Phy 1

1/5

gl. f. Bewegung $s = s_0 + vt$ $v = \frac{ds}{dt}$ $a = 0$

gl. f. beschl. Bewegung $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ $v = v_0 + a \cdot t$ $a = \frac{dv}{dt}$ $v = \sqrt{2as}$

Drehbewegung $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$ Anzahl Umdrehungen $U = \frac{\varphi}{2\pi}$ Drehzahl $n = \frac{\omega}{2\pi}$

Bahn- & Winkelgrößen $s = \varphi r$ $v = \omega r$ $a = \alpha r$ $a_r = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ Radialbeschl.

gl. f. Drehbewegung $\varphi = \varphi_0 + \omega t$ $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$

gl. f. beschl. Drehbewegung $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$ $\omega = \omega_0 + \alpha t$ $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ $\omega^2 = 2\alpha\varphi$

geradlinige Bewegung $F = ma$ $ma = \underbrace{F_H}_{\text{Hangabtriebskraft}} - \mu \underbrace{F_N}_{\text{Normalkraft}} = mg(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)$  $\mu_H > \mu_G$

Kräfte $F_{el} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ $F_{Feder} = Ds$ $F_x = \mu_x \cdot mg$ $\mu_H = \tan\alpha$

Reibung in Flüssigkeiten $F_S = K \cdot \eta \cdot v$ für Kugel $K = 6\pi r$ ... in Gasen/turbulenten Flüssigkeiten $F_L = \frac{1}{2} c_W \cdot A \cdot \rho_L v^2$ Strömungswiderstand

Radial-/Zentripetalkraft $F_r = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$ Zentrifugalkraft $\overset{\text{Trägheitskraft}}{F_Z} = -\frac{mv^2}{r} = -m\omega^2 r$

$G = 6{,}673 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$ Gravitationskraft $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ Reibungskraft $F_R = \mu F_N$ Kraftstoß $F = \Delta p / \Delta t$ $M = \frac{dL}{dt}$

Arbeit $W = \int F \cdot ds = \int M \cdot d\varphi = F \cdot s \cdot \cos\theta$ Reibungsarbeit $F_R \cdot s = \mu F_N \cdot s$

$\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$ Energie $E_{Kin} = \frac{mv^2}{2} = \frac{J\omega^2}{2}$ $E_{pot} = mgh$ $E_{pot,Feder} = \frac{1}{2} Ds^2 = \frac{mg}{2\ell} s^2$ $E_{pot,el} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r}$

Impuls $p = mv$ $\Delta p = F \cdot dt$ Drehimpuls $L = J\omega$

Stoß: elastisch $u_1 = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ unelastisch $u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$

Leistung $P = \frac{dW}{dt} = Fv = M\omega = \frac{E}{t}$

abgeschlossenes System: Σ (Energie, Impuls, Drehimpuls) = const

Drehmoment $M = J\alpha = r \times F = r \cdot F \cdot \sin\theta$ Satz v. Steiner $J_A = J_S + ms^2$

Schwingungsgleichung $\ddot{\varphi} = \alpha = \frac{-D}{J} \cdot \varphi$

alternativ $J = \frac{1}{2} m (r_a^2 + r_i^2)$

Trägheitsmomente: Pkt-masse; $\overset{\text{Kreisring}}{\text{Hohlzylinder}}$ $J = mr^2$ Zylinder $J = \frac{1}{2} mr^2$

ausgedehnte Körper $J = \int r^2 dm$ Kugel $J = \frac{2}{5} mr^2$ Stab, rechteckige Platte $J = \frac{1}{12} m\ell^2$

Schwerpunkt $x_S = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$ 

Schwingungen $x(t) = x_0 \cdot \cos(\omega t)$ $v(t) = -x_0 \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$ $a(t) = -x_0 \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t)$

Phy 1

2/5

Schwingungsgleichung $x(t)=\hat{x}\cdot\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$ $T=\frac{2\pi}{\omega_0}$ $\left(\frac{x}{\hat{x}}\right)^2+\left(\frac{y}{\hat{y}}\right)^2=\cos^2\omega t+\sin^2\omega t=1$

