Beschleunigung Sportwagen:

Ein Sportwagen beschleunigt in 3,8 Sekunden von 0 auf 100 km/h. Wie weit ist der Wagen gefahren?

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{100\ km/h \cdot \frac{1000}{3,6}}{3,8\ s} = \frac{100}{3,8 \cdot 3,6} \cdot \frac{m}{s^2}$$

$$s(t) = \underbrace{s_0 + v_0 t}_{=0} + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{100}{3,8 \cdot 3,6}\right) \cdot (3,8)^2 = 53\ m$$

Freier Fall:

Ein Stein wird von 50 m hohen Brücke aus Ruhe fallengelassen. $g = 10\ m/s^2$

$$v(m/s) = v(km/h) / 3,6$$

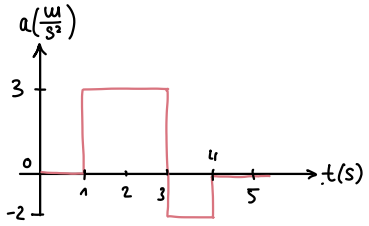
$$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow h = \frac{1}{2} g t^2$$
$$\rightarrow t^2 = \frac{2h}{g} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v(t) = \underbrace{v_0}_{=0} + a \cdot t = a \cdot t = g \cdot t$$

$$v = g \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{g^2 \cdot \frac{2h}{g}} = \sqrt{2hg} = \sqrt{1.000\ \frac{m^2}{s^2}} = 31,6\ m/s$$

Konstante Beschleunigung

Ein Körper startet mit $v=0$ & wird folgendermaßen beschleunigt:
Geschw. bei $t=5$?

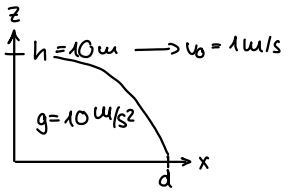


$$v(t_2) = v(t_1) + a \cdot \underbrace{(t_2 - t_1)}_{\Delta t}$$

$v(0) = 0\ m/s \rightarrow v(t=1s) = 0\ m/s + 0\ m/s \cdot 1s = 0\ m/s$
$v(3) = 0\ m/s + 3\ m/s \cdot 2s = 6\ m/s$
$v(4) = 6\ m/s - 2\ m/s \cdot 1s = 4\ m/s$
$v(5) = 4\ m/s + 0\ m/s \cdot 1s = 4\ m/s$

Wurfparabel

In welchem Abstand d fällt Stein zu Boden?



$$\left.\begin{aligned} x &= v_0 \cdot t \\ h &= \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned}\right\} d = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = 1,41\ m$$

Schiefer Wurf:

Stein wird unter 49° Winkel schräg hoch geworfen. $v = 10,8\ m/s$ (Abwurfgeschw.)
Wie hoch fliegt er max?

$$y_{max} = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 - \sin^2(\alpha)}{g} = 3,32\ m$$

Wie weit fliegt er? $d = \frac{2}{g} \cdot v_0^2 \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha) = 11,55\ m$

Kreisbewegung:

Kreisbewegung mit Radius $r = 25\,cm$; Umlaufzeit $T = 3{,}14\,s$. berechnen:

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ (Winkelgeschw.)
$v = \omega \cdot r$ (Geschw.)
$a = \omega^2 \cdot r = v^2/r$ (Radialbeschl.)

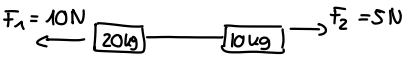
Erdumlauf um die Sonne:

Wie groß ist Zentripetalbeschl. a beim Umlauf Erde um Sonne? Abstand Erde-Sonne: 150 Trillionen km
↳ $150 \cdot 10^6\,km = 150 \cdot 10^9\,m$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 2 \cdot 10^{-7}/s$
$a = \omega^2 \cdot r = 0{,}006\,m/s^2$

Schwerpunktsatz:

Zwei Massen mit Seil verbunden, wie groß Betrag der Beschleunigung?



