



FAKULTA MATEMATIKY,
FYZIKY A INFORMATIKY
Univerzita Komenského
v Bratislave

Čo majú spoločné parné stroje, Veľký tresk a tepelná smrť vesmíru?

Juraj Tekel

Katedra teoretickej fyziky



29. 7. 2024, Letná škola Trojstenu 2024, FMFI UK Bratislava





Neskoro plakat' nad
rozliatym mliekom.





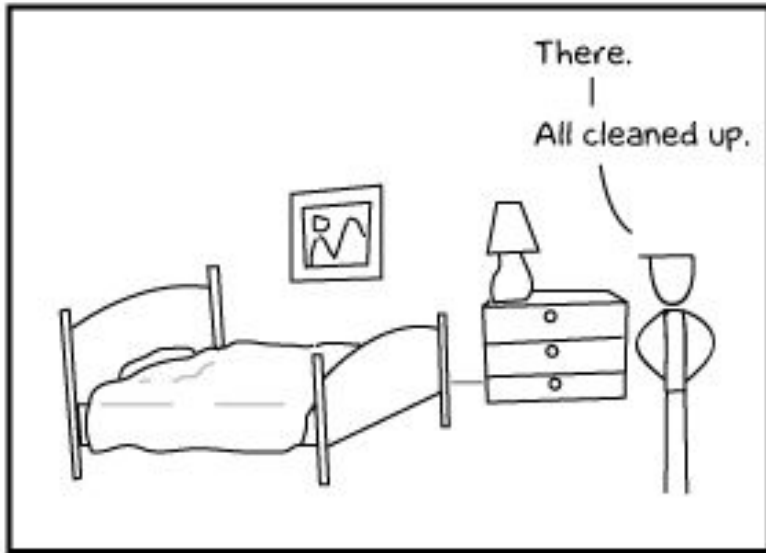
- Je rozdiel medzi minulosťou a budúcnosťou.
- Sú procesy, ktoré sa vedia diať iba jedným smerom.





Entropia





DOGHOUSEDIARIES





Časová symetria fyzikálnych zákonov

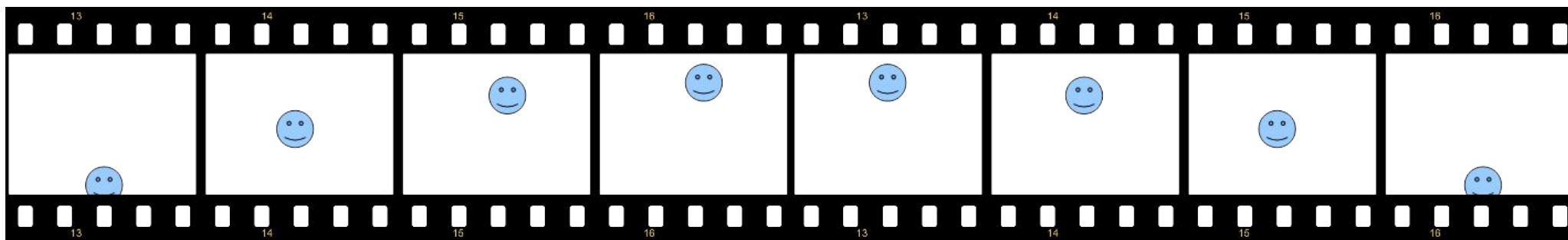
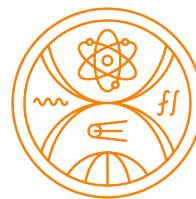




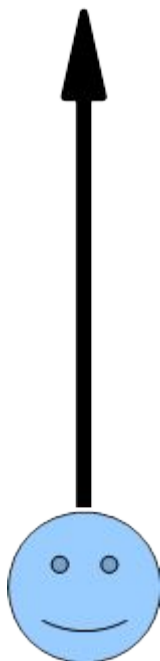
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

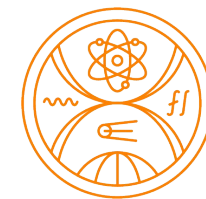


$$\vec{F} = m\vec{a}$$



$$\vec{F} = m\vec{a}$$





Nie všetko sa môže
udiat'

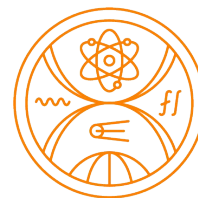






- Zákon zachovania energie.





Nie všetko čo sa môže
udiat' sa naozaj môže
udiat'







- Procesy, ktoré vedia bežať iba jedným smerom, definujú smer od minulosti do budúcnosti.
- Musia fungovať nad rámec obvyčajnej mechaniky.



Dva zákony termodynamiky



Dva zákony termodynamiky

- **Energia** sa zachováva.
- **Entropia** neklesá (a zväčša narastá).



Dva zákony termodynamiky



- **Energia** sa zachováva.
- **Entropia** neklesá (a zväčša narastá).

