

Formelsammlung zur Klausur Experimentelle Physik I, Sommersemester 2006

Naturkonstanten:	
Vakuumllichtgeschwindigkeit $c \approx 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	
Gravitationskonstante $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$	
Avogadro-Zahl $N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$	
Boltzmann-Konstante $k_B \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$	
Gaskonstante $R \approx 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$	
Erdbeschleunigung $g \approx 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	
Erdmasse $M_E \approx 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	
mittlerer Erdradius $r_E \approx 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$	

Mechanik (geradlinige Bewegungen):	
Dynamische Definition Masse: $m = \frac{p}{v} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ (Impuls p ; Geschwindigkeit v ; Vakuumllichtgeschwindigkeit c)	
Hookesches Gesetz (Feder): $F \approx -Dx$ (Kraft F ; Federkonstante D ; Auslenkung aus Ruhelage x)	
Kreisfrequenz bzw. Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ (Frequenz ν ; Umdrehungs- bzw. Schwingungsdauer T)	
Gravitationsgesetz; Gravitationskraft: $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$; Gravitationspotential: $V = -\frac{Gm_1m_2}{r}$ (Gravitationskonstante G ; Massen m_1, m_2 ; Abstand der Schwerpunkte r)	
Reibungskraft (Gleit-, Haftreibung): $F_R \approx \mu_G F_N$ bzw. $F_R \approx \mu_H F_N$ (Gleitreibungs- bzw. Haftreibungskoeffizient μ_G bzw. μ_H ; Auflagekraft F_N)	
Stokesches Gesetz (Reibungskraft von Kugeln bei laminarer Strömung): $F_R \approx -6\pi\eta r v$ (Viskosität η ; Radius der Kugel r ; Geschwindigkeit v)	
Impuls nach eindimensionalem elastischem Stoß zweier Teilchen: $p_1' = p_1 \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$ bzw. $p_2' = p_1 \frac{2m_2}{m_1 + m_2}$ (vor Stoß Teilchen 1 mit m_1, p_1 ; Teilchen 2 mit $m_2, p_2 = 0$)	

Mechanik (Drehbewegungen):	
Definition Winkelgeschwindigkeit: $\vec{\omega} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ (Winkelgeschwindigkeit ω ; Bahngeschwindigkeit v ; Abstand zum Koordinatenursprung r)	
Definition Kraftmoment (Drehmoment): $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ (Abstand zum Koordinatenursprung r ; Kraft F)	
Definition Impulsmoment (Drehimpuls): $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ und $\vec{L} = \sum_i \vec{L}_i$ (Abstand zum Koordinatenursprung r ; Impuls p von i -tem Teilchen)	
Radialkraft: $F_{rad} = m\omega^2 R = m \frac{v^2}{R}$ bzw. $\vec{F}_{rad} = \vec{\omega} \times \vec{p}$ (Masse m ; Bahngeschwindigkeit v ; Winkelgeschwindigkeit ω ; Abstand zur Drehachse R ; Impuls p)	
Drittes Keplersches Gesetz: $\frac{T^2}{R^3} = \text{const.}$ (Umlaufzeit T ; große Halbachse der Ellipsenbahn R)	
Trägheitsmomente:	
allgemein: Trägheitstensor $\hat{\theta} = \begin{pmatrix} \theta_{xx} & -\theta_{xy} & -\theta_{xz} \\ -\theta_{yx} & \theta_{yy} & -\theta_{yz} \\ -\theta_{zx} & -\theta_{zy} & \theta_{zz} \end{pmatrix}$ mit $\theta_{xx} = \sum_i m_i (y_i^2 + z_i^2)$, $\theta_{yy} = \sum_i m_i (x_i^2 + z_i^2)$, $\theta_{zz} = \sum_i m_i (x_i^2 + y_i^2)$, $\theta_{xy} = \theta_{yx} = -\sum_i m_i x_i y_i$, $\theta_{xz} = \theta_{zx} = -\sum_i m_i x_i z_i$, $\theta_{yz} = \theta_{zy} = -\sum_i m_i y_i z_i$ (m_i Masse; $\vec{r}_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix}$ Abstand des i -ten Teilchens zum Koordinatenursprung (Schwerpunkt))	