$F = m \cdot a$
$F = |F_1 + F_2| = 10 - 5\,N = 5\,N$
$a_S = F_{tot} / m = 5/30 = 0{,}17\,m/s^2$

Beschleunigung auf Alderaan:

Erdbeschl. $g = 10\,m/s^2$. Alderaan Riesenplanet mit 10-fache Masse der Erde & 2,5-fachem Radius.
Wie groß ist Gravitationsbeschl. auf Oberfläche? (G nicht lösen)

$F = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$

$g_E = G \cdot \frac{m_E}{r_E^2} \longrightarrow g_A = G \cdot \frac{m_E}{(2{,}5 \cdot r_E)^2} = \underbrace{G \frac{m_E}{r_E^2}}_{=10\,m/s^2} \cdot \frac{10}{2{,}5^2} = 16\,m/s^2$

Zentrifugalkraft & Coriolskraft

$F_{Zf} = m\omega^2 r$; $\vec{F_C} = 2m\,\vec{v} \times \vec{\omega}$

Coriolskraft:

Nordhalbkugel: F_C nach rechts
- Bewegung Norden → Ablenkung Osten
- Süden → Westen
- Osten → Süden
- Westen → Norden

Südhalbkugel: F_C nach links
- Norden → Westen
- Süden → Osten
- Osten → Norden
- Westen → Süden

Kräfte im Flieh karrussel:

Kügelchen mit Faden $l = 0{,}15\,m$ an Stab mit Winkelgeschw. $\omega = 1\,8/s$. Wird um Winkel α ausgelenkt. Abstand Kugel zu Achse $r = l \cdot \sin(\alpha)$
α berechnen mit Gewichtskraft F_g & Zentrifugalkraft F_z

$$\left.\begin{aligned} F_{zf} &= m\omega^2 l \sin(\alpha)\cdot\cos(\alpha) \\ F_g &= m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \end{aligned}\right\} F_{zf} = F_g \rightarrow \cos(\alpha) = \frac{g}{\omega^2 \cdot l} \rightarrow \alpha = \arccos\left(\frac{g}{\omega^2 \cdot l}\right) = 78{,}1°$$

Vollbremsung mit Rad:

Geschw. $v = 12\ m/s$. Gleitreib. koeff. $\mu_G = 0{,}8$.
Wie lang bei Vollbremsung bis steht?

$$F_G = \mu_G \cdot F_N = \mu_G \cdot m \cdot g \rightarrow a = \mu_G \cdot g$$
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow t = \frac{\Delta v}{a} = 1{,}5\,s$$

Wie weit ist es gefahren?

$$s = \underbrace{s_0}_{=0} + \underbrace{v_0}_{=12\,m/s} t + \frac{1}{2} \underbrace{a}_{-\mu_G \cdot g} t^2 = 9\,m$$

Buddy haut den Lukas

Mit welcher Geschw. muss mit 5kg schwerem Hammer gehauen werden, dass 100g Kugel 5m hoch fliegt?

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad // \quad W = m \cdot g \cdot h$$
$$\frac{1}{2} m v^2 = m \cdot g \cdot h \rightarrow v = \sqrt{\frac{2mgh}{M}} = 1{,}41\ m/s$$

Leistung 1:

Mit Kraft F wird Gegenstand in Zeit t um Distanz d verschoben. $\hat{=}$ Leistung P. Wie groß P wenn alle Werte $\cdot 2$?

$$P = \Delta W / \Delta t \quad // \quad W = F \cdot s$$

$$P = F \cdot s / \Delta t \rightarrow P = \frac{2F \cdot 2d}{2t} = 2\,\frac{Fd}{t} = 2 \cdot P$$

Leistung 2:

Lastenaufzug hat Leistung $P = 25\,kW$. Wie lange bis $1000\,kg$ auf Höhe $h = 50\,m$?

$$W = m \cdot g \cdot h$$
$$P = W/t \rightarrow \frac{mgh}{t} \rightarrow t = \frac{mgh}{P} = 20\,s$$

Rakete 1:

Rakete stößt 80% ihrer Masse mit Geschw. $v_m = 1\,km/s$ ab. Wie schnell ist Rakete nach Abwurf?

