

kT ... energie $293\text{K}(20^\circ\text{C}) \dots 4,04 \cdot 10^{-21}\text{J} \sim 25\text{meV}$

DVČ.6 Jakou práci je třeba vykonat k přesunu 100 elektronů přes potenciální rozdíl 0,5V? Jaký výkon (watt) je potřebný pro provádění 10^7 takových přesunů s frekvencí 10GHz?

T(K)	proces
$10^3 - 10^6$	Boze - Einsteinova kondenzace v parách alkal. kovů
2,18	supratekutost He^4
2,73	kosmické pozadí (CMB)
4,2	var He (při normálním tlaku)
20	var H_2
273,15	tání ledu
310	teplota lidského těla
933	tání Al
2720	var Al
~ 6000	povrch slunce
$\sim 10^7$	vnitřek hvězd

stavová rovnice řídkého plynu

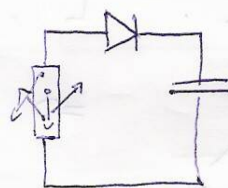
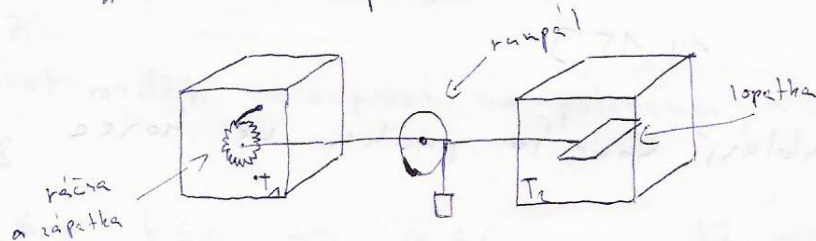
$$p \cdot V = N \cdot k \cdot T$$

nevrátlost termických procesů

- Maxwellův démon

$\Rightarrow$ „ráčna a zápatka“

$\Rightarrow$ usměrnění el. proudu

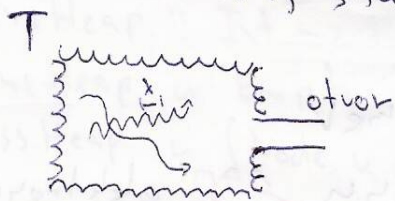


nelze -- konečná teplota

tepelný (chaotický) pohyb

- náboje elektronů a jader $\rightarrow$ "tepelné záření"

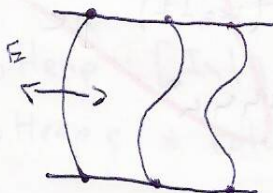
- rovnovážný stav



klasická fyzika

hustota možných elmag. módů v dutině

$$D(\omega) = \frac{\omega^2 \cdot V}{\pi^2 \cdot c^3} \quad \omega - \text{krátová frekvence}$$

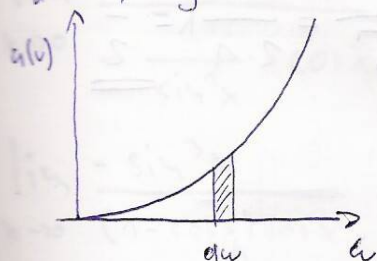


- energie každého módu je $k \cdot T$

spektrální hustota energie

$$u(\omega) = \frac{\omega^2 \cdot V}{\pi^2 \cdot c^3} \cdot k \cdot T \Rightarrow \text{špatně}$$

- "Rayleighův - Jeansův zákon" nebo "ultrafialová katastrofa"



- diverguje do ultrafialového spektra a dál

- ve skutečnosti: energie elmag. vlny je kvantová

$$E_n = n \cdot h \cdot \omega, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Planckova konst.

$$1,0546 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$\Rightarrow$ náhodné obsazení jednotlivých možností s pst.

$$P(n) = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-\frac{E_n}{kT}}} \cdot e^{-\frac{E_n}{kT}}$$

$\Rightarrow$ střední hodnota energie (místo klas. $k \cdot T$)

$$\langle E \rangle = \sum_{n=0}^{\infty} E_n \cdot P(n) = \dots = \frac{h \cdot \omega}{e^{\frac{E_n}{kT}} - 1}$$

Max Planck (1900)

$$u(\omega) = \frac{V}{\pi^2 \cdot c^3} \cdot \frac{h \cdot \omega^3}{e^{\frac{E_n}{kT}} - 1}$$