



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



3. 2. 2025, PríDeň 2025, Gymnázium bilingválne, Žilina





Neskoro plakat' nad  
rozliatym mliekom.





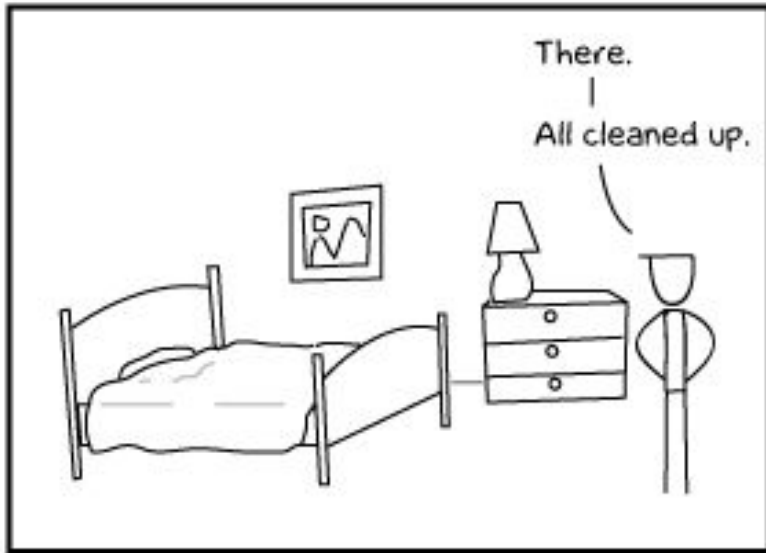
- Je rozdiel medzi minulosťou a budúcnosťou.
- Sú procesy, ktoré sa vedia diať iba jedným smerom.





# Entropia





**DOGHOUSEDIARIES**





# Časová symetria fyzikálnych zákonov



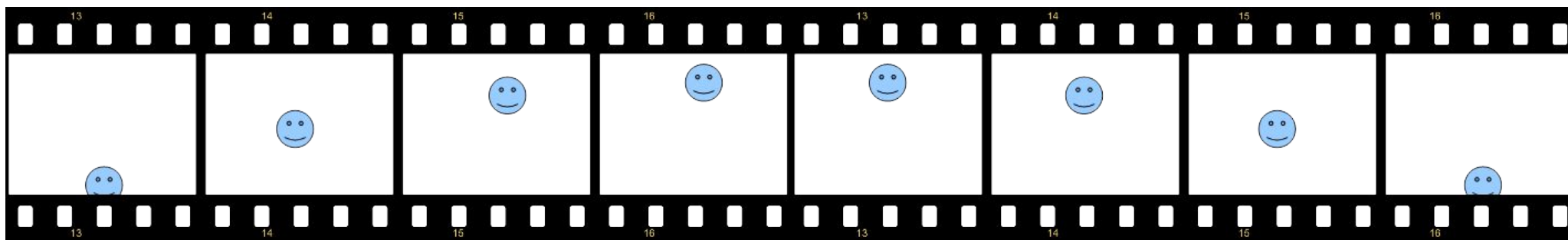
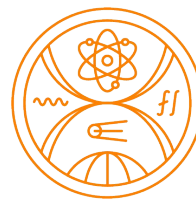


$$\vec{F} = m\vec{a}$$

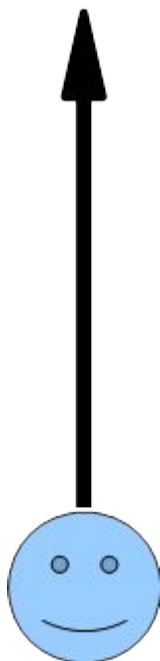




$$\vec{F} = m\vec{a}$$



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





Nie všetko sa môže  
udiat'

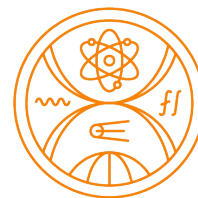






- Zákon zachovania energie.





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 väčšia narastá).