$$v = \frac{m}{M-m} \cdot v \rightarrow \underbrace{\frac{0{,}8M}{M-0{,}8M}}_{0{,}2} v = \frac{0{,}8}{0{,}2} v = 4 \cdot 1 = 4\,km/s$$

Rakete 2:

40% ihrer Masse mit $v_m = 1 km/s$. danach nochmal 40% der Anfangsmasse mit $v_m = 1 km/s$.
Abwurfgeschw. relativ zum bewegten System.

$$\left.\begin{aligned} v_1 &= \frac{0{,}4\,M}{M-0{,}4}\cdot v = \frac{0{,}4}{0{,}6}\cdot v \\ v_2 &= \frac{0{,}4\,M}{0{,}6-0{,}4}\cdot v = \frac{0{,}4}{0{,}2}\cdot v \end{aligned}\right\} \quad v = v_1 + v_2 = \frac{2}{3}u + 2v = \frac{8}{3}\cdot 1 \approx 2{,}7\ km/s$$

Inelastischer Stoß:

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_2 + m_2} = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{2m} = 0$$

Elastischer Stoß:

Kugel $m_1 = 10\,kg$ $v_1 = 1\,m/s$ auf Kugel $m_2 = 2\,kg$ $v_2 = -0{,}5\,m/s$. Wie schnell Kugel 2?

$$u_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\cdot v_1 + \frac{2m_2}{(m_1+m_2)}\cdot v_2$$

$$u_2 = \frac{2m_1}{m_1+m_2}\cdot v_1 + \frac{m_2-m_1}{(m_1+m_2)}\cdot v_2 \longrightarrow \text{lies das!} = 2\,m/s$$

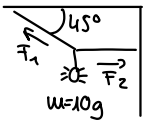
Drehimpulserhaltung:

Komet kommt Sonne mit Abstand $137\cdot 10^6\,km$ nah. Dort Geschw. $v = 44\,km/s$. Weitestes Abstand zur Sonne $55\cdot 10^9\,km$
Wie groß Geschw. da?

$$L = r \times p \rightarrow |r|\cdot|p|\cdot \sin\alpha$$
$$v_2 = v_1 \cdot \frac{r_1}{r_2} \;! \quad = 100\,m/s$$

Pfui Spinne:

Spinne in Zimmerecke. Wie groß F_2?



$$F_2 = \underbrace{\frac{mg}{\tan(45°)}}_{=1} = m\cdot g = 10\cdot 10^{-3}\,kg\cdot 10\,m/s^2 = 100\,mN$$

Rollende Kugel - Rotationsenergie

Kugel mit $m = 1kg$, $r = 5cm$ rollt mit Kreisfrequenz $\omega = 2s^{-1}$ über Boden. Trägheitsmoment $J = \frac{2}{5}mr^2$
Wie groß ist E_{rot} & E_{kin}?

$$E_{rot} = \frac{1}{2}\cdot J\omega^2 \quad (J = \tfrac{2}{5}mr^2) \quad = \frac{1}{5}mr^2\omega^2$$
$$E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2 \quad (v = \omega\cdot r)$$

$$E_{tot} = E_{rot} + E_{kin}$$

Rollende Kugel – Satz von Steiner

Wie groß ist Trägheitsmoment mit Drehachse am Auflagepunkt?

$J\vec{a}' = J\vec{s} + mh^2 = \frac{2}{5}mr^2 + mr^2 = \frac{7}{5}mr^2$

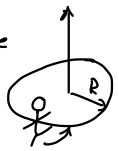
Rollende Kugel – Rotationsenergie

Wie groß E_{rot} mit Kreisfrequenz $\omega = 2/s$?

$E_{rot} = \frac{1}{2} \cdot J\,\omega^2 = 40 \cdot 10^{-4}\ J$

Drehscheibe:

Drehscheibe Radius $R = 2m$, Trägheitsmoment $J = 500\ kg/m^2$. Kind $m = 25kg$ läuft tangential entlang Scheibe & springt mit $v = 2{,}5\ m/s$ auf Rand drauf.