Pendel $T_{phys}=2\pi\sqrt{\frac{J_A}{mgs}}$ $T_{math}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ $T_{Feder}=2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$ $T=2\pi\sqrt{\frac{2\pi}{\omega}}$

Überlagerung $x_1+x_2=\hat{x}\{\cos(\omega_1 t+\varphi_1)+\cos(\omega_2 t+\varphi_2)\}=\underbrace{2\hat{x}\cdot\cos\left(\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}\right)}_{\text{neue Amplitude}}\cdot\cos\left(\omega t+\underbrace{\left(\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}\right)}_{\text{neue Phase}}\right)$

Add.-theorem $x_1+x_2=\cos\alpha_1+\cos\alpha_2=2\cos\frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}\cdot\cos\frac{\alpha_1-\alpha_2}{2}$

Schwebung: *Überlagerung 2er Wellen mit fast identischer Frequenz bzw. Wellenlänge*

Schwebungsdauer $T_S=\frac{1}{\Delta f}=\frac{2\pi}{\Delta\omega}$ *mittlere Frequenz* $\omega=\frac{\omega_1+\omega_2}{2}$

Energiebilanz bei Schwingungen $E=\frac{1}{2}m\omega^2\hat{x}^2$

gedämpfte Schwingung (Start bei max. Auslenkung) $\delta=\frac{K}{2m}$ Kreisfrequenz ohne Reibung

$x=\hat{x}\cdot e^{-\delta t}\cdot\cos(\omega t+\varphi_0)$ $m\ddot{x}+K\dot{x}+D=0$ $\omega=\sqrt{\omega_0^2-\delta^2}=\sqrt{\frac{D}{m}-\left(\frac{K}{2m}\right)^2}$

- schwache Dämpfung $(K<2\pi\sqrt{mD})$: $x=\hat{x}\cdot e^{-\delta t}\cdot e^{i\omega t}$
- Kriechfall $(K>2\pi\sqrt{mD})\rightarrow\delta\overset{=\omega_0}{=}\sqrt{\frac{D}{m}}$: $x=\hat{x}\cdot e^{-(\delta\pm\sqrt{\delta^2-\omega_0^2})t}$
- aperiodischer Grenzfall $(K=2\pi\sqrt{mD})\rightarrow\delta=\sqrt{\frac{D}{m}}=\omega_0$: $x=\hat{x}(1+\delta t)\cdot e^{-\delta t}$

Erzwungene Schwingungen $x(t)=\hat{x}\cdot\cos(\omega t+\varphi)$ Voraussetzung, da sonst nicht lösbar:

- $\omega\ll\omega_0$ (Frequenz äußerer Anregung klein) $\hat{x}=\frac{F_0}{\omega_0^2\cdot m}$ Schwingung in Phase $\varphi=0$!
- $\omega\gg\omega_0$ (Frequenz der äußeren Anregung gr.) $\hat{x}=\frac{F_0}{\omega_0^2\cdot m}$ Schwingung gegenphasig $\varphi=-\pi$!

$\hat{x}^2=\frac{1}{(\omega^2-\omega_0^2)^2+(2\delta\omega)^2}\cdot\left(\frac{F_0}{m}\right)^2$ $\tan\varphi=\frac{2\delta\omega}{\omega_0^2-\omega^2}$

Resonanz: *Maximale Amplitude -> Minimum des Nenners N*

$N=(\omega^2-\omega_0^2)^2+(2\delta\omega)^2$ $\frac{dN}{d\omega}\overset{!}{=}0\rightarrow\omega_{max}=\sqrt{\omega_0^2-2\delta^2}$ wenn $\delta<\frac{1}{2}\omega_0^2$!