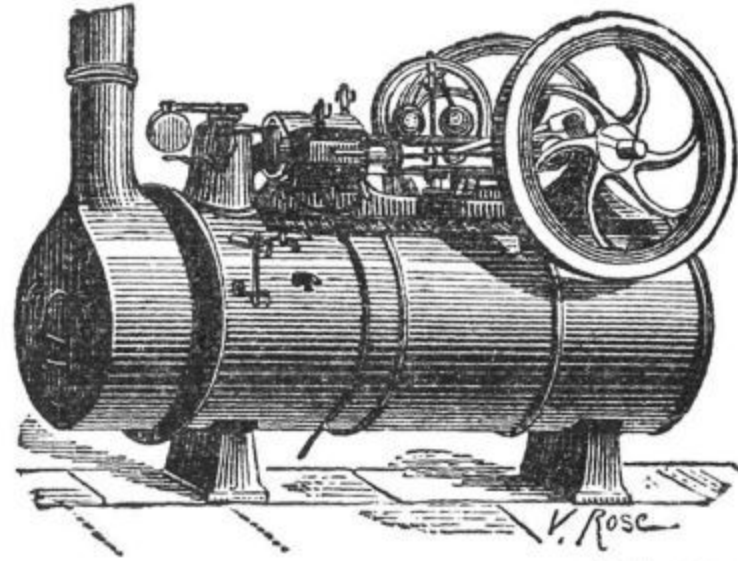
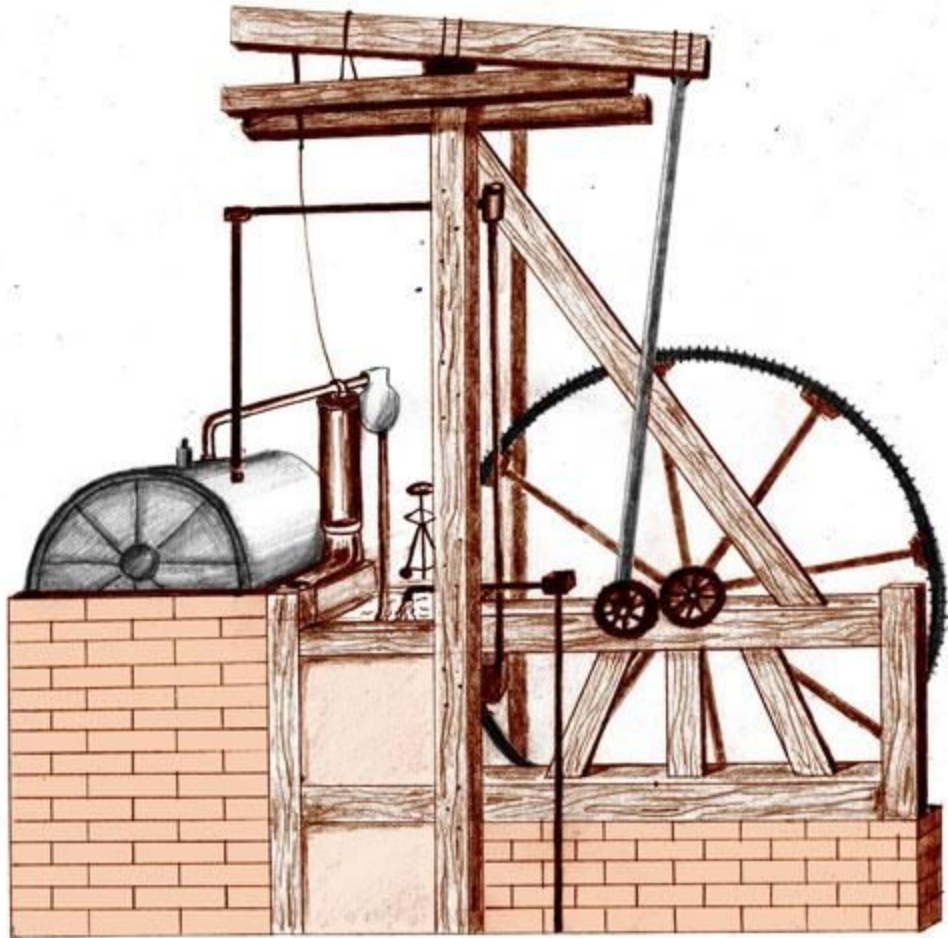
$$\delta Q = dU + dW \quad , \quad dS \geq 0$$





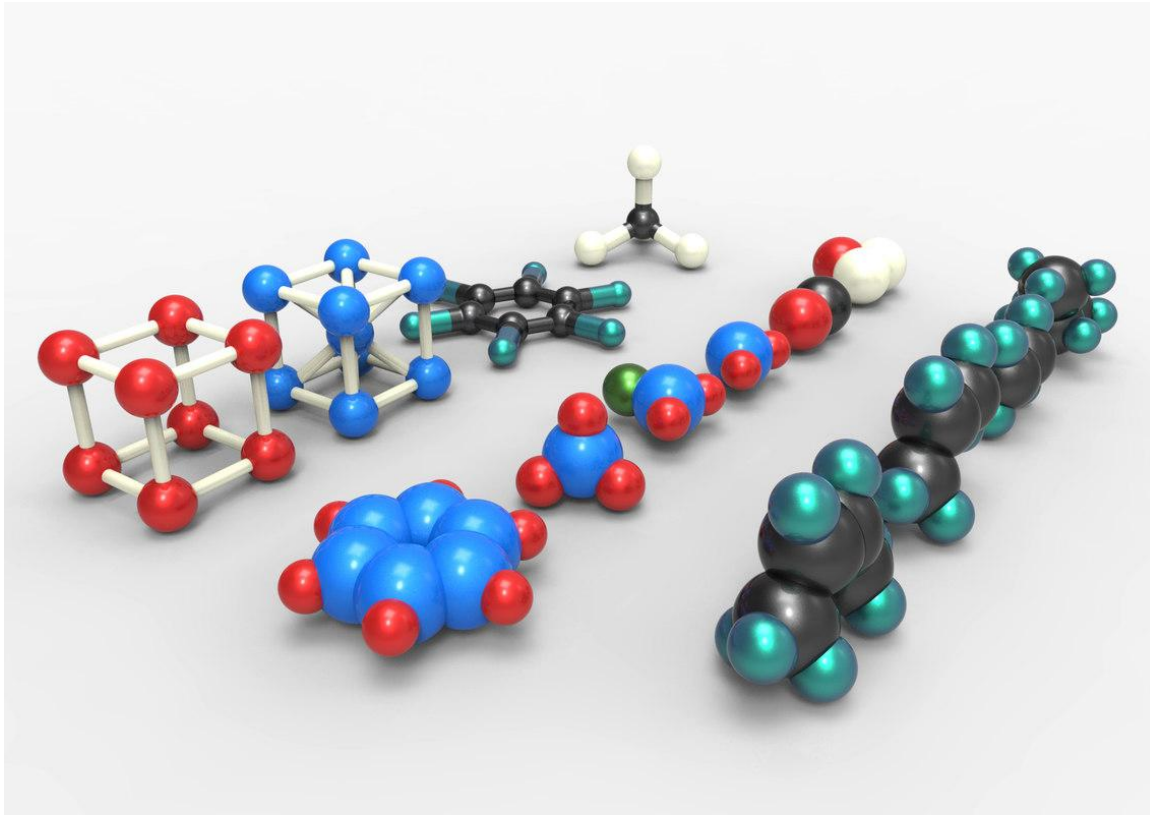
- Ako zužitkovať energiu zo šálky kávy a nestratiť ju celú do tepla miestnosti?