Wie groß ist <u>Drehimpuls L</u> vor Aufspringen relativ zur Drehachse?

$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m \cdot \vec{v} = R \cdot m \cdot v$

Wie groß ist <u>Trägheitsmoment</u> der Scheibe + Kind. (Kind = zusätzl. Massepunkt auf Rand)

$J = J_{Scheibe} + m \cdot r^2$

Drehimpulserhaltung: Mit welcher <u>Winkelgeschw.</u> dreht sich Scheibe wenn Kind drauf.

$\vec{L} = J \cdot \vec{\omega} \rightarrow \omega = L/J$

$v = \omega \cdot r$

Durchbiegung:

Balken Breite $b = 3cm$, Höhe $a = 10cm$, biegt sich am Ende um $\Delta h = 1{,}8mm$ Wie groß $\Delta h'$ wenn Balken nicht hochkant, sondern quer?

$$\Delta h = \frac{1}{E} \cdot \frac{4\ell^3}{a^3 \cdot b} \cdot F \longrightarrow \Delta h' = \frac{1}{E} \cdot \frac{4\ell^3}{b^3 \cdot a} \cdot F$$

$$\frac{\Delta h'}{\Delta h} \longrightarrow \Delta h' = \Delta h \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2$$

Bierbank:

$\ell = 1{,}80m$, $b = 25cm$, $d = 3cm$; wie groß Durchbiegung Δ, wenn $80kg$ in Mitte?

$E = 12GPa$, $g = 10\ m/s^2$

$$\Delta = \frac{1}{E} \cdot \frac{\ell^3}{4 \cdot d^3 \cdot b} \cdot \underbrace{F}_{\rightarrow m \cdot g}$$

Scherung Radiergummi:

$d = 2cm$, $b = 1cm$, $\ell = 3cm$ → zw. zwei Platten: ziehen in entgegengesetzte Richtungen. Scherung $\Delta x = 0{,}2cm$. Wie groß ist F?

$$\Delta x = \frac{\ell \cdot F}{G \cdot A} \longrightarrow F = \frac{\Delta x \cdot G \cdot A}{\ell}$$

Stempeldruck:

hydraulische Presse mit 2x kreisförmige Stempel. Radien R_1 & $R_2 = 25 \cdot R_1$. Welche Kraft F_1 bei Stempel 1 um bei Stempel 2 Kraft $F_2 = 2.000\,N$ zu erzeugen?

$$p_1 = p_2 \longrightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow \frac{F_1}{\pi R_1^2} = \frac{F_2}{\pi R_2^2}$$
$$F_1 = F_2 \cdot \frac{R_1^2}{R_2^2} = 2.000 \cdot \frac{R_1^2}{25 \cdot R_1^2} = \frac{2000}{25^2}$$

U-Rohr I:

U-Rohr mit Wasser (Dichte $\rho = 1{,}0\ g/cm^3$). Rohrenden oben offen & an Raumluft bei Druck $p_0 = 1\,bar$.

Wie viel bar auf Li Seite damit Höhendifferenz $\Delta z = z_r - z_l = 5m$

$p_s = \rho g h = \dots$

Wenn man Li sanft welcher Höhenunterschied Δz maximal?

$h = \frac{p}{\rho \cdot g} = \dots$

Kompression von Wasser:

$\rho = 1 g/cm^3$; Kompressionsmodul $K = 2 \cdot 10^9\,Pa$

Dichte in 10km Tiefe?