Wurf: • senkrecht $t_h=\frac{v_0}{g}$ $s_h=\frac{v_0^2}{2g}$ $y=\pm v_0 t-\frac{g}{2}t^2$ $v=\pm v_0-gt$

$v_y=v_0\cdot\sin\alpha$
$v_x=v_0\cdot\cos\alpha$

• waagrecht $v=\sqrt{v_0^2+g^2\cdot t^2}$ $y_{Parabel}=-\frac{g}{2v_0^2}\cdot x^2$ $x=v_0 t$ $y=-\frac{g}{2}t^2$

• schräger $x=v_0\cdot t\cdot\cos\alpha$ $y=-\frac{g}{2}t^2+v_0 t\cdot\sin\alpha$

$\underbrace{y_{Parabel}}_{\text{Wurfparabel}}=\tan\alpha\cdot x-\frac{g}{2v_0^2\cdot\cos^2\alpha}\cdot x^2$ $\underbrace{s_{weite}}_{\text{Wurfweite}}=\frac{v_0^2\cdot\sin2\alpha}{g}$ $\underbrace{t_h}_{\text{Steigzeit}}=\frac{v_0\cdot\sin\alpha}{g}$

$\underbrace{s_h}_{\text{Wurfhöhe}}=\frac{v_0^2\cdot\sin^2\alpha}{2g}$

Phy II +1

3/5

Wärmemenge $Q = mc\,\Delta T = C\Delta T$ Mischtemperatur $T_m = \frac{c_1 m_1 T_1 + c_2 m_2 T_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}$

$W_{el} = UIt = cm\Delta T = Q$

$N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23} \frac{1}{mol}$ Schmelz-/Erstarrungswärme $Q_{sm} = qm$ spezif. Schmelzwärme $[q] = \frac{J}{kg}$

$k_B = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ Siede-/Kondensationswärme $Q_{sd} = rm$ spezif. Verdampfungswärme $[r] = \frac{J}{kg}$

$R = 8{,}314 \frac{J}{mol \cdot K}$ Druck idealer Gase $pV = nRT = \frac{m}{M} \cdot RT = N \cdot k_B \cdot T$

$\sigma = 5{,}7 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ Grundgl. der Kin. Gastheorie $pV = \frac{1}{3} \underbrace{N}_{\text{Anzahl Teilchen}} \cdot \underbrace{m_T}_{\text{Masse Teilchen}} \cdot \langle v^2 \rangle$ molare Masse $M = \frac{m}{\underbrace{n}_{\text{Stoffmenge}}}$

Konzentration $c = \frac{N}{V}$ Masse Teilchen $m_T = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A}$

mittlere Kin. Energie eines Mols $E = \frac{1}{2} M \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} RT$ → für 1 Teilchen $E_A = \frac{1}{2} m_T \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B \cdot T$

innere Energie $U = \frac{1}{2} f \cdot nRT$ 1atomig: $f = 3$ 2Atomig: $f = 5$ (3 Translation + 2 Rotation)

Barometrische Höhenformel $p = p_0 \cdot \exp\left(\frac{\rho_0 \cdot g h}{p_0}\right)$ $\underbrace{c}_{\text{Konzentration}} = c_0 \cdot \exp\left(-\frac{m_0 g h}{k_B \cdot T}\right) = c_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_{pot}}{k_B \cdot T}\right)$

Wahrscheinlichkeit 1 Teilchen mit der Energie E anzutreffen $w = w_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_{pot}}{k_B \cdot T}\right)$

$\Delta T \to U$
$\phi \to I$
$R_{th} \to R$
$\lambda = R_{th}^{-1} \to G = R^{-1}$
n. Schichten ΣR_{th}
Vergrößerung $\Sigma \frac{1}{R_{th}}$

Volumenausdehnung $V(T, p) = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T - \varkappa \cdot \Delta p)$, $\ell(T) = \ell_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$

= Wärmeleitung

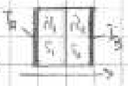
Wärmestrom $[\phi] = W$: $\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta T}{R_{th}}$ $\phi = K \cdot A (T_1 - T_2) = \alpha \cdot A \cdot \Delta T$ Wärmeübergangs-Koeff. $[\alpha] = \frac{W}{m^2 K}$

Wärmeleitung: Fk-Fluid → gilt nur Wärmeübergangskoeff. des Fluids ein!