oldbookillustrations.com

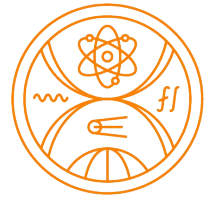
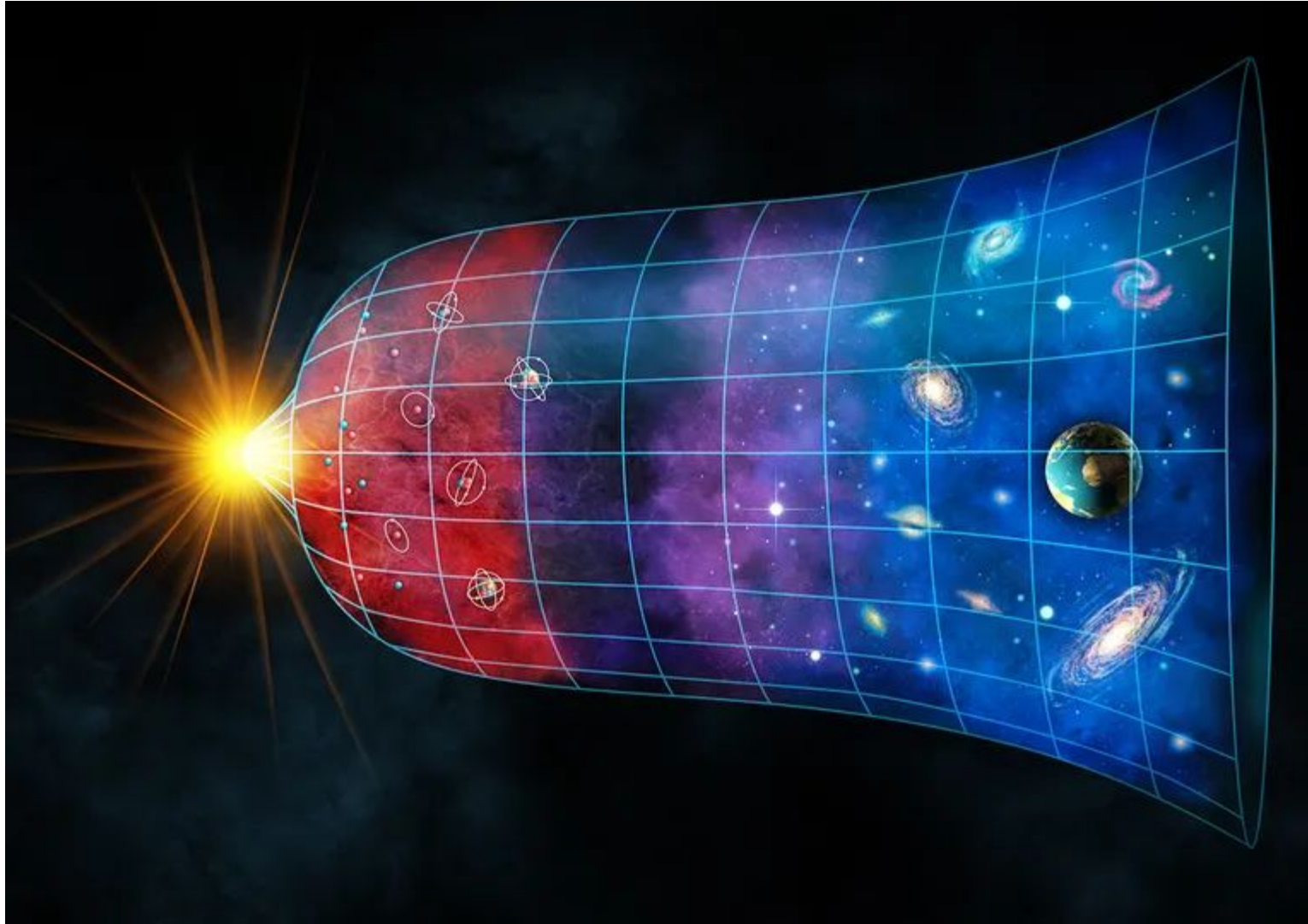


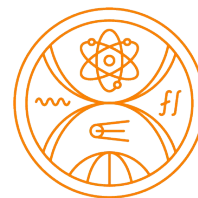


Velký tresk









Tepelná smrt vesmíru





- Pri všetkých zaujímavých procesoch sa zvyšuje entropia.





- Pri všetkých zaujímavých procesoch sa zvyšuje entropia.
- Keď vesmír dosiahne stav s najväčšou možnou entropiou, už sa nič zaujímavé nebude môcť udiť.

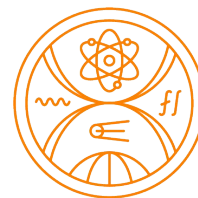




- Pri všetkých zaujímavých procesoch sa zvyšuje entropia.
- Keď vesmír dosiahne stav s najväčšou možnou entropiou, už sa nič zaujímavé nebude môcť udiť.
- Čas ako rozdiel medzi týmto a nasledujúcim momentom prestane existovať.







