

Zadania 1. kola zimnej časti

Termín odoslania 06. 01. 2020

1.1 Soľ nad zlato

9 bodov

Pre kryštál NaCl sa potenciálna energia medzi dvomi rôznymi atómami (t. j. medzi Na a Cl) vzdialenými r dá napísať ako

$$V(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{B}{r^m},$$

kde $m > 0$. Prvá časť je elektrostatický potenciál a druhá časť je model odpudzovania dotýkajúcich sa atómov (dôsledok kvantovej mechaniky).

Vzdialenosť dvoch susedných atómov na mriežke je a . Aké musí byť B , ak vieme, že bez započítania energie z odpudzovania by energia celého kryštálu vyšla zle o približne 10% od skutočnej hodnoty? Výsledok uveďte ako funkciu m , a a iných konštánt.

Hint: Elektrostatická interakcia medzi všetkými atómami v mriežke NaCl sa dá napísať ako $V_{\text{lattice}} = 1.747 \cdot V(a)$. Dočítať sa, prečo to tak je sa dá napríklad [tu](#).

Za predpokladu, že kryštál je v rovnovážnej polohe, aké musí byť m ?

Spočítajte Youngov modul pružnosti takéhoto kryštálu. Dosadte hodnotu $a = 0,28$ nm, či model dáva rozumné predpovede.

Prediskutujte, či by tento model predpovedal aj teplotnú rozťažnosť kryštálu. (Neočakávame žiadny explicitný výpočet rozťažnosti.)

1.2 Tepelný pohon

9 bodov

Juraj sa rozhodol dobyť vesmír na novej rakete poháňanej radiáciou. Na rakete má okno veľkosti S , vnútri ktorého je láva kapacity C počiatocnej teploty T . Láva stráca teplo iba vo forme radiácie čierneho telesa. Odchádzajúce svetlo poháňa raketu hmotnosti M .

Uvažujte, že raketa má sférický tvar a je z dokonale odrazivého materiálu. Láva je dokonale čierna a umiestnená vo forme gule v strede rakety.

Na akú konečnú rýchlosť zrýchli Jurajova raketa?

Nájdite *rádovo* numerickú hodnotu horného ohraničenia najvyššej dosiahnuteľnej rýchlosti, ak by Juraj nadizajnoval svoju raketu optimálne (stačí len sa zamyslieť nad typickými hodnotami parametrov C , M , T).

1.3 The sky is the limit. Or is it?

12 bodov

- a) [3 body] Naďa strieľa na nekonečne rovinatej planéte šípy z kuše rýchlosťou v všetkými možnými smermi. Myslela si, že jediný limit, kam môže dostreliť je výška $h = v^2/(2g)$, ale nie je to tak. Ako vyzerá oblasť priestoru, kam môže dostreliť?

- b) [3 body] Naďa to dotiahla až do NASA a presvedčila ich, aby vypustili do vesmíru vrecúško s mincami. Vrecúško zastavili vo vzdialenosti r od Slnka a mince rozprskli do všetkých strán rýchlosťou v . Kam všade sa môžu mince v priestore dostať? Uvažujte, že $2GM_{\text{slnko}}/r > v^2$.
- c) [6 bodov] Ako sa zmení výsledok prvej časti po zarátaní lineárneho odporu vzduchu $F = -Cv$? Uvažujte slabý odpor vzduchu ($C/m \ll h/v$), a teda výsledok nám stačí len do prvého rádu v C .

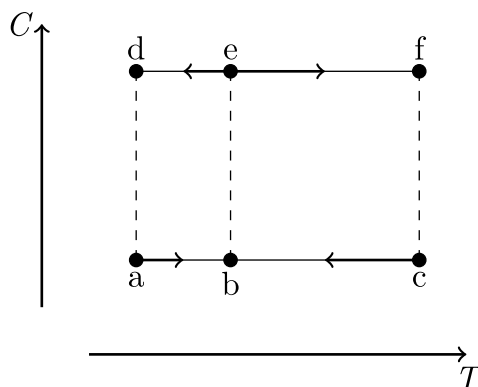
1.4 Cyklus

9 bodov

Na obrázku je graf cyklického procesu vykonávanom na neznámom množstve n dusíka. Graf je v $T - C$ súradniciach (T je teplota, C je tepelná kapacita pri danom procese) znázornený čiarami: $a \rightarrow b$, $e \rightarrow f$, $c \rightarrow b$ a $e \rightarrow d$. Poloha stredu súradnicového systému je neznáma, $C_d = 1 \text{ JK}^{-1}$, $C_a = 0,715 \text{ JK}^{-1}$, a pre cyklus platí

$$T_c - T_b = 2(T_b - T_a) = 200 \text{ K} \quad \text{a} \quad \frac{p_c}{p_a} = \frac{V_c}{V_a}.$$

- Určte prácu W vykonanú za jeden cyklus a efektívnosť ν .
- Určte teploty T_a , T_b a T_c .
- Narysujte cyklus v p - V súradniciach a určte n .



Obrázok 1: Termodynamický cyklus