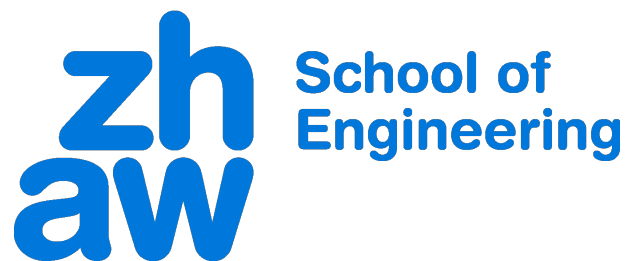


ZHAW Zurich University of Applied Sciences
Winterthur

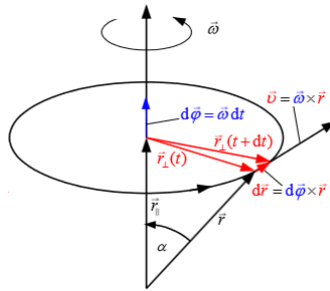


Zusammenfassung PHY2

Studienwochen 1-14

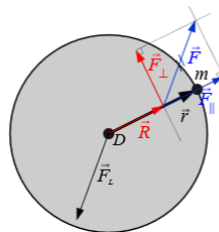
Written by: Severin Sprenger & Yannick Lienhard
13. Oktober 2025
Zf. PHY2 SW 1-14

1 Rotation ohne Vektoren



$$\begin{aligned}\omega &= \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi} \\ \alpha &= \frac{d\omega}{dt} = \dot{\omega} \\ &= \frac{d^2\omega}{dt^2} = \ddot{\omega} \\ \varphi(t) &= \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2 + \omega_0 \cdot t + \varphi_0 \\ \omega(t) &= \alpha \cdot t + \omega_0\end{aligned}$$

$\omega \rightarrow$ Winkelgeschwindigkeit, $\alpha \rightarrow$ Winkelbeschleunigung



$$\begin{aligned}M &= J_A \cdot \alpha \\ F_{\perp} \cdot R &= m \cdot \alpha \cdot r_{\perp}^2\end{aligned}$$

$M \rightarrow$ Drehmoment, $J_A \rightarrow$ Drehträgheit

$$\begin{aligned}L &= J_A \cdot \omega \\ L &= p \cdot r \\ L &= 2 \cdot m \cdot \frac{dA}{dt}\end{aligned}$$

$L \rightarrow$ Drehimpuls, $\frac{dA}{dt} \rightarrow$ Flächengeschwindigkeit

$$E_R = \frac{1}{2} \cdot J_A \cdot \omega^2$$

$E_R \rightarrow$ Rotationsenergie

1.1 Wichtige Drehträgheiten

Allgemeine Definition $\rightarrow J_A = \int_V r_{\perp}^2 \cdot \varrho \cdot dV$

Massepunkt $\rightarrow J_A = m \cdot r_{\perp}^2$

Dünner Stab $\rightarrow J_{S,Z} = \frac{m \cdot l^2}{12}$

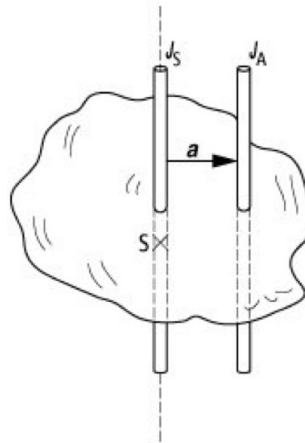
Zylinder $\rightarrow J_A = \frac{1}{2} \cdot m \cdot R^2$