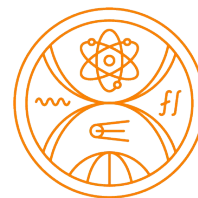
Čo s tým má sliiepka
zobkajúca praženicu?





Ďakujem za
pozornosť!





Nie všetko čo sa môže
udiat' sa naozaj môže
udiat'





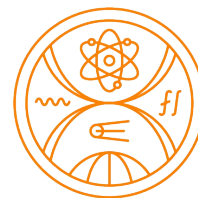
- Nemôžu sa udiat' také procesy, pri ktorých by sa ohrialo chladnejšie teleso od horúcejšieho a nič iné by sa nestalo.
- Alebo procesy, ktoré sa na toto dajú použiť.





- Nemôžu sa udiat' také procesy, pri ktorých by sa ohrialo chladnejšie teleso od horúcejšieho a nič iné by sa nestalo.
- Alebo procesy, ktoré sa na toto dajú použiť.
- Chladnička? Klíma?

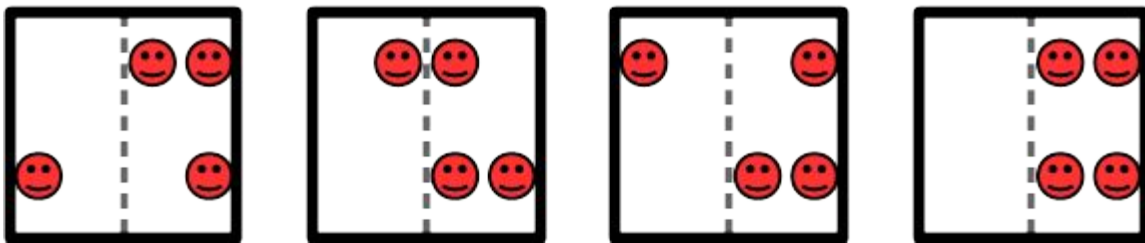
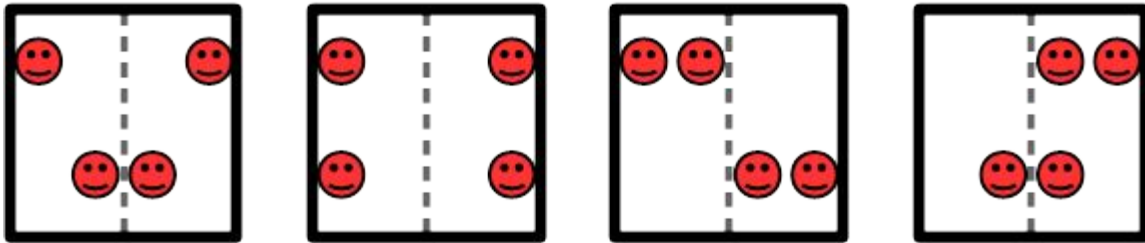
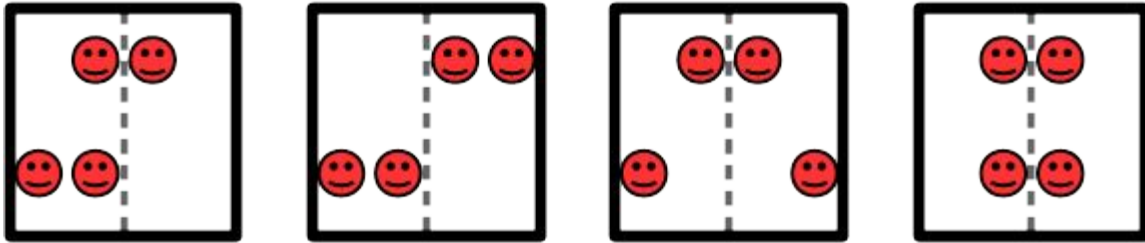
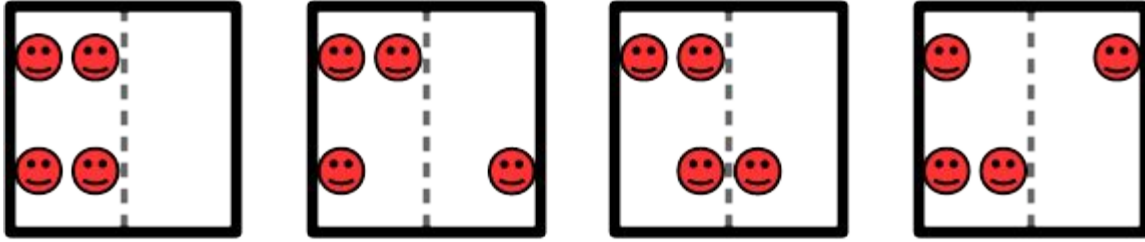