Wärmedurchgangswiderstand $R_{th_{durch}} = \frac{\overset{\text{Wanddicke}}{s}}{\lambda A} = \frac{1}{KA}$ Wärmedurchgangszahl $[K] = \frac{W}{K \cdot m^2}$ $K = \frac{\lambda}{s}$

Wärmeübergangswiderstand $R_{th_{über}} = \frac{1}{\alpha A}$

Wärmewiderstand $R_{th\,ges} = R_{th\,über A} + R_{th\,durch 1} + R_{th\,durch 2} + R_{th\,über B}$



$R_{th} = \frac{T_{Element} - T_{Luft}}{\Delta U \cdot I}$ — max. erlaubte Temp. — Verlustleistung

Planckisches ~~Wirkungsquantum~~ Strahlungs $\phi = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A (T_{Körper}^4 - T_{Umgebung}^4)$, $T_{diff} = (T_{Eisen(0)} - T_{Luft}) e^{-\frac{\alpha A \cdot t}{cm}}$

Zustandsänderung

	Bedingung	Wärmeenergie	Arbeit	1.HS	Bsp
isochor	$V = const$	$Q = c_v m \Delta T$	$W = 0$, wegen V	$dU = dQ$	Temp.-änderung im Behälter
isobar	$p = const$	$Q = c_p m \Delta T$	$W = p \cdot \Delta V$	$dU = dW + dQ$	Luftpumpe bei äußerer Temp. erhöhung
isotherm	$T = const$	$Q = W$	$W = p \cdot \Delta V$	$dQ = dW$	Wärmebad
adiabatisch	$S = const$, $dQ = 0$	$Q = 0$	$W = -c_v \cdot m \cdot \Delta T$	$dU = -dW$	Dewar-Gefäß

1.HS: Innere Energie $dU = dW + dQ$
<0 → wird vom System geleistet

2.HS: Entropie $[S] = \frac{J}{K}$ $dS = \frac{dQ}{T}$
$dS = 0$: reversibler Prozess
$dS > 0$: irreversibler Prozess → Unordnung nimmt zu
$dS < 0$: + Energie von außen

Phy II

4/5

$c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

$c_{Schall} = 340 \frac{m}{s}$

ebene, harmonische Wellen $y = y_0 \cdot \sin(\omega t \pm Kx + \varphi)$ Ausbreitung: $-Kx \rightarrow$ rechts

Kreisfrequenz $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ Wellenzahl $[K] = \frac{1}{m}$ $K = \frac{2\pi}{\lambda}$

Ausbreitungsgeschw. $c = f\lambda$ Intensität $I = y^2$

Gangunterschied $\Delta = \frac{\varphi\lambda}{2\pi} = \frac{\varphi}{K}$

Überlagerung von 2 Wellen gl. Frequenz $y = 2\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) \cdot \sin\left(\omega t - Kx + \frac{\varphi}{2}\right)$

- Verstärkung : $\Delta\varphi = 0$ | Konstruktive Interferenz : $\Delta = m\lambda$
- Auslöschung : $\Delta\varphi = \pi$ | destruktive Interferenz : $\Delta = \left(\frac{2m+1}{2}\right)\lambda$

Schwingungen | Wellen, start bei m = 0

Brechungsgesetz $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$ Optik Akustik

Grenzwinkel der Totalreflexion $\sin\alpha_T = \frac{n_2}{n_1} < 1$

$n_1 < n_2 \rightarrow$ Übergang ins opt. dichtere Medium

Absorptionsgrad $\alpha(\lambda) = \frac{E_{gebrochen}}{E_{einfall}}$ für schwarzen Strahler $\alpha = 1$

Transmissionsgrad $\tau(\lambda) = \frac{E_{trans}}{E_{einfall}}$

Reflexionsgrad $\rho(\lambda) = \frac{E_{ref}}{E_{einfall}}$

Kirchhoff'sches Gesetz:
Absorptionsgrad = Emissionsgrad
geschluckter Anteil Abstrahlung

Energieerhaltung $\rho + \alpha + \tau = 1$

Absorption $A_{gebrochen} = (A_{einfall} - A_{reflexion})e^{-\mu d}$ Absorptionskoeff. $[\mu] = \frac{1}{m}$ $\mu = \mu(\lambda)$

Wellen in begrenzten Medien $y = \sin(\omega t - Kx) + \sin(\omega t + Kx) = 2\cos Kx \cdot \sin\omega t$