Zylinder auf Boden $\rightarrow J_A = \frac{3}{2} \cdot m \cdot R^2$

Kugel $\rightarrow J_A = \frac{2}{5} \cdot m \cdot R^2$

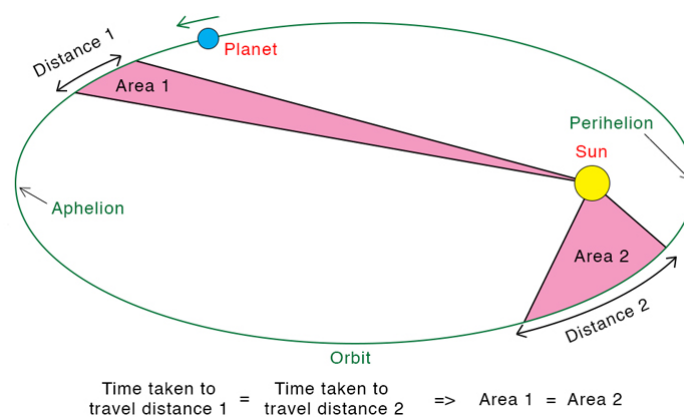
$\varrho \rightarrow$ Dichte des Körpers

1.2 Satz von Steiner



$$J_A = J_S + m \cdot a^2$$

1.3 Kepler



1.4 Verbindungen zur Bahnbewegung

$$v = \omega \cdot r$$

$$a_r = \omega \cdot v$$

$$a_r = \omega^2 \cdot r$$

1.5 Vektorielle Darstellungen

$$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$

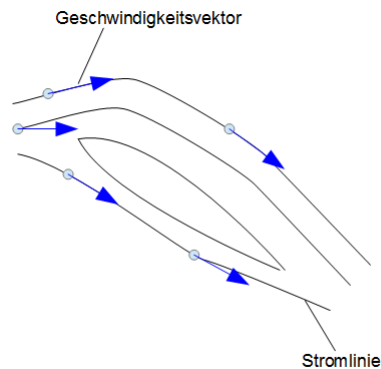
$$\vec{a} = \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

$$\vec{M} = \vec{R} \times \vec{F} = J_A \cdot \vec{a}$$

$$\vec{L} = J_A \cdot \vec{\omega} = \vec{r} \times \vec{p}$$

2 Fluiddynamik

Es wurde und werden nur ideale Fluide behandelt, das bedeutet Fluide ohne innere Reibung.



$$I_V = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$I_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$I_V \rightarrow$ Volumenstromstärke, $I_m \rightarrow$ Massestromstärke

