Helikopter am Mars

1) Impuls $p = m \cdot v$
2) Kraft $F = m \cdot a \quad | \; a \cdot t = v$

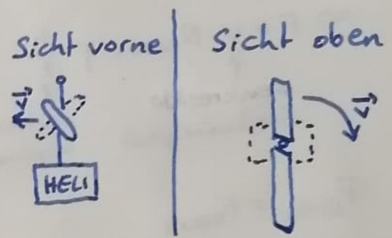
$\Big\} \; p = F \cdot t = m \cdot v$ $\quad \boxed{F = \frac{m \cdot v}{t}} \Rightarrow v \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t}$

m… Masse der verdrängten Luft
v… Geschw. der Teilchen nach unten

3) Dichte $\rho = \frac{m}{V}$ ← der Atmosphäre in der, der Helikopter fliegt

$\longrightarrow v \cdot \frac{\Delta m}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{v \cdot \frac{\Delta V \cdot \rho}{\Delta t}}$

4) Volumen
↳ Rotor dreht sich im Kreis
↳ Rotoren haben eine Länge (≙ radius)
↳ je schneller sich die Rotoren drehen, desto mehr Teilchen werden durchbewegt ⇒ Zylinder mit variabler Höhe
↳ Grundfläche ($r_{rotor}^2 \cdot \pi$)



$V_{ZYL} = r^2 \pi \cdot h$

$\longrightarrow v \cdot \frac{\Delta V \cdot \rho}{\Delta t} = \boxed{v \cdot \frac{r_{rotor}^2 \cdot \pi \cdot \Delta h \cdot \rho}{\Delta t}}$

5) Kraft um Helikopter anzuheben

$F = m \cdot a$

m… Masse Helikopter
a… Beschleunigung (zB.: Erde ~ 9,81 $\frac{m}{s^2}$)

6) Rotorgeschwindigkeit
→ auf Vertikale Geschwindigkeit

$V_{senkr.} = \frac{V_{rotor}}{\text{FAKTOR}}$ ← "f"

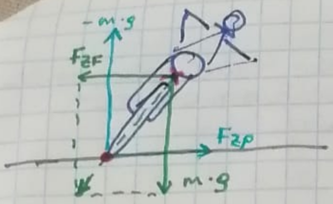
f bei 45° Rotorneigung ⇒ 1

$\Rightarrow m_{HELI} \cdot a_{PLANET} = \frac{V_{rotor}}{f} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot r_{rotor}^2 \cdot \pi \cdot \rho$

$$\boxed{V_{Rotor} = f \cdot \frac{m_{Heli} \cdot a_{Planet}}{r_{Rotor}^2 \cdot \pi \cdot \rho} \cdot \underbrace{\frac{\Delta t}{\Delta h}}_{\hat{=}\frac{f}{V_{ROTOR}}}}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{ROTOR} = \sqrt{f^2 \cdot \frac{m \cdot a}{r^2 \cdot \pi \cdot \rho}}}$$

m… Masse Heli
a… "Anziehungsbeschleunigung"
r… Radius der Rotoren
ρ… Dichte der Atmosphäre
t… Dauer des Fluges
h… Höhe der Säule, die Rotoren während der Zeit "t" durchdrückt
f… Umsetzungsfaktor (waagr. → senkr.)



Auftreffpunkt muss am Σ-Vektor liegen.

Zentripedal   zentrifugal

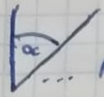
$$|F_{ZP}| = |F_{ZF}|$$

$$F_{ZP} = -m \cdot \omega^2 \cdot r = F_N \cdot \mu_r = m \cdot g \cdot \mu_r$$

$$m \omega^2 r = m g \mu_r \qquad [\omega \cdot r = v]$$

$$\frac{v^2}{r} = g \cdot \mu_r \Rightarrow v = \sqrt{g \cdot \mu_r \cdot r}$$

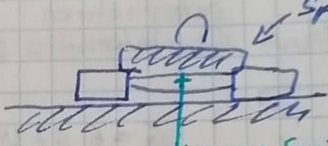
Kurvenradius



... Neigungswinkel

$$\tan(\alpha) = \frac{GK}{AK} = \frac{m \cdot \frac{v^2}{r}}{m \cdot g} = \mu_r \qquad \tan(\alpha) = \mu_r$$