Spezialfälle: Hohlzylinder, Drehung um Zylinderlängsachse durch Schwerpunkt: $\theta = \frac{1}{2} m(R_1^2 + R_2^2)$ (Masse m ; innerer Radius R_1 ; äußerer Radius R_2) Kugel, Drehung um Achse durch Schwerpunkt: $\theta = \frac{2}{5} mr^2$ (Masse m ; Radius r) Quader mit Seitenlängen a, b, c , Drehung um Achse parallel zur Kante c durch Schwerpunkt: $\theta = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$ (Masse m) länglicher homogener Körper (Dicke \ll Länge), Drehung um Achse senkrecht zur Längsachse durch Schwerpunkt: $\theta \approx \frac{1}{12} m\ell^2$ (Masse m ; Länge ℓ)	
Steinerscher Satz: $\theta = \theta_s + ma^2$ (Trägheitsmoment θ bei Drehung um Achse, die um a gegenüber der Achse durch den Schwerpunkt parallel verschoben ist, für die das Trägheitsmoment θ_s ist; Masse m)	
Präzession: $\vec{M} = \vec{\omega}_p \times \vec{L}$ (Präzessionswinkelgeschwindigkeit ω_p ; Impulsmoment L ; das die Präzession hervorrufende Kraftmoment M)	
Scheinkräfte: Zentrifugalkraft: $\vec{F}_z = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ (Masse m ; Winkelgeschwindigkeit des rotierenden Bezugssystems ω ; Abstand zum Koordinatenursprung r) Corioliskraft: $\vec{F}_c = 2m\vec{v} \times \vec{\omega}$ (Masse m ; Winkelgeschwindigkeit des rotierenden Bezugssystems ω ; Geschwindigkeit v)	

Wärmelehre:	
Maxwell-Boltzmann-Verteilung: $N(v) \propto e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}$ (Anzahl N der Teilchen mit Masse m und Geschwindigkeit v im idealen Gas der Temperatur T ; Boltzmann-Konstante k_B)	
barometrische Höhenformel (für $T = \text{const.}$): $P(h) = P(h_0) \cdot e^{-\frac{M^* g (h-h_0)}{RT}}$ (Druck P ; Molmasse M^* ; Erdbeschleunigung g ; Gaskonstante R ; Temperatur T ; Höhe h)	
mittlere kinetische Energie der Teilchen im idealen Gas: $\bar{\epsilon}_{kin} = \frac{3}{2} k_B T$ (Boltzmann-Konstante k_B , Temperatur T)	
Volumenausdehnung von festen Körpern und Flüssigkeiten: $V(T, P) \approx V_0 [1 + \beta(T - T_0) - \kappa(P - P_0)]$ (Volumenausdehnungskoeffizient β ; Kompressibilität κ ; Temperatur T ; Druck P ; Volumen V)	
Van-der-Waals-Gleichung: $\left(P + \left(\frac{n}{V}\right)^2 a\right) (V - nb) = nRT$ (Druck P ; Volumen V ; Temperatur T ; Stoffmenge n ; Gaskonstante R ; van-der-Waals-Parameter a, b)	
Viralentwicklung: $\frac{pV}{nRT} = 1 + B(T) \frac{n}{V} + C(T) \left(\frac{n}{V}\right)^2 + \dots$ (Druck P ; Volumen V ; Temperatur T ; Stoffmenge n ; Gaskonstante R ; Entwicklungsparameter $B(T), C(T), \dots$)	
Wärmekapazität einatomiges ideales Gas: $C_V = \frac{3}{2} nR, C_P = C_V + nR$ (Gaskonstante R ; Stoffmenge n ; Wärmekapazität für Temperaturänderung unter konstantem Volumen C_V , unter konstantem Druck C_P)	

Wärmeleitung: $j_x = -\lambda \frac{dT}{dx}$ (Temperatur T ; Wärmeleitfähigkeit λ ; Wärmestromdichte in x -Richtung j_x ; Wärmestromdichte $j = \frac{\Delta Q}{AA\Delta t}$ mit Wärmemenge ΔQ , Zeit Δt , Querschnittsfläche A)
Wärmestrahlung: $P \propto T^4 S$ (Leistung P ; Temperatur T ; Schwärze der Oberfläche S)
Innere Energie des idealen Gases: $U - U_0 = \frac{3}{2} nR(T - T_0)$ (Gaskonstante R ; Stoffmenge n ; Temperatur T)
Entropie des idealen Gases: $S - S_0 = nR \left(\frac{3}{2} \ln \frac{T}{T_0} + \ln \frac{V}{V_0} \right)$ oder $S - S_0 = nR \left(\frac{5}{2} \ln \frac{T}{T_0} - \ln \frac{P}{P_0} \right)$ (Gaskonstante R ; Stoffmenge n ; Temperatur T ; Volumen V ; Druck P)
Reversible adiabatische Zustandsänderung des idealen Gases: $TV^{\kappa-1} = \text{const.}$ oder $PV^{\kappa} = \text{const.}$ oder $P^{1/\kappa} T^{\kappa} = \text{const.}$ (Adiabatenexponent $\kappa = \frac{C_P}{C_V}$; Temperatur T ; Volumen V ; Druck P)