$$j = \frac{dI}{dA}$$

$$I = \int_A \vec{j} \cdot d\vec{A}$$

$$\vec{j} = \varrho \cdot \vec{v}$$

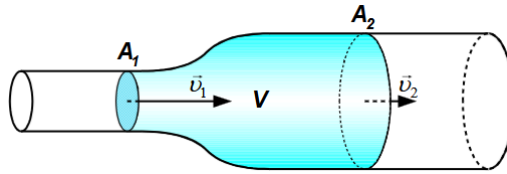
$j \rightarrow$ Stromdichte

$$\phi = \vec{v} \cdot \vec{A}$$

$$\phi = I_V$$

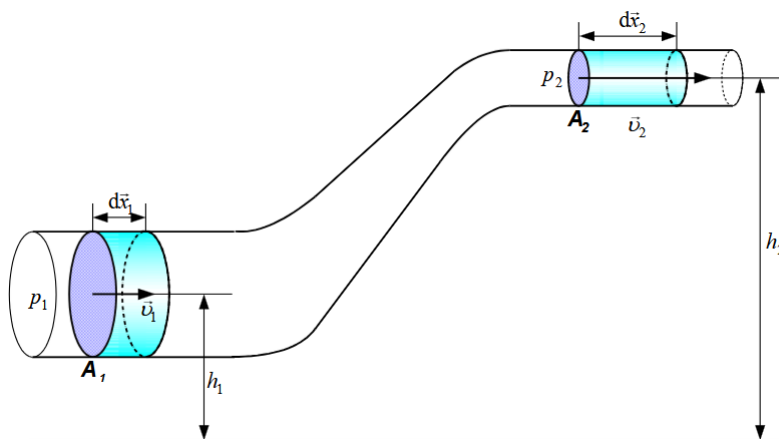
$\phi \rightarrow$ Fluss

2.1 Kontinuitätsgleichung



$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

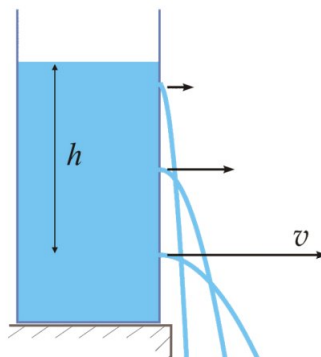
2.2 Bernulli-Gleichung



$$p_{ges} = \underbrace{\frac{1}{2} \cdot \varrho \cdot v^2}_{\text{Dynamischer Druck, Staudruck}} + \underbrace{\varrho \cdot g \cdot h}_{\text{Scheredruck}} + \underbrace{p_0}_{\text{Statischer Druck}}$$

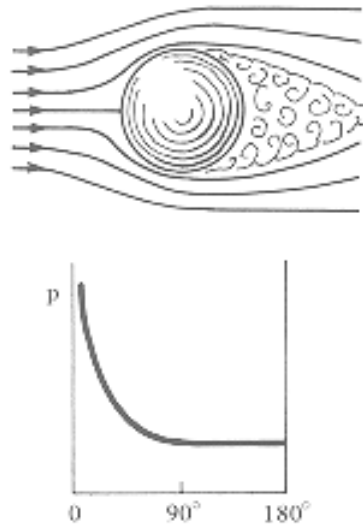
$\varrho \rightarrow$ Dichte des fließenden Fluids

2.3 Ausflusstheorem

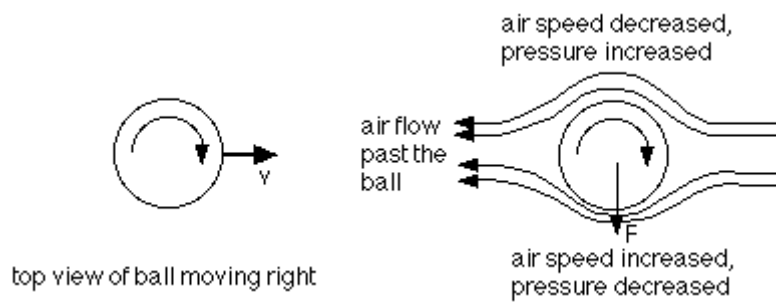


$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

2.4 Anmerkung zu Turbulenz



2.5 Zylinder als Tragfläche (Magnus Effekt)



2.6 Druckwiderstand

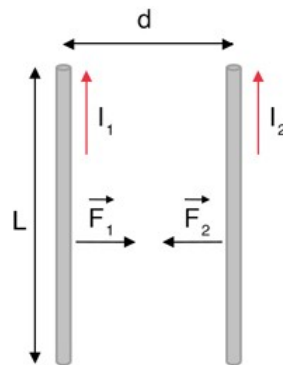
$$F_w = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\eta}$$

$Re \rightarrow$ Reynolds-Zahl

3 Magnetfeld

3.1 Kraftgesetz zwischen zwei Leiter



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

3.2 Magnetfeld in Abstand r

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

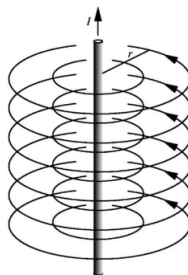
$$[B] = \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = \text{T (Tesla)}$$

$B \rightarrow$ Magnetische Flussdichte

$$1 \text{ T} = 10000 \text{ G (Gauss)}$$

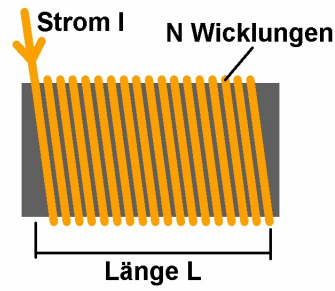
3.3 Struktur von Magnetfeldern

3.3.1 Gerader Leiter



$$\mu_0 \cdot I = B \cdot \underbrace{2 \cdot \pi \cdot r}_{\text{Umfang der Schleife}}$$

3.3.2 Lange Zylinderspule



$$N \cdot \mu_0 \cdot I = \underbrace{B \cdot L}_{\text{Feld in der Spule}} + \underbrace{0 \cdot l}_{\text{Feld ausserhalb der Spule}}$$