Formel 1



$m \cdot g + \underbrace{\text{Spoiler}}_{> mg}$ $F_R = \mu \cdot F_N$ ⇒ in Kurven über $\sqrt{g}$

bei 60°

$$\tan(60°) = \sqrt{3} = 1{,}73$$

Massen-Trägheits-Moment

$$I = \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot r_i^2$$ ... Annahme: Gesamte Masse im Motorrad-Schwerpunkt

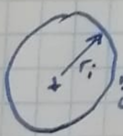
↳ r_i = Abstand zu Straßeberührpunkt

Impuls

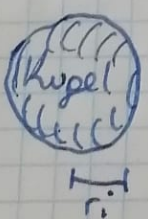
$$p = m \cdot v = F \cdot t$$

Drehmoment

$$L = I \cdot \omega = M \cdot t$$ ... Drehimpuls



Masse im Ring $I = m \cdot r_i^2$



ausgefüllt $I = \frac{2}{5} m \cdot r_i^2$

Frage: Um welchen Faktor muss der Rotor am Mars schneller/langsamer sein, damit er wie auf der Erde fliegen kann, wenn die Atmosphäre am Mars aus CO_2 bei 6mbar Druck besteht?

Annahme: Luft besteht aus 78% Stickstoff & 22% Sauerstoff

Info: Die Gravitation am Mars beträgt etwa $3,72 \frac{m}{s^2}$

$F = m \cdot a$ m... Masse der Luft, bzw. des CO_2

$\underbrace{v = a \cdot t}$ a... Gravitation auf den Planeten

$F = m \cdot \frac{v}{t}$ $\quad \rho = \frac{m}{V}$ mit $\left. V = A_{ROTOR} \cdot h \right\} m = \rho \cdot h \cdot A_{ROTOR}$

$\Rightarrow F = v \cdot A_{ROTOR} \cdot \rho \cdot \frac{h}{t} \longrightarrow F = v^2 \cdot A_{ROTOR} \cdot \rho$

senkrechte Geschwindigkeit — senkrechte Geschwindigkeit

$F_{Erde} = F_{Mars}$

1) Ohne Berücksichtigung der Gravitation $[F_{ERDE} = F_{MARS}]$

$$\frac{v^2_{Erde}}{v^2_{MARS}} = \frac{\rho_{MARS}}{\rho_{ERDE}}$$

Mars: $CO_2 \rightarrow 12 \frac{g}{mol} + 2 \cdot 16 \frac{g}{mol} = 44 \frac{g}{mol}$ bei 6mbar

Erde: $\underset{78\%}{N_2} + \underset{22\%}{O_2} \rightarrow 14 \cdot 0,78 \cdot 2 + 16 \cdot 0,22 \cdot 2 \approx 29 \frac{g}{mol}$ bei 1bar

$$\frac{v^2_{Erde}}{v^2_{MARS}} = \frac{44 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{29 \cdot 1 \cdot 10^{0}} \approx \frac{1}{110}$$

2) Mit Gravitation

$$\frac{g_{MARS}}{g_{ERDE}} = \frac{3,72 \frac{m}{s^2}}{9,81 \frac{m}{s^2}} \approx 38\%$$

$$v^2_{MARS} = v^2_{ERDE} \cdot 110 \cdot 38\%$$

$$v_{MARS} = \sqrt{41,8} \cdot v_{ERDE}$$

$$\boxed{v_{MARS} \approx 6,47 \cdot v_{ERDE}}$$

Newtonsche Gesetze

1. jeder Körper behält seine Geschwindigkeit und Richtung so lange bei, wie er nicht durch eine Kraft gezwungen wird, dies zu ändern.
2. $F = m \cdot a$
3. Wirkt ein Körper auf einen anderen Kraft aus, wirkt dieser mit einer gleich großen Kraft entgegen.

Kräfte

Gravitation:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{12}}$$ G... Gravitationskonstante

Coulombkraft:

$$F_c = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{12}}$$

Zentri-fugal/pedal:

$$F_z = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

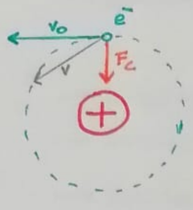
Reibung:

$$F_R = F_N \cdot \mu$$

F_N ... Normalkraft zu Boden
μ ... Reibungskoeffizient (Haft, Gleit, ...)