- Wellenknoten $\cos(Kx) = 0$ Intensitätsminimum
  Wellenbauch $\cos(Kx) = 1$ Intensitätsmaximum

- 2 freie- / 2 feste Enden $\lambda_n = \frac{2l}{n+1}$ $f_n = \frac{c}{\lambda_n}$


- festes ^ freies Ende $\lambda_n = \frac{4l}{2n+1}$ $f_n = \frac{c}{\lambda_n}$

$n = 0, 1, 2, \ldots$

Dopplereffekt

- Sender in Ruhe, Empfänger bewegt $f_E = f_S\left(1 \pm \frac{v_E}{c}\right)$ + : Empfänger nähert sich dem Sender
- Sender bewegt, Empfänger in Ruhe $f_E = \frac{f_S}{1 \pm \frac{v_S}{c}}$ + : Sender entfernt sich vom Empfänger

ruhender Beobachter $T = \frac{\lambda}{c}$ bewegter Beobachter $T = \frac{\lambda}{c+v}$

Phy II

5/5

Dispersion $n = n(\lambda)$ blaues Licht wird am Stärksten gebrochen blau, grün, gelb, rot
$\lambda \rightarrow$

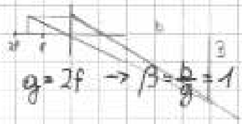
Geom. Optik

- bikonvex: Sammellinse bikonkav: Zerstreuungslinse (neg. Brennweite)

Brennweite $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$ Abbildungsmaßstab $\beta = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$

$g < f$: virtuelles, vergrößertes Bild (Lupe)

$f < g < 2f$: reelles, vergrößertes Bild (Projektor)



$g > 2f$: reelles, verkleinertes Bild (Fernrohr) $g = 2f \rightarrow \beta = \frac{b}{g} = 1$

Vergrößerung:

- Lupe $v = \frac{s}{f}$ deutliche Sehweite $s = 25\,cm$
- Mikroskop $v = \frac{t \cdot s}{f_{objektiv} \cdot f_{okkular}}$ Tubuslänge t: Abstand zu den Brennpunkten
- Fernrohr $v = \frac{f_{objektiv}}{f_{okkular}}$ Auge -> Okkular -> Objektiv

Fraunhoferche Beugung

Spaltbreite d $(= AB)$ $\ll$ Spaltlänge l

- Einzelspalt

Gangunterschied der Randstrahlen $\Delta = BC = d \cdot \sin\alpha$

Minima $n\lambda = d \cdot \sin\alpha_{min}$ Maxima $(n + \frac{1}{2})\lambda = d \cdot \sin\alpha_{max}$

Intensität $I \sim \left(\frac{\sin x}{x}\right)^2$ mit $x = \frac{\pi d}{\lambda} \cdot \sin\alpha$

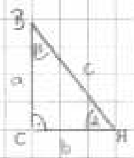
- Gitter

Maxima $m\lambda = g \cdot \sin\alpha_{max}$ $\tan\alpha = \frac{x_{max}}{b}$

$\sin\alpha = \frac{a}{c}$

$\cos\alpha = \frac{b}{c}$

$\tan = \frac{a}{b}$



Hygens'sches Prinzip: Jeder von einer Welle getroffene Pkt ist Ausgangspunkt einer neuen Elementarwelle

Kirchhoff'sches Gesetz: Verhältnis zwischen Emissionsvermögen und Absorptionsvermögen ist bei gegebener Temp für alle Körper konst und dem Betrag nach gleich dem Emissionsvermögen des Schwarzen Körpers

Fraunhofer-Beugung: ... spricht man, wenn in der Beugungsanordnung sowohl die Lichtquelle als auch der Beobachtungsschirm im "Unendlichen" sich befinden

Heisenberg: Ort und Impuls eines mikroskopischen Teilchens lassen sich nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmen

Pauli: In einem quantenmechanischen Zustand dürfen sich maximal 2 Elektronen aufhalten

Diamantstruktur: 2 kubisch flächenzentrierte Gitter um $\frac{1}{4}$ der Raumdiagonalen gegeneinander verschoben

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$

Bravais-Gitter spdf

Leitungs-/Valenzband