Entropia ako štatistický koncept

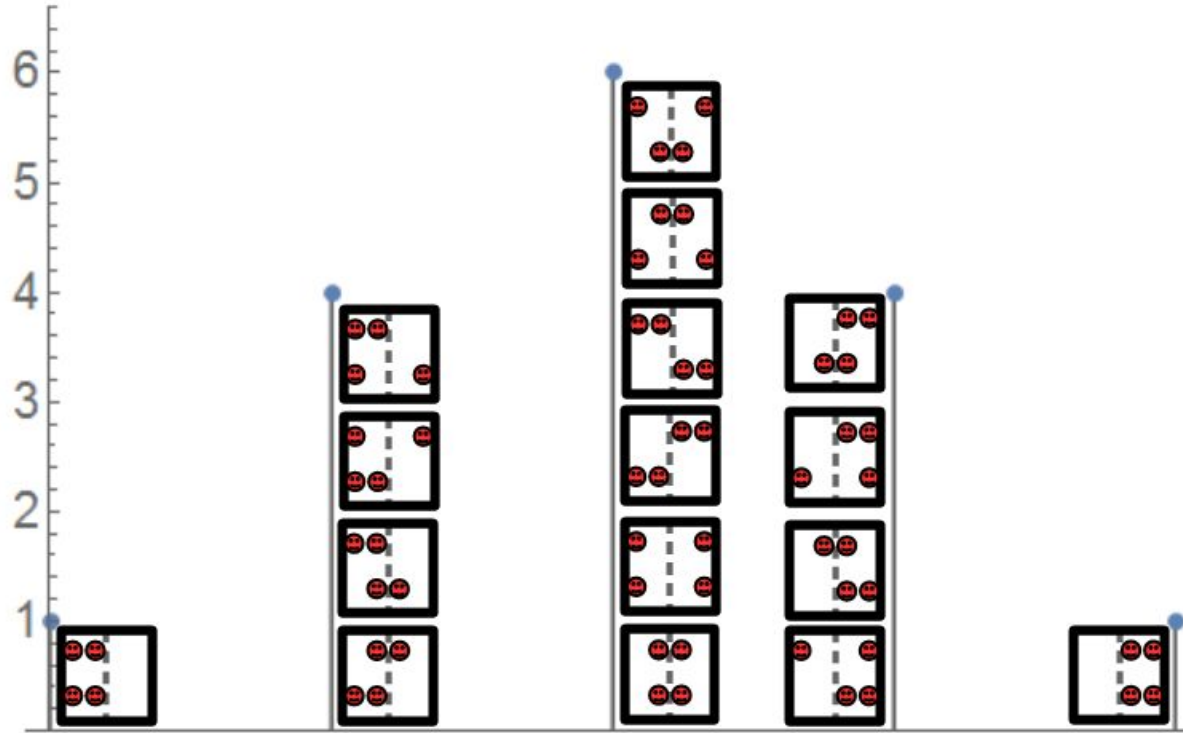








Počet možností



Iba v ľavej časti nádoby

Symetricky

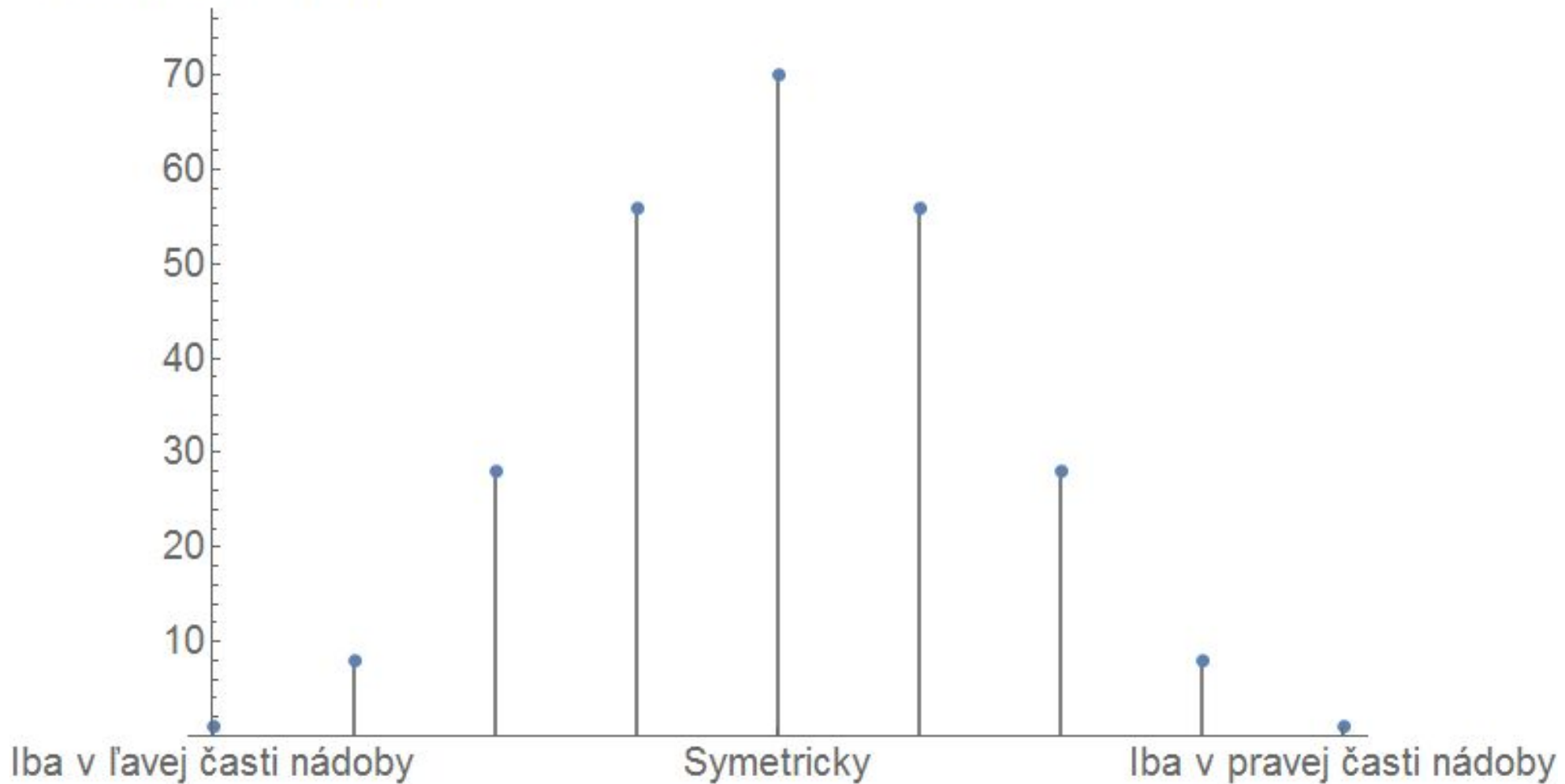