Coulombkraft

$$F_c = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r_{12}^2} \qquad F_c = Q \cdot \vec{E}$$



$F_c = F_{zp}$ (zentripedalkraft)

„Elektronen auf Kreisbahn", müssen stets in Richtung Kern beschleunigt werden, da sie ansonsten „gerade" aus „fliegen" würden.

$\Rightarrow$ Beschleunigte Bewegung

$Q \cdot \vec{a} \Rightarrow$ elektr. mag. Feld
$\rightarrow$ sendet Energie aus

$\Rightarrow$ Elektronen würden in Kern gezogen

$\Rightarrow$ e^- müssen „Wellen" sein

Resonanz

wenn Eigenfrequenz = Ausgangsfrequenz $\qquad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$
$\rightarrow$ höchste Amplitude

Ohr funktioniert auf diese Weise: Einzelnen Härchen + eigene Frequenz

Hörschwelle [p_0]

$$\left.\begin{matrix} 1\,kHz \mathrel{\hat{=}} 2 \cdot 10^{-5}\,Pa \\ 1\,Bar = 10^5\,Pa \end{matrix}\right\} 2 \cdot 10^{-10}\,Bar \qquad V_{dB\%} = \frac{bar}{Pa} = \frac{10^5\,Pa}{2 \cdot 10^{-5}\,Pa} = \underline{\underline{5 \cdot 10^9\,dB}}$$

p_0

$\boxed{p_0 = 2 \cdot 10^{-5}\,Pa}$

p... Druck in [Pa]

$$\boxed{L_p = 10 \cdot \lg\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{p}{p_0}\right)}$$

$\underline{\text{d}L_p = 10\,dB}$

$$\frac{10\,dB}{20} = \lg\left(\frac{p}{p_0}\right) \Rightarrow 10^{0,5} \cdot p_0 = p$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{p \approx 63,25\,\mu Pa}}$$

Aggregatzustände

Fest, Kristallin

- in geometrisch-periodischen Folgen Angeordnet
  - → geordneter Zustand ("Fernordnung")
    - ↳ somit auch "Nahordnung"
  - → Kräfte: geringe Reichweite
  - → thermische Schwingungen ("Brown'sche Bewegung")
  - → Kristalle (z.B.: $NaCl$, LiF)
- VISKOSITÄT (verstärkt bei Flüssigkeiten)
  - → Reibung zwischen den Teilchen
  - → sinkt bei höheren Temperaturen
- Brown'sche Bewegung
  - → Cellolose wandert in Ölbad auf chaotischen Bahnen
  - → elastische Stöße der Moleküle
  - → chaotisch, thermische Bewegung der Moleküle

Flüssig

- Ordnung nur in kleinen Bereichen
  - → Nahordnung
  - → Bausteine gegeneinander „frei" verschiebbar
  - → VISKOSITÄT
  - → Brown'sche Bewegung

$$\boxed{\text{Dichte (FEST)} \approx \text{Dichte (FLÜSSIG)}}$$

- AMORPHE Körper
  - → Nahordnung
  - → zwischen fest und flüssig
  - → Brown'sche Bewegung
  - → brechen bei hohen Kräften
  - → fließen bei niedrigen Kräften

→ Glas (SiO_2; PbO_2)
→ Teer

gasförmig:

$$\boxed{\text{DICHTE}_{H_2O}\text{(Flüssig)} \approx 1600 \cdot \text{DICHTE}_{H_2O}\text{(Gas)}}$$

↳ Wasser $= 1000 \frac{kg}{m^3}$ ↳ Wasserdampf $= 0{,}65 \frac{kg}{m^3}$

1600

Gasförmig

- keine Ordnung mehr
  - → große Teilchen-Abstände
  - → Molekülkräfte verlieren, wegen geringer Reichweite, die Bedeutung
  - → Verhalten von Gasen von Molekularbewegung bestimmt
  - → Brown'sche Bewegung
  - → keine Reibung auf atomarer Ebene

Notizen

1 mol = $6{,}022 \cdot 10^{23}$ Teilchen
1 mol = 22,4 l ... bei Standartbedingungen
} Mol wurde über den „C" festgelegt in $\left[\frac{g}{mol}\right]$