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{p}{K} \longrightarrow \Delta V = \frac{p}{K} \cdot V$$
$$\rho_2 = \frac{m}{V_1 - \frac{p}{K} \cdot V} = \rho_1 \cdot \frac{1}{1 - p/K}$$

Schwimmen 1:

Was schwimmt in Ethanol? $\rho = 789\,kg/m^3 \rightarrow \rho = 789 \cdot \frac{10^3 g}{(10^2)^3} = 789 \cdot 10^3\ g/cm^3$

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{a^3}$ in g/cm^3

Schwimmen 2:

Holz schwimmt in Wasser. Wie viel % schaut raus?

$$V_0 = \left(1 - \frac{\rho_K}{\rho_{FL}}\right) \cdot V \longrightarrow \frac{V_0}{V} = 1 - \frac{\rho_K}{\rho_{FL}} = \dots \cdot 100\,\%$$

Kapillarkompression:

Wie dünn dass 10m hoch?

$$\Delta h = \frac{2\sigma}{r \rho g} \longrightarrow \rho = \frac{2\sigma}{\rho g \Delta h}$$

Gesetz von Boyle-Mariotte

Luftballon Vol. $V = 1$ Liter ; V' bei 10m unter Wasser?

$p' \cdot V' = n \cdot p \cdot \frac{V}{n} = p \cdot V = const$

$V' = V \cdot \frac{p}{p'}$

p = Raumdruck = 1bar
p' = -"- + Schweredruck = 2bar

+ barometrische Höhenformel: Ballon auf Berg (h = 7750 m)

$$p(h) = p_0 \cdot e^{\underbrace{-\frac{(\rho_0 \cdot g)}{p_0}}_{=h_0 = 7750\,m} \cdot h}$$

$$V' = V \cdot \frac{p}{p'} = V \cdot \frac{1}{e^{-1}} = V \cdot e$$

Dichte der Atmosphäre auf dem Mars:

$$h_0 = \frac{p_0}{\rho_0 \cdot g}$$

Strömendes Wasser I:

Wasser in dickem Rohr. Wie groß Geschw. in kleinem Rohr?

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \rightarrow v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} \rightarrow v_1 \cdot \frac{\pi R_1^2}{\pi R_2^2}$$

Strömendes Wasser II:

Differenz Füllstände Δh wegen Druckunterschiede!

$$p_S = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow \Delta h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g}$$

Bernoulli-Gleichung:

Mit welcher Kraft F ziehen sich Blätter zsm wenn man zwischen pustet?

$$\left(p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2\right) \quad (v_2 = 0)$$

$$p = F/A \rightarrow F = \Delta p \cdot A = \left(\tfrac{1}{2}\rho v_2^2 - \tfrac{1}{2}\rho v_1^2\right) \cdot A = \tfrac{1}{2}\rho v^2 \cdot A$$

Magnus Effekt 1:

Geschwindigkeit Luft an beiden Seiten Ball.

$$v_{1,2} = v \pm \omega \cdot r = \begin{cases} v_1 \\ v_2 \end{cases}$$

Magnus Effekt 2:

Kraft an Seite von Ball

$$\left(\Delta p = p_2 - p_1 = \tfrac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2)\right)$$

$$F = \Delta p \cdot \underbrace{A}_{\pi R^2}$$

Hagen-Poiseuille-Gesetz:

$$I_1 = \frac{\pi \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot \ell} \cdot R^4 = A \cdot R^4 \rightarrow I_2 = A(2R)^4 = 16 \cdot I_1 \qquad // \quad \Delta p = \frac{8 \eta \ell}{\pi R^4} \cdot I \quad \left(I = \frac{V}{t}\right)$$

Versinken mit Stroke'scher Reibung:

$$v = \frac{2g(\rho_K - \rho_{FL})}{9\eta} \cdot R^2$$

Einsetzen von Turbulenz:

Reynolds-Zahl: $Re = \frac{\rho \cdot \ell \cdot v}{\eta}$

Turbulente Reibung:

$$F_g = F_R \rightarrow mg = \frac{\rho c_w A \cdot v^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2mg}{\rho \cdot c_w \cdot \pi R^2}}$$

Federpendel:

$\omega^2 = D/m \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$

$\omega = \sqrt{D/m}$

Fadenpendel:

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{g/l} \rightarrow \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{l} \rightarrow g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot l$

Getriebener Harmonischer Oszillator:

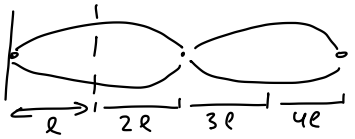
$X(t) = X_0 \cdot \sin(\omega_{ext} \cdot t + \varphi)$