Iba v pravej časti nádoby

Rozdelenie molekúl



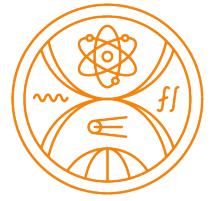
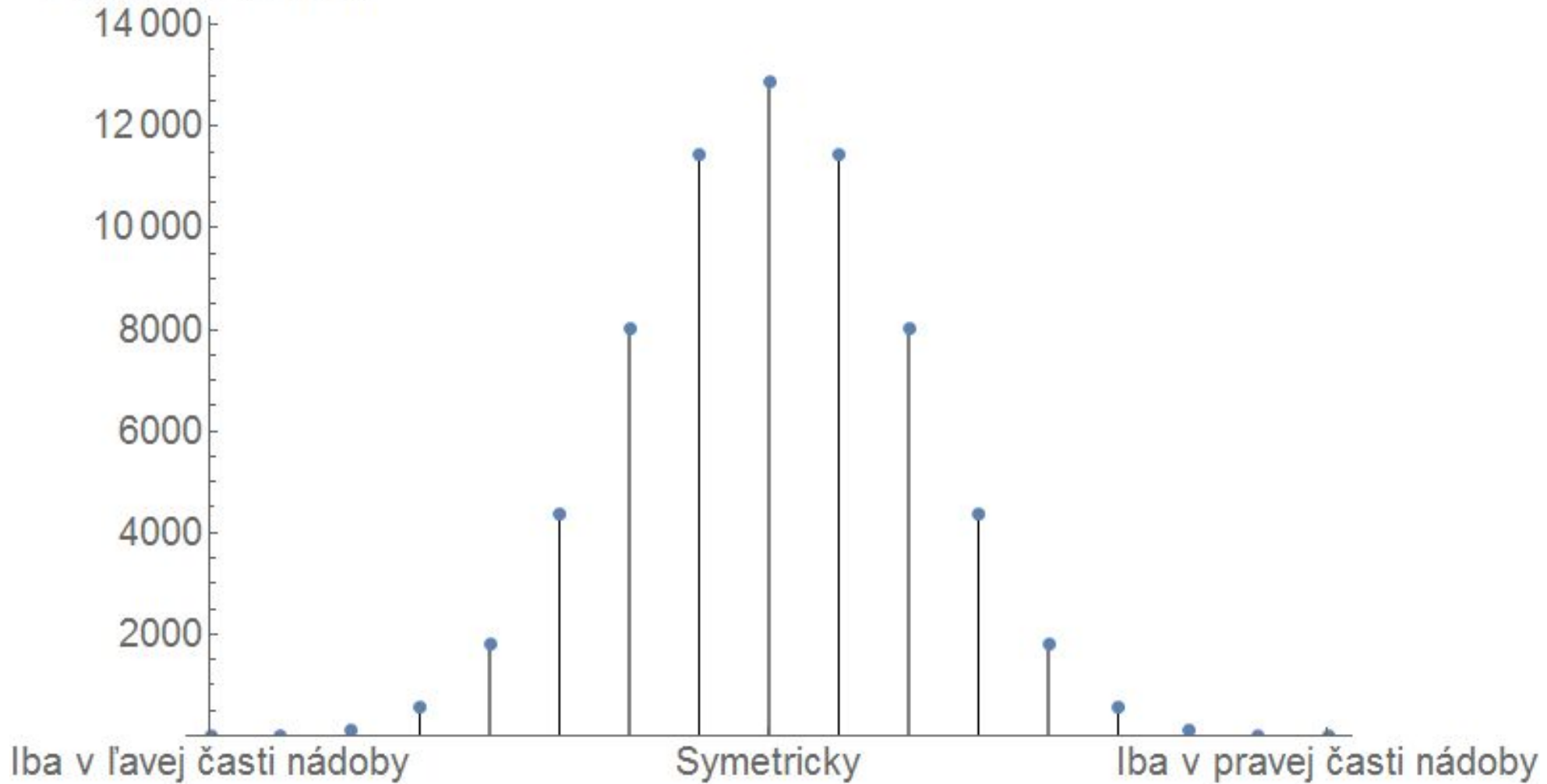
8 molekul