Luft schwerer als Wasserdampf

Luft ↓ $N_2 + O_2$: 78% $\cdot 28\frac{g}{mol}$, 21% $\cdot 32\frac{g}{mol}$ | $\Sigma\ 28{,}6\ \frac{g}{mol}$

Wasserdampf ↓ H_2O-Dampf: $2 + 16 = 18\ \frac{g}{mol}$

~~22400~~

!Bei Wasser gilt!

$$\rho_{Fl} = \frac{22400}{M} \cdot \rho_{gas}$$

- ρ_{gas} → Dichte von Gas
- M → Molare Masse
- ρ_{Fl} → Dichte der Flüssigkeit

$22400 \hat{=} 22{,}4\ \frac{l}{mol}$

in Wirklichkeit Faktor: 1600

Hauptsätze

0 Hauptsatz (passiert ohne selber was zu tun)

→ unterschiedlich warme Körper: Temperaturausgleich | strebt zur maximalen Unordnung
→ vom warmen zum kälteren Körper
→ findet selbstständig statt

1 Hauptsatz

→ Gesamtenergie (abgeschlossene System) konstant
$\Delta E = 0$

→ Veränderung der Energie (nicht abgeschlossenes System)
⇒ $\Delta E = \Delta E_{zu} - \Delta E_{ab}$

2 Hauptsatz

→ Wärme nie von selbst von kalt nach warm
→ Kühlschrank verrichtet Arbeit um zu kühlen

3 Kepplersche Gesetz

Für alle Planeten gilt: Der Quotient aus den Kuben der großen Halbachsen und der Quadrate der Umlaufzeit ist konst.

$$\rightarrow \frac{r^3}{T^2} = \text{konst.}$$

Gravitation = Zentrifugalkraft

$$\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2} = m_2 \cdot \omega^2 \cdot r \qquad \omega = 2\pi \frac{1}{T} \qquad r_{12} \mathrel{\hat{=}} r$$

$$\underbrace{\frac{G \cdot m_1}{(2\pi)^2}}_{\text{konst.}} = \frac{r^3}{T^2}$$

a) m_1 ... zB. Erde m_2 ... zB. Sattelit

b) m_1 ... zB. Sonne m_2 ... zB. Planet

BSP ... Abstand Geostationäre (geosynchron) Satellit

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot m_1 \cdot T^2}{(2\pi)^2}}$$

$G = 6{,}67384 \cdot 10^{-11}$

m_1 ... Erde $= M_\oplus = 5{,}9722 \cdot 10^{24}$ kg

$T = 24$ h

„g" ... berechnen

$$F = m \cdot g$$

$$F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2} \Rightarrow g = \frac{G \cdot m_1}{r_{12}^2}$$

m_1 ← Erdmasse

r_{12} ← Erdradius

$\frac{1}{\quad}$ $[kg \cdot \frac{m}{s^2}]$

$Q = I \cdot t \mid Q = C \cdot U$

$1eV \hat{=} 1{,}602 \cdot 10^{-19} J$

Joule, Newtonmeter, Wattsekunden, Elektronenvolt

$\underbrace{\text{Joule, Newtonmeter, Wattsekunden, Elektronenvolt}}_{\text{Energie } [kg \cdot \frac{m^2}{s^2}]}$

$1Ws = 1Nm = 1J$

$\underset{\substack{\uparrow \\ P}}{[W]} \hat{=} U \cdot I$

$\Rightarrow 1J = 1VAs$

$Q \Rightarrow As = C$

$1J = 1VC$

Elementarladung

$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19} C$

$\underbrace{1eV}_{e^- \text{Volt}} \hat{=} \underbrace{1V}_{\text{Volt}} \cdot \underbrace{eC}_{e^-\text{-Ladung}}$

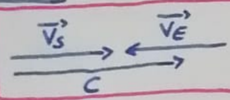
$1eV = 1{,}602 \cdot 10^{-19} C \cdot 1V = 1{,}602 \cdot 10^{-19} VAs$