$N \rightarrow$ Anzahl Windungen, $L \rightarrow$ Länge der Spule

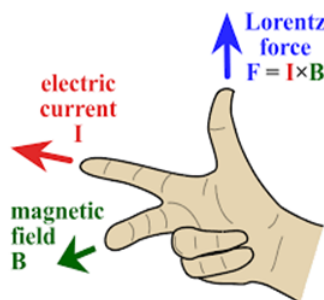
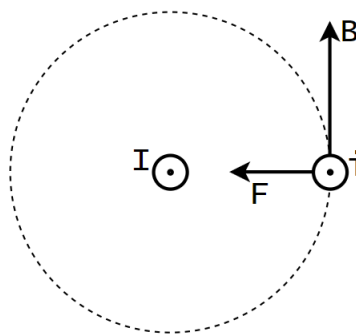
$$\text{Luftspule} \rightarrow B_L = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{L}$$

$$\text{Spule mit Kern} \rightarrow B_K = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{L}$$

3.3.3 Allgemeines Durchflutungsgesetz

$$\mu_0 \cdot i = \oint_C \vec{B}(r) \cdot d\vec{r}$$

3.4 Lorentzkraft



$$\begin{aligned}\vec{F} &= i \cdot \vec{l} \times \vec{B} \\ &= q \cdot \vec{v} \times \vec{B}\end{aligned}$$

$l \rightarrow$ Länge des Leiters durch den i fliesst, $q \rightarrow$ Fließende Ladung,
 $v \rightarrow$ Geschwindigkeit der fließenden Ladung, $\vec{B} \rightarrow$ Flussdichte des Leiters im Zentrum

4 Thermodynamik

$\Theta \rightarrow$ Temperatur in $^{\circ}\text{C}$
 $T \rightarrow$ Temperatur in K
 $T = \Theta + 273.15 \text{ K}$

4.1 Wärmedehnung

$$\begin{aligned}\Delta l &= \alpha \cdot l_0 \cdot (\Theta - \Theta_0) \\ l(\Theta) &= l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (\Theta - \Theta_0)) \\ V(\Theta) &= l_0^3 \cdot (1 + \alpha \cdot (\Theta - \Theta_0))^3 \\ V(\Theta) &\approx V_0 \cdot (1 + \gamma \cdot (\Theta - \Theta_0)) \\ \gamma &= 3 \cdot \alpha\end{aligned}$$

$l_0 \rightarrow$ Länge bei Temperatur Θ_0 , $\alpha \rightarrow$ Längendehnungskoeffizient, $\gamma \rightarrow$ Volumendehnungskoeffizient

4.1.1 Gase

$$\begin{aligned}\gamma &= \frac{1}{273.15 \text{ K}} \\ V(\Theta) &= V_0 \cdot (1 + \gamma (\Theta - \Theta_0)) \\ V(T) &= \frac{V_0}{T_0} \cdot T\end{aligned}$$

4.2 Avogadrosches Gesetz

$$1 \text{ mol} \equiv 6.022 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen}$$

4.3 Definition molarer Größen

$$\begin{aligned}V_0 &= 22.414 \text{ l} \leftarrow \text{Volumen bei Normalbedingungen und 1 mol an Gas} \\ v_0 &= \frac{V}{n} = 22.414 \frac{\text{l}}{\text{mol}} \leftarrow \text{molares Volumen bei Normalbedingungen} \\ N_A &= \frac{N}{n} = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen} \leftarrow \text{Avogadro-Konstante} \\ M &= \frac{m}{n} \leftarrow \text{molare Masse}\end{aligned}$$

$$V = n \cdot v_0, m = n \cdot M, N = n \cdot N_A$$

$N \rightarrow$ Anzahl Gasmoleküle, $n \rightarrow$ Stoffmenge in mol

4.4 Normalbedingungen

$$\begin{aligned}
 V_0 &= 22.414 \text{ l} \\
 v_0 &= \frac{V}{n} = 22.414 \frac{\text{l}}{\text{mol}} \\
 p_0 &= 1.01325 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\
 T_0 &= 273.16 \text{ K}
 \end{aligned}$$

