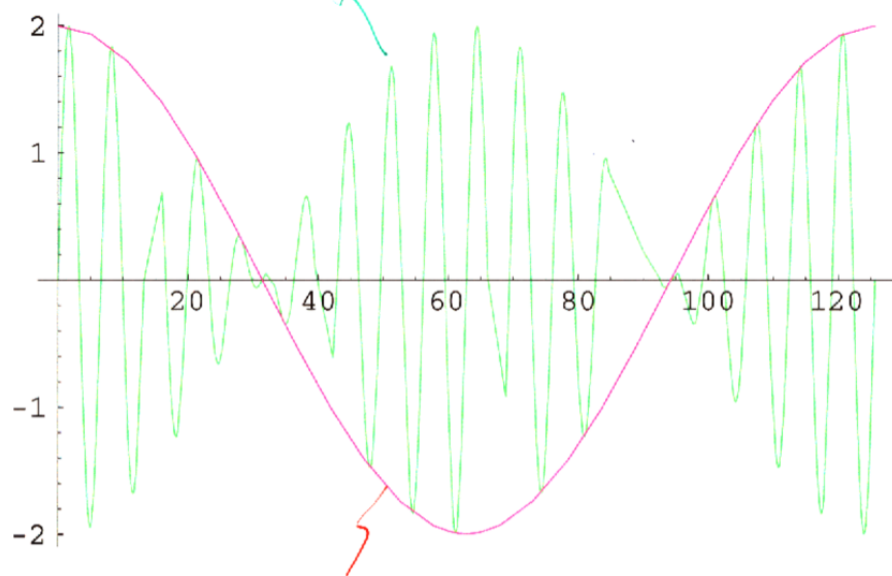
$\Delta\omega = \text{Differenz}$
der Frequenzen

$\sin(x)$
 $\sin(0.9 \cdot x)$ } Schwingungen mit ähnlicher
Frequenz



Schwebung

$$\sin(x) + \sin(0.9x)$$



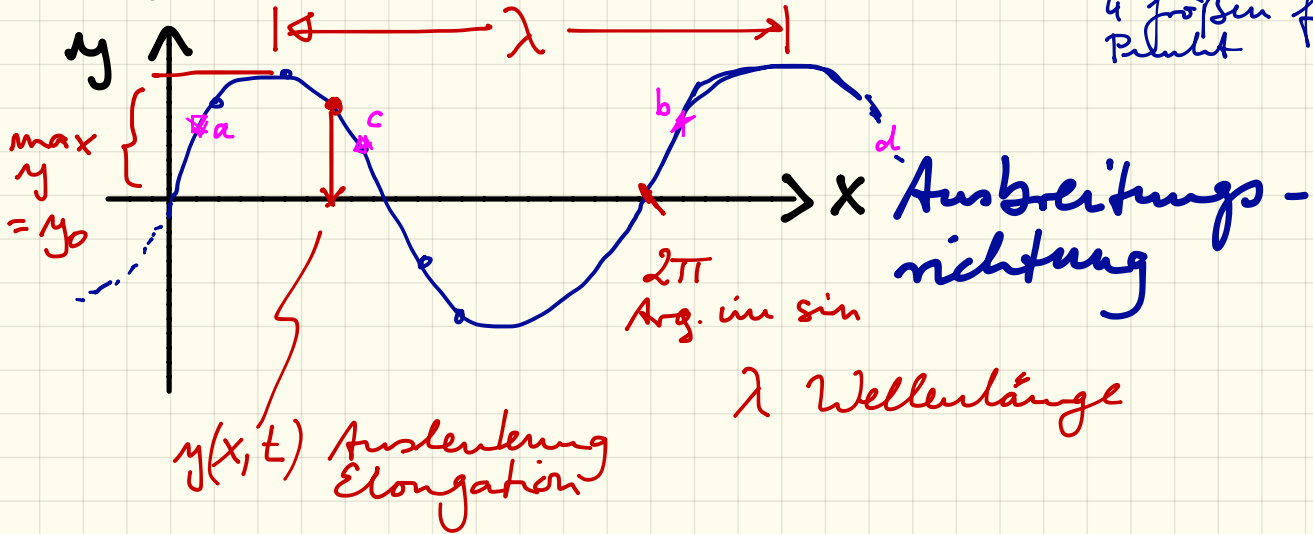
$$2 \cdot \sin(0.05x) \text{ phasenverschoben um } \pi/2 \\ = 2 \cos(0.05x)$$

Beschreibung von Wellenphänomenen

1 schwingender Masspunkt : $x(t)$

→ 3-dim. + zeitl.
variable
Schwingungszustand
 $x(t), y(t), z(t), t$
4 Größen f. jeden
Punkt

Augenblicksbild :



Frequenz f , Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$

Amplitude y_0 ; Phase φ

λ = Entfernung von 2 schwingenden Teilchen, die sich aufeinanderfolgend im gleichen Schwingungszustand befinden

$\varphi_2 = \varphi_1 + n \cdot 2\pi$ Phasen = nach Größe und Richtung

Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = f \cdot \lambda$ Geschwindigkeit des Energietransports

Longitudinalwellen ./. Transversalwellen

qual. Demonstration ...