$1eV = 1{,}602 \cdot 10^{-19} J$

DOPPLER-EFFEKT

$$\lambda = \lambda_0 \cdot \frac{c - v_S}{c + v_E}$$

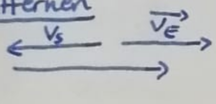
nähern



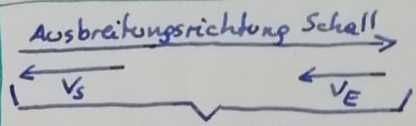
$$\boxed{f = f_0 \cdot \frac{c + v_E}{c - v_S}}$$

mit $v_E = c$ ... doppelte Frequenz
mit $v_S = c$ ... Frequenz wird ∞-hoch (Knall)

entfernen



$$f = f_0 \frac{c - v_E}{c + v_S}$$



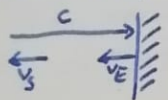
$$f_E = f_S \cdot \frac{c + v_E}{c + v_S}$$

Fledermaus-BSP

- sendet 74 kHz aus
- fliegt mit $6 \frac{m}{s}$
- Schall: $343 \frac{m}{s}$
- Schall wird an Mauer reflektiert

} welche Frequenz hört die Fledermaus

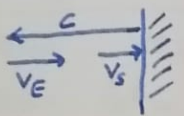
1) Mauer empfänger ($v_E = 0$)



$v_E = 0$
$v_S = -6$

$$f_{E1} = 74\,kHz \cdot \frac{c}{c-6} = 75318\,Hz$$

2) Mauer reflektiert ($v_S = 0$)



$v_S = 0$
$v_E = 6$

$$f_{E2} = f_{E1} \cdot \frac{c+6}{c} = \underline{\underline{76{,}635\,kHz}}$$

- **techn. Nutzen**
  - Astronomie: - Farbe der Sterne ändert sich
    - ⇒ v der Sterne relativ zu uns berechnen
    - ⇒ v umkehren, Zeit von Urknall bis jetzt berechenbar
    - Doppelsterne entdeckt
  - Radarkontrolle: – sendet Welle aus
    - ↳ Auto mit v_E reflektiert
    - ↳ Frequenzänderung = Geschw.

Wärmeausdehnung

Thermische Schwingungen bei zunehmender Temp. stärker

→ Moleküle/Atome brauchen mehr Platz

- Dehnungsfugen
- Dehnungsbehälter

α ... Längenausdehnungskoeffizient

γ ... Volumsänderungskonstante

$\gamma \approx 3 \cdot \alpha$

$l = l_0 + \Delta l$

$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\vartheta$

$V = V_0 + \Delta V$

$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\vartheta$

$\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \alpha \cdot \Delta\vartheta$

→ Gas & Flüssigkeiten

m ... konst.

$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$ $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1+\gamma\Delta\vartheta)}$

Anomalie des Wassers

→ Größte Dichte bei 4°C

Urknall

→ physikalische Theorien setzen Raum & Zeit voraus ↓
→ Planck-Zeit (10^{-43} sec.) nur in Zeiten darüber anwendbar
↳ Planck-Ära (Zeit nach Urknall) $T \approx 10^{32}$ Kelvin

→ meiste Betrachtung ab 300.000 bis 400.000 Jahre
↳ Atome bilden sich (Univers. durchsichtig)
↳ Hintergrundstrahlung tritt auf
} Licht kann Distanzen zurücklegen → freie Weglänge

→ Universum kann sich überlichtschnell ausdehnen
→ Inflation (von 10^{-35} sec. auf 10^{-32} sec.) um Faktor 10^{30} - 10^{50} ausdehnen
↳ Horizontproblem
↳ geringe Raumkrümmung
↳ keine magn. Monopole
↳ dass es Galaxien, usw. gibt (große Strukturen)
↳ Tempschwank in Hintergrundstrahlung

→ Teilchen löschen Antiteilchen aus (10^{-7}% weniger davon)
→

Myon $0{,}9998 \cdot c$ $\Rightarrow k = \frac{1}{\sqrt{399{,}96 \cdot 10^{-6}}} = 50{,}00250019$

$h = 10km$

$T = 2{,}2\mu s$

$v = 299{,}94 \cdot 10^{6} \frac{m}{s}$ $\Rightarrow \cdot 2{,}2\mu s = s_{max} = \underline{659{,}868m}$

rel Theorie

a) 2,2µs förs Myon sind für uns: $\underline{110\mu s}$ $\rightarrow s_{max} = \underline{32{,}995\,km}$ > 10km ✓

b) 10km für uns sind förs Myon: 200m < 650m ✓

→ beide Fälle erreicht das Myon den Boden leicht

Ruhe → $t' = 2{,}2\mu s \cdot k$

bew. → $s' = \frac{10km}{k}$

1) Inertialsystem?