4.5 Zustandsgleichung des idealen Gases

$$\begin{aligned}
 \frac{p \cdot V}{T} &= \frac{p_0 \cdot n \cdot v_0}{T_0} = n \cdot R \\
 p \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\
 R &= 8.3144 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}
 \end{aligned}$$

$R \rightarrow$ Ideale Gaskonstante

$$\begin{aligned}
 p \cdot V &= m \cdot \frac{R}{M} \cdot T \\
 p \cdot V &= m \cdot R' \cdot T \\
 R' &= \frac{R}{M}
 \end{aligned}$$

$R' \rightarrow$ spezifische Gaskonstante

4.5.1 Zustandsgleichung eines Gases aus Kugeln in einem Würfel

Die Kraft / Druck die auf eine Seite des Würfels mit Seitenlänge l drückt bei N Teilchen im Gas mit einer Geschwindigkeit v .

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{N}{6} \cdot \frac{2 \cdot \mu \cdot v^2}{l} \\
 p &= \frac{N}{6} \cdot \frac{2 \cdot \mu \cdot v^2}{l^3} = \frac{N}{3} \cdot \frac{\mu \cdot v^2}{V} \\
 p \cdot V &= \frac{2 \cdot N}{3} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot \mu \cdot v^2}_{E_K} \\
 \left. \begin{aligned} p \cdot V &= n \cdot R \cdot T \\ p \cdot V &= \frac{2}{3} \cdot N \cdot E_K \end{aligned} \right\} \frac{2}{3} \cdot N \cdot E_K &= n \cdot R \cdot T \implies E_K \propto T
 \end{aligned}$$

$\mu \rightarrow$ Masse eines Teilchens in kg

4.6 Innere Energie als Zustandsgrösse

4.6.1 Einatomige Gase

$$\begin{aligned}
 U &= N \cdot E_K \\
 &= N \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T \\
 &= \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T
 \end{aligned}$$

4.6.2 Mehratomige Gase

$$U = \frac{1}{2} \cdot f \cdot n \cdot R \cdot T$$

$f \rightarrow$ Freiheitsgrade der Bewegungen und Rotationen des Teilchens

$$\begin{aligned}\text{Einatomig} &\implies f = 3(x, y, z) \\ \text{Zweiatomig} &\implies f = 4(x, y, z, \varphi) \\ \text{Dreiatomig} &\implies f = 5(x, y, z, \varphi, \psi)\end{aligned}$$

4.7 Zustandsänderung idealer Gase

$$\begin{aligned}\left(\frac{V}{T} = \text{konst.} \implies V \propto T\right) &\iff p = \text{konst.} \leftarrow \text{Gay-Lussacsches Gesetz} \\ \left(p \cdot V = \text{konst.} \implies p \propto \frac{1}{V}\right) &\iff T = \text{konst.} \leftarrow \text{Boyle-Mariottesches Gesetz}\end{aligned}$$

$$\frac{p \cdot V}{T} = \text{konst.} \leftarrow \text{Zustandsgleichung eines abgeschlossenen idealen Gases}$$

$$\begin{aligned}p(T, V) &= \frac{n \cdot R \cdot T}{V} \\ V(T, p) &= \frac{n \cdot R \cdot T}{p} \\ T(V, p) &= \frac{p \cdot V}{n \cdot R}\end{aligned}$$

4.7.1 Isochore Zustandsänderung

$$V = \text{konst.} \implies p \propto T$$

4.7.2 Isotherme Zustandsänderung

$$T = \text{konst.} \implies p \propto \frac{1}{V}$$

4.7.3 Isobare Zustandsänderung

$$p = \text{konst.} \implies V \propto T$$

5 Wichtige Seiten im Formelbuch

- Fluid: 164 & 165
- Gleichförmige Kreisbewegung: 155 & 156
- Keplersche Gesetze: 160
- Rotation: 162 & 163