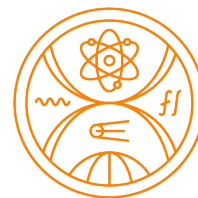
# Dva zákony termodynamiky



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

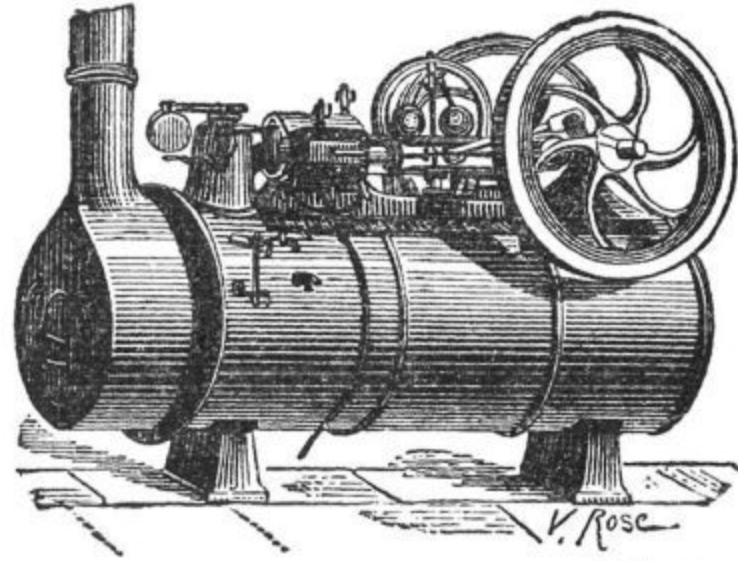
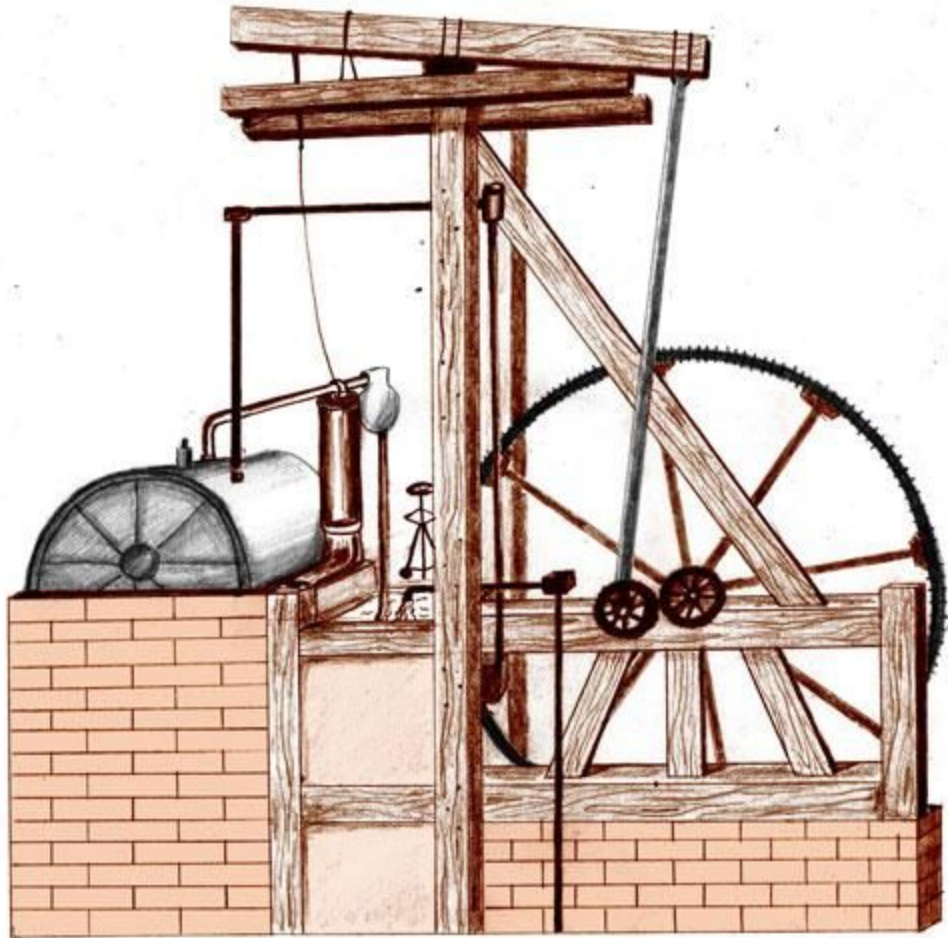
$$\delta Q = dU + dW \quad , \quad dS \geq 0$$