$X_0(\omega_{ext}) = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_{ext}^2)^2 + (2\gamma\,\omega_{ext})^2}} = \frac{F_0/m}{\omega_0^2}$ → statischer Fall: $\omega_{ext} = 0$

$= \frac{F_0/m}{2\gamma\,\omega_{ext}}$ → resonante Anregung

Stehende Schallwelle:

$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$



$\lambda = 4 \cdot l$

Akustische Schwebung:

$T_{Schwebung} = \frac{1}{|f_1 - f_2|} = \frac{1}{f_{Schwebung}}$

Druckamplitude:

$I = \frac{1}{2} \cdot \frac{p_0^2}{\rho \cdot c_s} = \frac{1}{2} \rho c_s u_0^2$

$\rightarrow p_0 = \sqrt{2I \cdot \rho \cdot c_s}$

Schallschnelle:

$I = \frac{1}{2} \rho \cdot c_s \cdot u_0^2 \rightarrow u_0 = \sqrt{\frac{2I}{\rho \cdot c_s}}$

Wärmekapazität:

$\Delta Q = C \cdot \Delta T = c \cdot m \cdot \Delta T$

Mischtemperatur:

$T_m = \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2}{C_1 + C_2} = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot T_1 + c_2 \cdot m_2 \cdot T_2}{c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2}$

Wärmetransport:

$P = \frac{dQ}{dt}$

$p = \lambda \cdot \frac{A}{d} \cdot \Delta T = \dots$

Wärmeausgleich:

$\Delta T = \Delta T_0 \cdot e^{-t/\tau}$ // $\underbrace{\frac{\lambda A}{d} \cdot \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}}_{:= 1/\tau}$

$\tau = \frac{d}{\lambda \cdot A} \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \dots$

Thermische Ausdehnung:

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

Teilchen im idealen Gas:

$p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T \rightarrow N = \frac{p \cdot V}{k_B \cdot T}$

$p = \frac{N k_B T}{V}$

Zustandsänderung:

$p \cdot V = N k_B T \rightarrow \frac{V}{N k_B} = \frac{T}{p}$

$\frac{T_1}{p_1} = \frac{T_2}{p_2} \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$ // (Isobar) $T_2 = T_1 \cdot \frac{V_2}{V_1}$

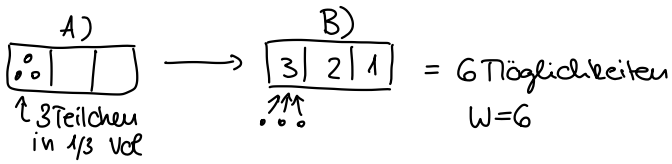
$\frac{p_1 V_1}{T_2} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$

Innere Energie:

$$U = \frac{f}{2} N k_B T = \frac{3}{2} N k_B T \quad \text{(1-atomig)}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{p_1 V_1}{T_1} \cdot \Delta T$$

Entropieänderung: (mikroskop.)



$$S(Z) = k_B \cdot \ln(\omega) \qquad [S] = J/K$$

$$\Delta S = S(B) - S(A) = k_B - \ln(6) = 1{,}8 \cdot k_B$$

Revesible isotherme Entropieänderung:

Entropieänd. bei x3 Vol. & N=3 Teilchen
↳ $V_2 = 3 \cdot V_1$

$$\Delta Q = N k_B T \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \rightarrow \Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = N k_B \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

Laserkühlung von Rubidium:

$$\Delta S = C_V \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

Erhitzen & Verdampfen:

Wasserkocher 0,1l von 20°C auf 100°C; wie lang?

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad ; \quad P = \frac{\Delta Q}{t}$$

$$t = \frac{\Delta Q}{P} = \frac{cm \cdot \Delta T}{P}$$

Wie lang bis 0,5L bei 100°C verdampft?

$$\Delta Q = \Delta Q_V \cdot m$$

$$P = \frac{\Delta Q}{t} \rightarrow t = \frac{\Delta Q}{P} = \frac{\Delta Q_V \cdot m}{P}$$