Počet možností



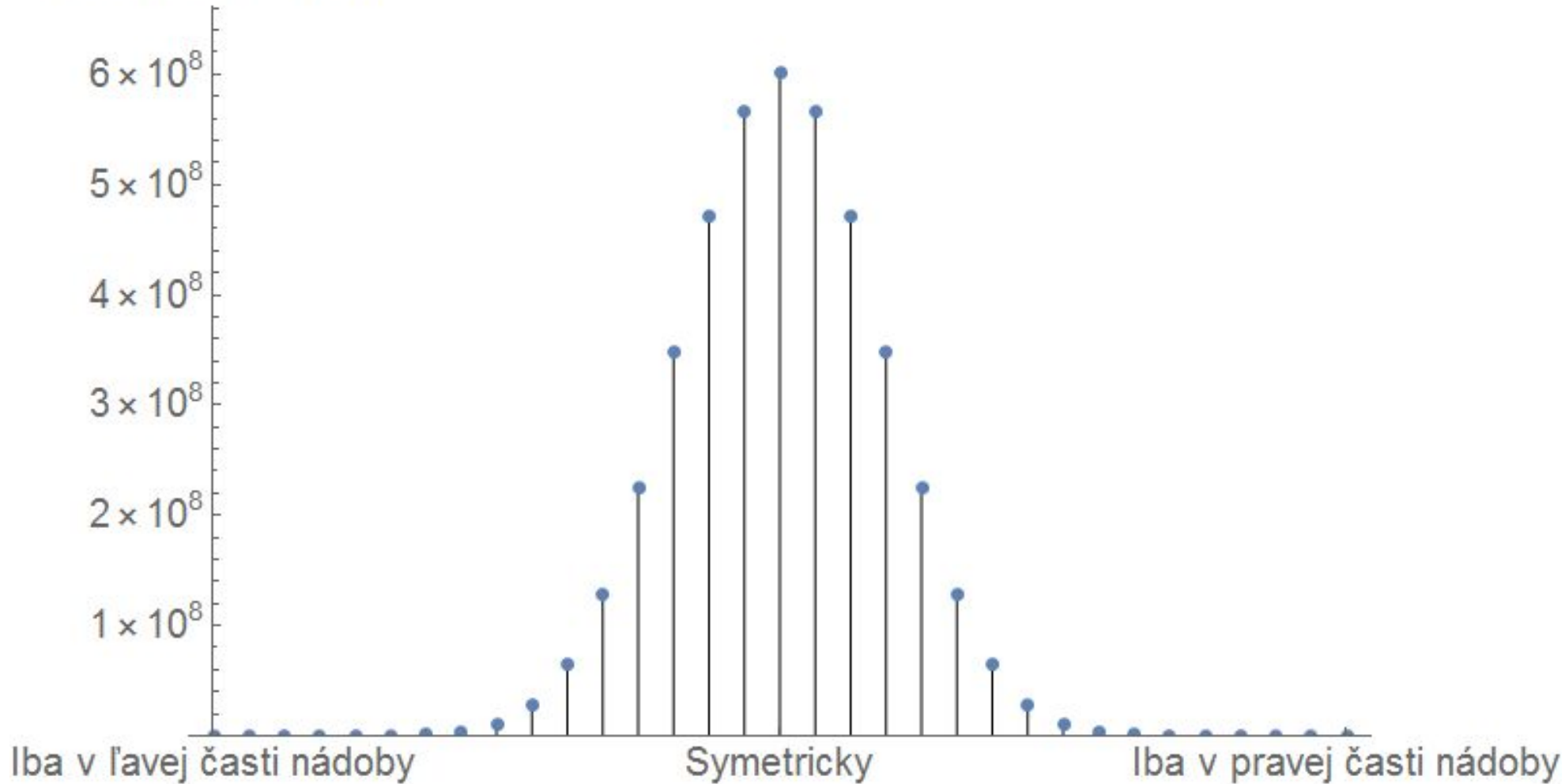
16 molekul

Počet možností



32 molekul

Počet možností



64 molekul

Počet možností
 2.0×10^{18}

2.0×10^{18}

1.5×10^{18}

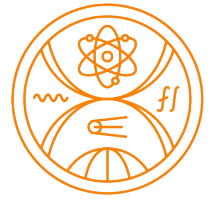
1.0×10^{18}

5.0×10^{17}