- Bezugssystem
- v ist konstant, konstante Kräfte, Kräfte sind "NULL"! $\boxed{\text{keine Beschl.}}$!

2) Lorentz-Faktor?

$$k = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

3) Myon 99,98% c, HWZ: 2 µs?

1) BZS Erde: 600m · k => $\underline{\underline{30{,}0015\,km}}$

2) BZS Myon: $c = 3 \cdot 10^8 \rightarrow s = c \cdot t = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{600\,m}}$

Relativitätstheorie

wenn wir etwas anschauen z.B.: 1 Lichtjahr entfernt
dann können wir alles was sich mit dem Radius 1 LJ entfernt auf der Kugeloberfläche ist anschauen.

Bsp Flugzeug

$s = 300\ km$
$v = 300\ \frac{km}{h}$

Windstill
Wien - Sbg ... 1h
Sbg - Wien ... 1h
2h

15 min Diff.

$100\ \frac{km}{h}$ Wind
Wien - Sbg ... 0,75h
Sbg - Wien ... 1,5h
2,25h

ÄTHER

- → Inertialsystem
- → Unmessbar kleine Dichte
- → bremst Himelskörper NICHT ab
- → elastischer Festkörper (Wellenausbreitung)
- → erfüllt den ABSOLUTEN Raum

- → Michelson-Morley Experiment (1881) widerlegt Äther
- → müsste versch. Interferenzmuster erzeugen
- → Addition (Galilei-Transformation) ungültig

Folgen

- → Vaakuumlichtgeschw. konst. $\sim 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$
- → Weg & Zeit relativ

$k = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ ... Lorentzkonstante

↳ gleicht Fehler in New'tonscher Mechanik aus

$x_{BEW} = \frac{x_{RUHE}}{k}$ $\quad t_{BEW} = \frac{t_{RUHE}}{k}$ $\quad m_{BEW} = m_{RUHE} \cdot k$

→ Energie-Masse-Äquivalent

$$E = m \cdot c^2$$

- Impuls $= m_{RUHE} \cdot k \cdot v$
- kin. Energie: proportional zu Impuls

Urknall

nur wenn Photonenenergie $< 2 \cdot m_e \cdot c^2$, bilden sich keine Elektronen & Positronen mehr

Masse Elektron

Sternenentstehung

$\rho_{SONNE} = \frac{1340}{m^3}$

100 Mrd. Moleküle pro cm^3 viel oder wenig

- Wasser 1 mol ... $6 \cdot 10^{23}$ Moleküle $\hat{=} 22{,}4\,l = 22400\ cm^3$

$$\frac{100\ \text{Mrd}}{cm^3} \ll \frac{6 \cdot 10^{23}}{2{,}24 \cdot 10^4\ cm^3}$$

$$\frac{1 \cdot 10^{11}}{cm^3} \ll 2{,}68\ \frac{10^{19}}{cm^3}$$

Wellen

- Schallwellen sind periodische Druckschwankungen.
- Was ist Resonanz? Anregung, ... (Oszilator) Dämpfung?
- Was ist eine stehende Welle?

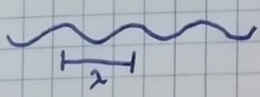
$$\omega_r = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Feder-pendel | Schwingkreis | Fadenpendel

