



Zadania 1. série zimnej časti

Termín odoslania 11. 01. 2016

1. Kotúľanie loptičiek

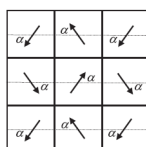
Miro sa začal hrať s loptičkami a pri tom si všimol, že kotúľanie loptičiek bez prešmykovania po vodorovnej podložke vlastne vôbec nemusí byť také nezaujímavé, ako sa môže zdať.

- Štandardný spôsob, ako sa môže kotúľať loptička bez prešmykovania, je taký, že množina dotkových bodov s podložkou tvorí kružnicu s polomerom samotnej loptičky. Vašou úlohou v tejto podúlohe je zistiť a správne odargumentovať, či sa môže loptička kotúľať bez prešmykovania po podložke aj inými spôsobmi.
- Uvažujme loptičku kotúlajúcu sa možno nejakým neštandardným spôsobom ako z predchádzajúcej podúlohy. Je možné, aby sa zmenil smer vektora rýchlosti ťažiska gule počas pohybu? Svoju odpoveď zdôvodnite aj formálnym výpočtom!
- Uvažujme znovu loptičku, ktorá sa pohybuje bez prešmykovania po podložke, znovu možno nejakým neštandardnejším spôsobom. Na podložke sa nachádza aj hárok papiera. Keď sa loptička dostane na papier, potiahneme ho v ľubovoľnom (vodorovnom) smere tak rýchlo, že môže dôjsť k prešmykovaniu loptičky vzhľadom na hárok papiera. Ukážte, že po tom, ako loptička zide z povrchu papiera a ustáli sa jej rýchlosť, je rýchlosť loptičky rovnaká ako predtým, než sa loptička dostala na povrch hárku papiera!

2. Molekuly na povrchu kryštálu

Bzdušo sa hral s molekulami absorbovanými na povrchu pevných kryštálov pri nízkych teplotách. Spozoroval, že molekuly sa typicky zorganizujú do pravidelnej štruktúry, napr. takej, že jedna molekula leží v strede štvorca s dĺžkou hrany a . Takéto štvorce pripomínajú na povrchu kryštálu šachovnicu. Bzdušo si všimol, že dvojatómové molekuly sú absorbované takým spôsobom, že ich dlhšia os je rovnobežná s povrchom a orientácia každej molekuly je určená elektrostatickou interakciou so susednými molekulami.

- Molekula CO má malý elektrický **dipólový moment** \vec{p} . Na obrázku sa nachádza časť šachovnice, kde je orientácia dipólových momentov parametrizovaná uhlom α . Uvažujme interakciu každej molekuly – dipólu, len s jej najbližšími ôsmimi susedmi. Pomôžte Bzdušovi nájsť uhol α , ktorý minimalizuje celkovú energiu E_{\min} a nájdite veľkosť tejto energie.

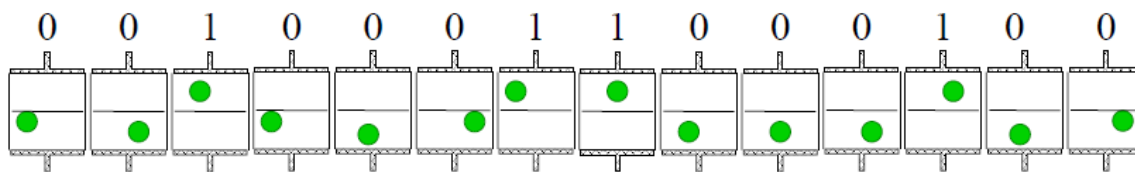


Obrázok 1: Usporiadanie do šachovnice na povrchu kryštálu

- Molekuly N_2 majú malý **kvadrupólový moment**, pretože kovalentné väzby vytvárajú malý negatívny náboj v oblasti medzi atómovými jadrami. Na základe tohto faktu a kvalitatívneho odhadu správania skúsťe nakresliť, ako vyzerá orientácia molekúl N_2 na šachovnici.

3. Spaľovanie informácie

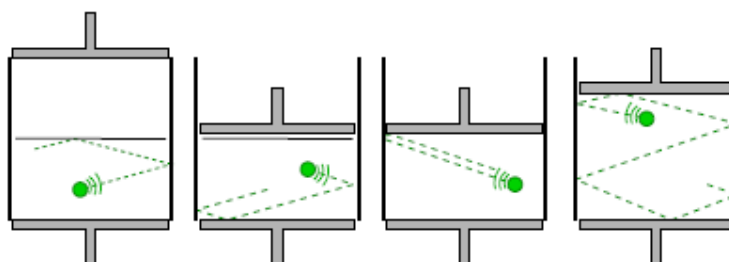
Mišo začal uvažovať, že si doma postaví stroj, ktorý by spaľovaním informácie vedel konať prácu. Mišo má informáciu uloženú na pomerne neštandardnom médiu, páske pozostávajúcej z krabíc rovnakej veľkosti, pričom v každej sa nachádza jeden atóm ideálneho plynu.



Obrázok 2: Mišovo médium

Každá krabica je rozdelená priehradkou na dve rovnaké časti. Priehradku vieme kedykoľvek vybrať. Horná a dolná stena krabice sú piesty, ktoré sa pohybujú bez trenia a vedú tak konaním práce tlačiť atóm do požadovanej časti krabice. Ak sa atóm nachádza v hornej časti krabice rozdelennej priehradkou, tak máme uloženú jednotku, ak sa atóm nachádza v dolnej časti krabice, tak máme uloženú nulu.

Všimnite si, že ak vieme, v ktorej časti krabice sa atóm nachádza, tak vieme posunúť piest v prázdnej časti krabice smerom k priehradke, odstrániť priehradku a nechať piest vrátiť sa do pôvodnej pozície. Zničíme tak informáciu, kde sa nachádza atóm, no vieme tak získať užitočnú prácu.



Obrázok 3: Spálenie informácie

- Predpokladajme, že plyn sa rozpína pri konštantnej teplote T . Aké množstvo práce vieme získať „spálením“ jedného bitu informácie?
- Ukážte, že zmenu stavu krabice (z nuly na jednotku alebo opačne) vieme urobiť vratne a zadarmo, ak vieme, v akom stave sa nachádza atóm v krabici.
- Preštudujte si koncept entropie. Vypočítajte, ako sa zmení entropia systému, keď „zabudneme informáciu“, t. j. keď odstránime priehradku. Pri výpočte použite koncept termodynamickkej entropie, a potom aj informačnej entropie.
- Predstavme si škriatka, „Maxwellovho démona“, ktorý by vedel konať prácu aj takým spôsobom, že by nemusel vedieť, v akom stave sa nachádza krabica (teda kde je atóm v krabici). Čo zabraňuje škriatkovi konať prácu takýmto spôsobom? Mišo navrhuje, že na odmeranie stavu, v ktorom sa nachádza atóm, musíme vykonať istú minimálnu prácu. V skutočnosti sa to však dá aj úplne zadarmo! Navrhните, ako by to išlo urobiť zadarmo a vysvetlite, prečo sa pri tomto spôsobe neporušuje druhý termodynamický zákon. A prečo teda vlastne škriatok nevie konať prácu takýmto spôsobom?