Iba v ľavej časti nádoby

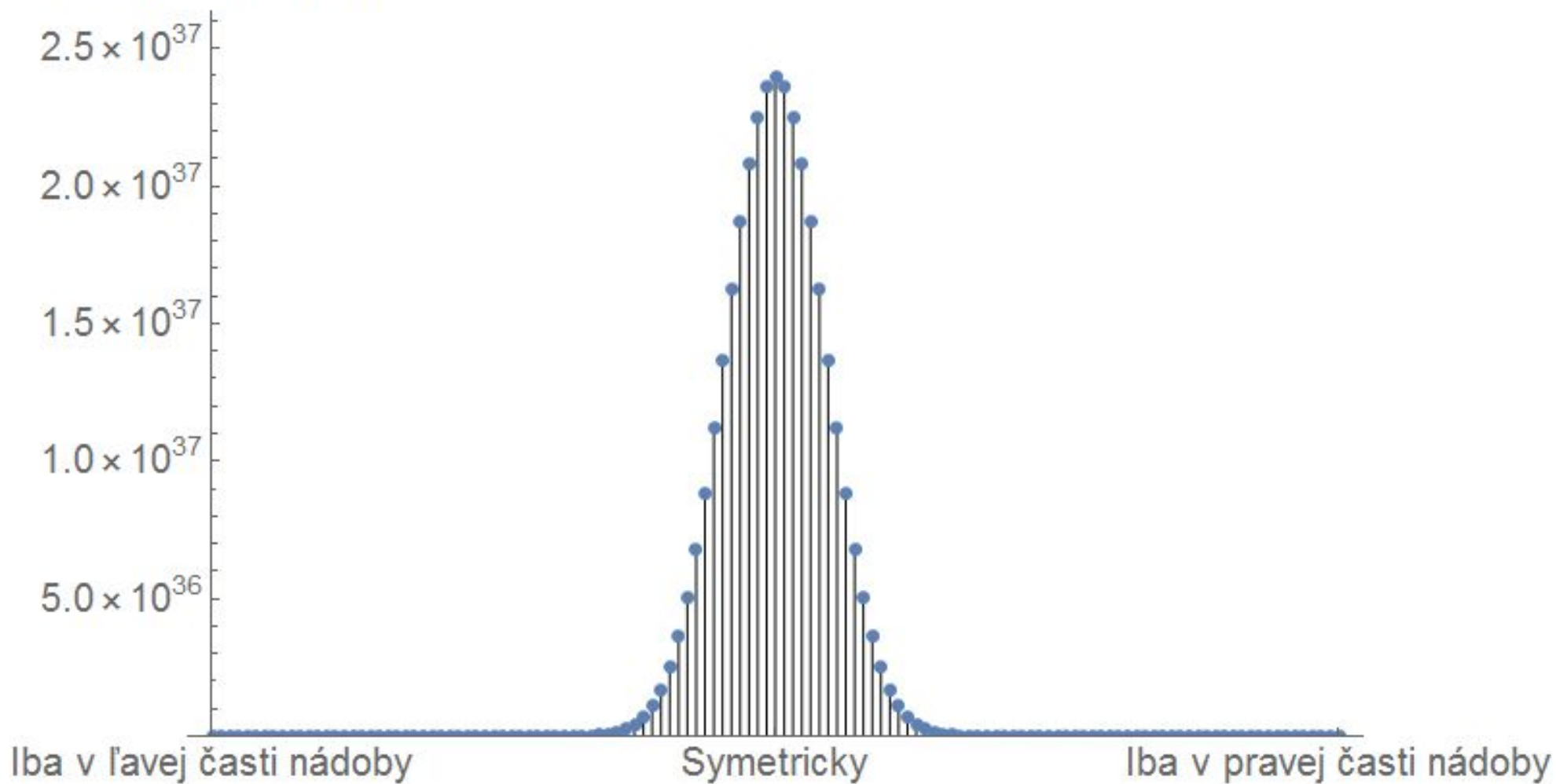
Symetricky

Iba v pravej časti nádoby



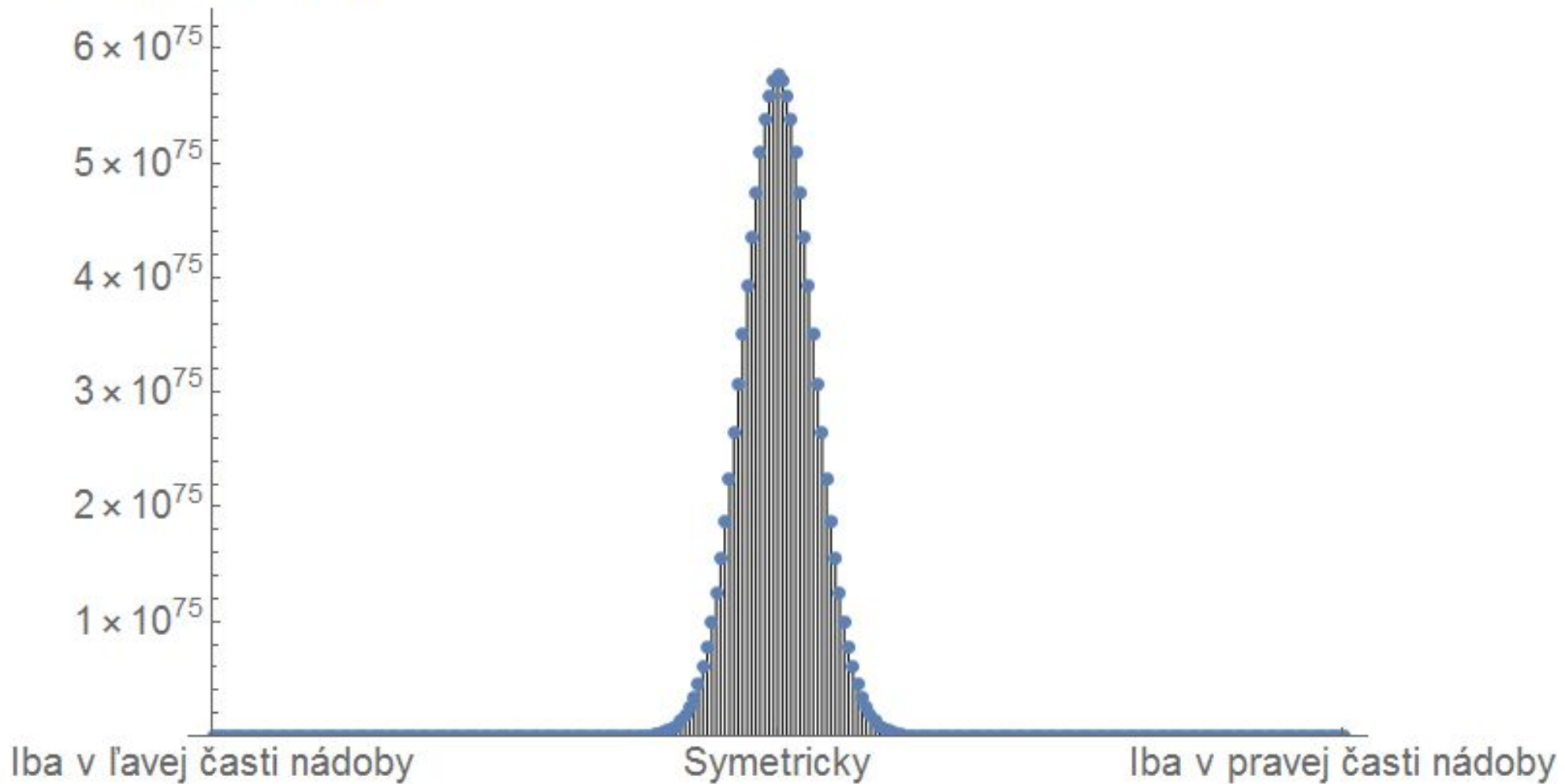
128 molekul

Počet možností

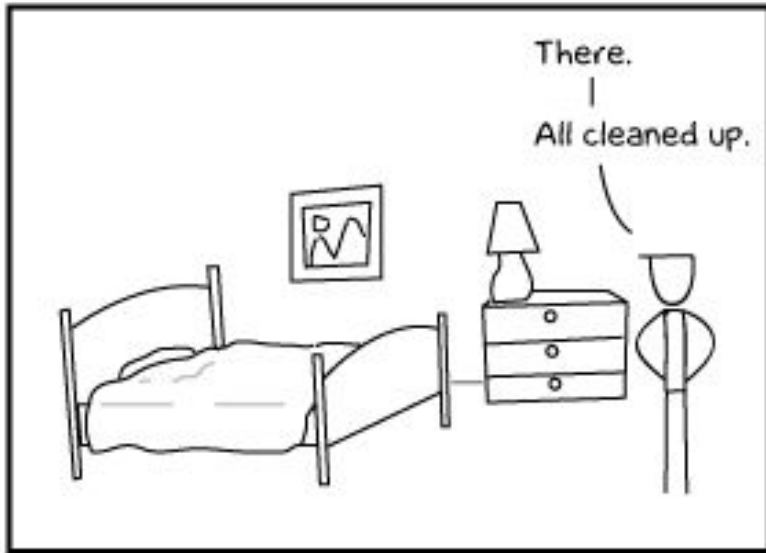


256 molekul

Počet možností







DOGHOUSE DIARIES

