Karlsruher Institut für Technologie

Klassische Physik 1 WS 2012/13

Johannes Blümer

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA

Auftrieb, Archimedisches Prinzip

Gasdruck, Zustandsgleichung

Barometerformel

Oberflächenspannung, Kapillarität

Hydrodynamik: Kontinuitätsgleichung, Bernoulli-Gleichung

Viskosität

Turbulenz

Archimedisches Prinzip, Auftrieb

V.: Eisberg

Verdrängung

Auftriebskraft = Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit
F_A
des – " – Gases
s. u.

$V_{Körper} = V$ (verdrä. Fl.)

Auftriebsmessungen = Dichtevergleiche $\quad G_{rel} = \frac{G}{G_W}$

Auftrieb = Gewichtsverlust $\quad G_{rel} = \frac{G}{F_A}$ = rel. Dichte = $\frac{\varrho}{\varrho_W}$

Dichtebestimmung eines Steins

Gewicht in Luft = 1.2 N
" Wasser = 0.8 N
} 0.4 N Auftrieb

$$G_{rel} = \frac{G}{F_A} = \frac{1.2\ N}{1.2 - 0.8} = \frac{1.2}{0.4} = 3 = \frac{\varrho_{Stein}}{\varrho_{Wasser}} \rightarrow \varrho_{Stein} \approx 3\ g/cm^3$$

Achtung Fehlerkorrektur!

für genaue Messungen Auftrieb in Luft berücksichtigen!

Hydrostatischer Druck in Gasen ("Luftdruck")

Luftdruck = f(Höhe): „Barometerformel"

einfaches Modell für Gasdruck, Dichte = f(Druck)

In dt treffen dN auf die (linke) Wand

$$dN = \underbrace{\frac{1}{6}}_{\text{iii]}} N \cdot \underbrace{\frac{dV}{V}}$$

andere T. sind "zu weit weg", $dV = A \cdot v\, dt$

$$dN = \frac{1}{6} N \cdot \frac{A\, v\, dt}{V} \; *$$

für jeden Teilchen

Druck auf (li.) Wand: elastische Stöße

Impulsumkehrung

Aufprall $\hat{=}$ Impulsaufnahme d. Wand $\rightarrow$ Kraft $\rightarrow$ Druck

p Molekülimpuls $= m \cdot v$; $m \ll m_{Wand}$

Stoß an Wand $\Delta p = \underbrace{mv}_{\text{vor}} - \underbrace{(-mv)}_{\text{nach dem Stoß}} = 2mv$

in dt stoßen dN Teilchen : $dp_{ges.} = 2mv \cdot dN$

Kraft auf Wand der Fläche A : $F = \frac{dp_{ges}}{dt} = \frac{2mv\,dN}{dt}$

$(F = \dot{p}\ !)$

Druck $= P = \frac{F}{A} = \frac{2mv\,dN}{A\,dt}$ * $= \frac{2mv \cdot \frac{1}{6} N \frac{A v dt}{V}}{A\,dt} = \frac{1}{3} m v^2 \cdot \frac{N}{V}$

$P = \underbrace{\frac{1}{2} m v^2}_{\text{kin. Energie eines Moleküls}} \cdot \frac{2}{3} \cdot \underbrace{\left(\frac{N}{V}\right)}_{\text{Teilchenzahldichte}}$

Teilchenzahldichte

$\propto$ Dichte

$\leftrightarrow$ iii)

"i" kenne v nicht

Def: $E_{\text{Molekül}} = \frac{1}{2} m_{\text{Molekül}} v^2 = \frac{3}{2} k T$ Temperatur in [K]

mikro- makroskopische Eigenschaft

Energie $\longleftrightarrow$ K

$k, k_B = 1{,}4 \cdot 10^{-23}$ J/K Boltzmann-Konstante

Damit Druck: $\boxed{P \cdot V = N \cdot k \cdot T}$ „Zustandsgleichung" für (ideale) Gase

Folgerungen: $P = \frac{N \cdot k}{V} \cdot T$ Druck $\propto$ Temperatur!

$\rho \propto \frac{N}{V} \propto \frac{P}{T}$ Dichte $\propto$ Druck

$\propto$ Temp.$^{-1}$

$P = kT \cdot \frac{N}{V}$

wenn T=Konst

dann $P \propto \rho$

Boylesches Gesetz

$P \to 0$ für $T \to 0$: "ideales Gas"

Druckdose → hydrost. Druck in Wasser : linear mit Eintauchtiefe, $\rho_W = \text{konst.}$

Barometerformel : $P(h)$

Erdboden : $P = P_0$, $\rho_{Luft} = \rho_0$, $h = 0$, $T = \text{konst.}$, $\Delta P_{Horiz} = 0$

Betr. Fläche A in Höhe h, Druck P

– " – $h + dh$ $P + dP$

$$-dP = \frac{g \cdot dm}{A} = \frac{dF}{A}$$ vertikales Gleichgewicht

$$dm = \rho\, dV = \rho\, dh\, A$$

$$dP + \frac{g\, \rho\, dh\, A}{A} = 0 \quad \Rightarrow \quad dP + g\, \rho\, dh = 0$$

Parameter

konst., Abhängigkeit $\rho(P)$

$\rho \propto p$ für $T = $ konst : $\rho = \rho_0 \cdot \frac{p}{p_0} = \frac{\rho_0}{p_0} \cdot p$

$dp + g \frac{\rho_0}{p_0} p \cdot dh = 0$, $\frac{dp}{p} = - \frac{g \rho_0}{p_0} dh$ mit richtigen Grenzen integrieren

$$\int_{p_0}^{p} \frac{dp}{p} = - \frac{g \rho_0}{p_0} \int_{h_0 = 0}^{h} dh$$

$$\ln p - \ln p_0 = - \frac{g \rho_0}{p_0} (h - h_0) = \ln \frac{p}{p_0}$$

$$\underline{p = p_0 \cdot e^{- \underbrace{g \rho_0 / p_0}_{} \cdot h}}$$ (idealisierte) Barometerformel , $T = $ konst.

$h = 0$, $\exp(\ ) = 1$: $p = p_0 = 1013$ hPa

1 hPa $= 1$ mbar

1) exp. arg. Faktor : $g \cdot \frac{\rho_0}{p_0} = 9{,}81 \frac{m}{s^2} \; \frac{1{,}2\,kg}{m^3} \; \frac{m^2}{1013 \cdot 10^2\,N} = 1.2 \cdot 10^{-4}\,m^{-1}$

2) p_0, ρ_0 sind astrophysikalisch festgelegt $\leftarrow M_{Erde}, T$

g, R_E

3) P (Mt. Blanc) $\approx 50\%$ von P_0

P (Everest) $\approx 30\%$

4) Atmosphäre hat keinen "scharfen Rand"

■ Oberflächenspannung & Kapillarität   Vgl