OHNE Dämpfung

$$\omega_{r\delta} = \sqrt{\omega^2 - \delta^2}$$

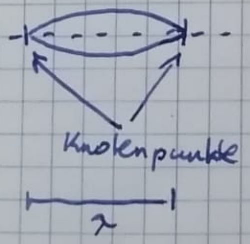
MIT Dämpfung



.... Bodenwellen mit Geschwindigkeit überfahren

→ Frequenz? $f = \frac{c}{\lambda}$ $c \hat{=} v$

stehende Welle



$$f = \frac{c}{n\frac{\lambda}{2}} = \frac{2c}{n \cdot \lambda}$$

$$k = \frac{\Delta x}{F}$$

$$\omega_{r0} = \sqrt{\frac{k_0}{m_0}}$$

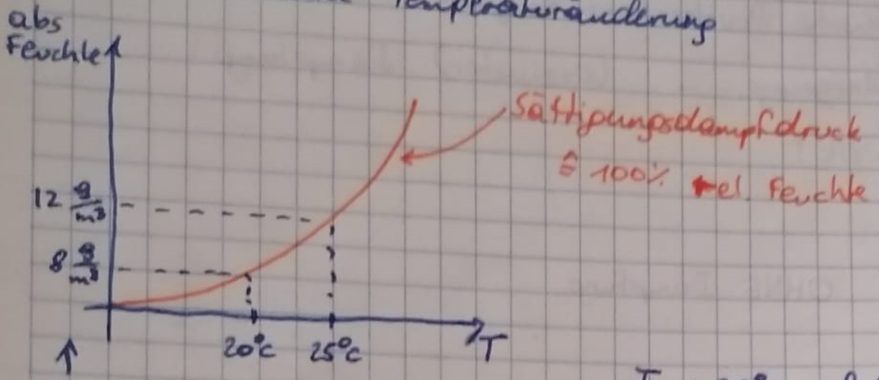
k_0 verdoppeln
m_0 halbieren

$$\rightarrow \omega_{r1} = 2 \cdot \sqrt{\frac{k_0}{m_0}}$$

- Ein- & Ausgangswerte von:
  - Benzin/Dieselmotor
  - Elektromotor
  - Brennstoffzelle

rel & abs. Feuchte

- adiabatische Temperaturänderung



↑ Werte sind Annahmen

ΔT → 20°C auf 25°C

50% rel → 33% rel

4 g/m³ bleiben 4 g/m³

- Beim aufsteigen am Berg kühlt ab.
- Wenn 100% rel. Feuchte erreicht → regnet
- Kondensationsenergie lässt Luft weniger schnell abkühlen

- funktioniert nur wenn relative Feuchte sich ändert - What wie?

Fusion

pro Nukleon ... ΔE zB. $4 \frac{MeV}{Nukleon}$ ... Annahme

↳ $\underbrace{H^2 + H^3}_{5g/mol} \rightarrow He + n + 4MeV \cdot 5$ → für jedes Nukleon

$\rightarrow 4 MeV \cdot 5 \cdot \underbrace{6{,}022 \cdot 10^{23}}_{\text{Anzahl der Teilchen pro Mol}}$

$5g\ (H^2 + H^3) \Rightarrow 120 \cdot 10^{23}$ MeV

MeV $\xrightarrow{\cdot e}$ J $\quad \underbrace{120 \cdot 10^{23} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}_{E \text{ in Joule}}$

→ wenn man sagt, es würden nur 15% fusioniert → mal 0,15 rechnen

→ Massendifferenz kann dann über $E = mc^2$ berechnet werden

→ He-Endprodukt um $\frac{E}{c^2}$ leichter

Je höher die Bindungsenergie, desto geringer die Gesamtenergie eines Elements
↳ Eisen geringste E_{ges}, größte Bindungsenergie

→ Bindungsenergie wird negativ angegeben

Photoelektr. Effekt

$E_{Photon} = \hbar \cdot \omega = h \cdot f$

↳ Planksches Wirkungsquantum

Photon ... Elementarteilchen der E-M-Wellen

$e \cdot U$ ... Energie

inklusive Spannung

$e \cdot U + \hbar\omega$ > Bindungsenergie ⟶ e^--Austritt

Ladungen

statisch: $\frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2 \cdot 4\pi\varepsilon_0} = F_c$ Coulomb [E-Feld]

bewegt: $Q(\vec{v} \times \vec{B}) = F_L$ Lorentz [H-Feld / B-Feld]

beschleunigt: $\hbar\omega$ => Photonen [EM-Wellen]

} elektromagnetische Wechselwirkung

Die EM-WW und schwache/starke Kernkraft können bei einer Energie über $2 \cdot 10^{16}$ GeV nicht unterschieden werden.

↳ In GUT-Ära aufgetreten