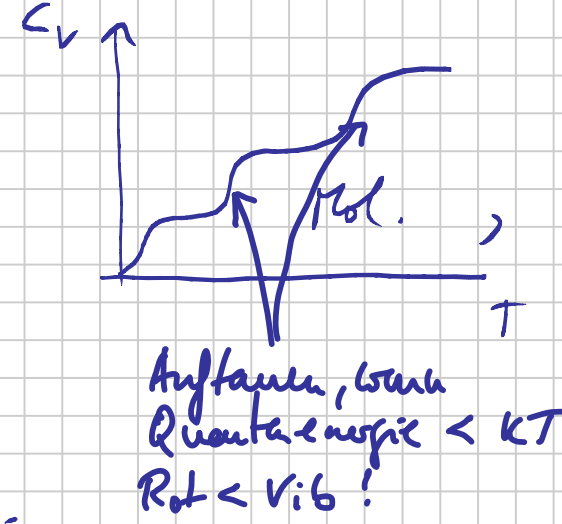
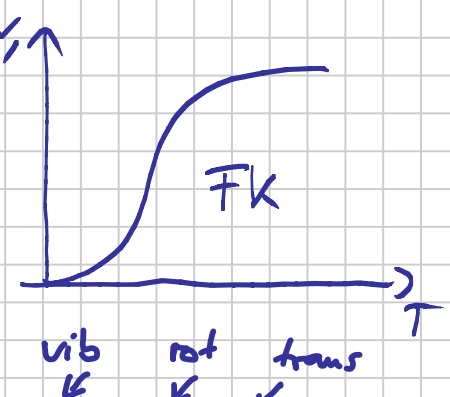


Theorie: Gleichverteilungssatz $U = \frac{1}{2} f k_B T$, c_v

Freiheitsgrad f (zwei pro Schwingungsmode)

festes Körper: $U = 3RT$ (Dulong-Petit)
 drei Rotationen drei Translationen
 bei hohen Temperaturen

N Atome $\rightarrow f = 3N$; N verbundene Atome $f = (3N-6) \cdot 2 + 3 + 3$

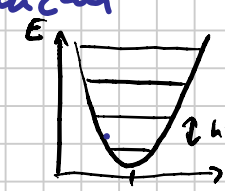


QM-Effekt. Nur Freiheitsgrade mit $h\nu < kT$ tragen zu c_v bei

Vibration: $E_n = h\nu(v + \frac{1}{2})$; Rotation: $E_j = B j(j+1)$; j - Drehimpuls-Quantenzahl

molare Wärmekapazität von Festkörpern in Einstein-Näherung: Alle ν gleich

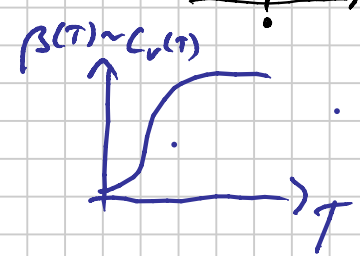
$$c_v = \frac{1}{n} \frac{dU}{dT} = \frac{3N_A k}{n} \cdot \left(\frac{h\nu}{kT}\right)^2 \cdot \frac{e^{h\nu/kT}}{e^{h\nu/kT} - 1} \rightarrow 3N_A k = 3R - \text{Dulong Petit.}$$



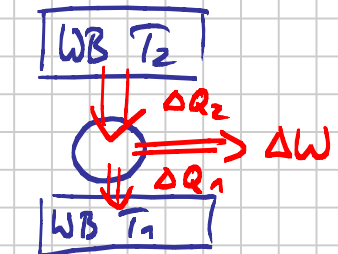
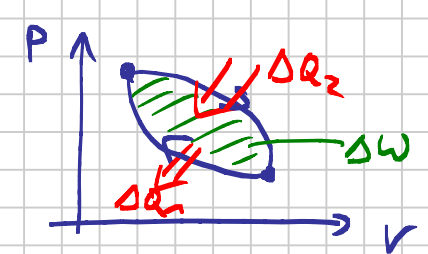
And Volumenausdehnung von Festkörpern: Nur Schwingungen mit $h\nu < kT$ tragen bei

Großeisenkonstante $1 < \alpha < 3$ $\Gamma = \frac{\beta}{c_v} \frac{k}{S}$

Volumenausdehnung linear mit Energie: $\frac{\Delta V}{V} = \beta(T) \cdot \Delta T = \Gamma \cdot \frac{S}{k} \cdot \frac{1}{n} \cdot m \cdot c_v \Delta T \Rightarrow \Delta V = \Gamma \frac{1}{k} \Delta U$



ideale Wärmekraftmaschinen
 zyklisch, Gas als Medium



Wirkungsgrad

$$\eta = 1 + \frac{\Delta Q_1}{\Delta Q_2} < 1!$$

Vorzeichen-Konvention: $\Delta Q_2 > 0$; $\Delta Q_1 < 0$; $\Delta W > 0$, wenn im Uhrzeigersinn...