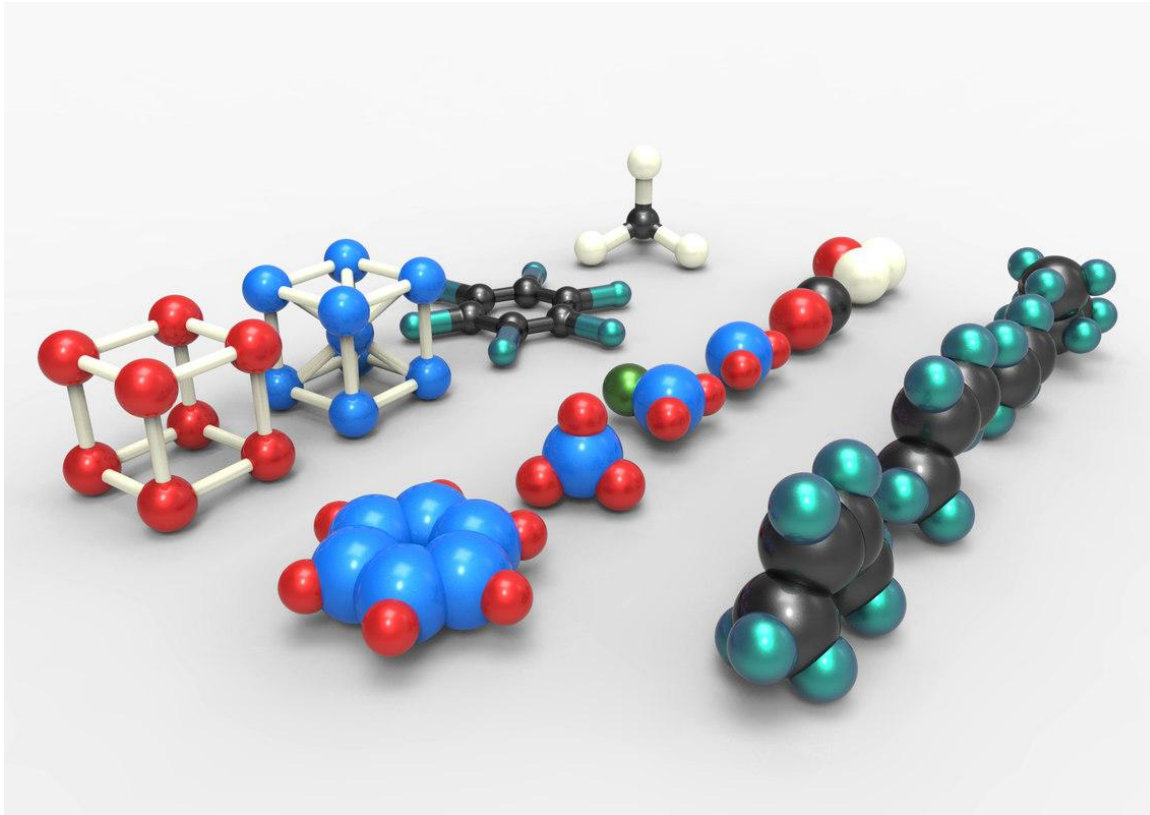
- Ako zužitkovať energiu zo šálky kávy a nestratiť ju celú do tepla miestnosti?





oldbookillustrations.com







- 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?

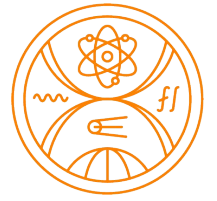
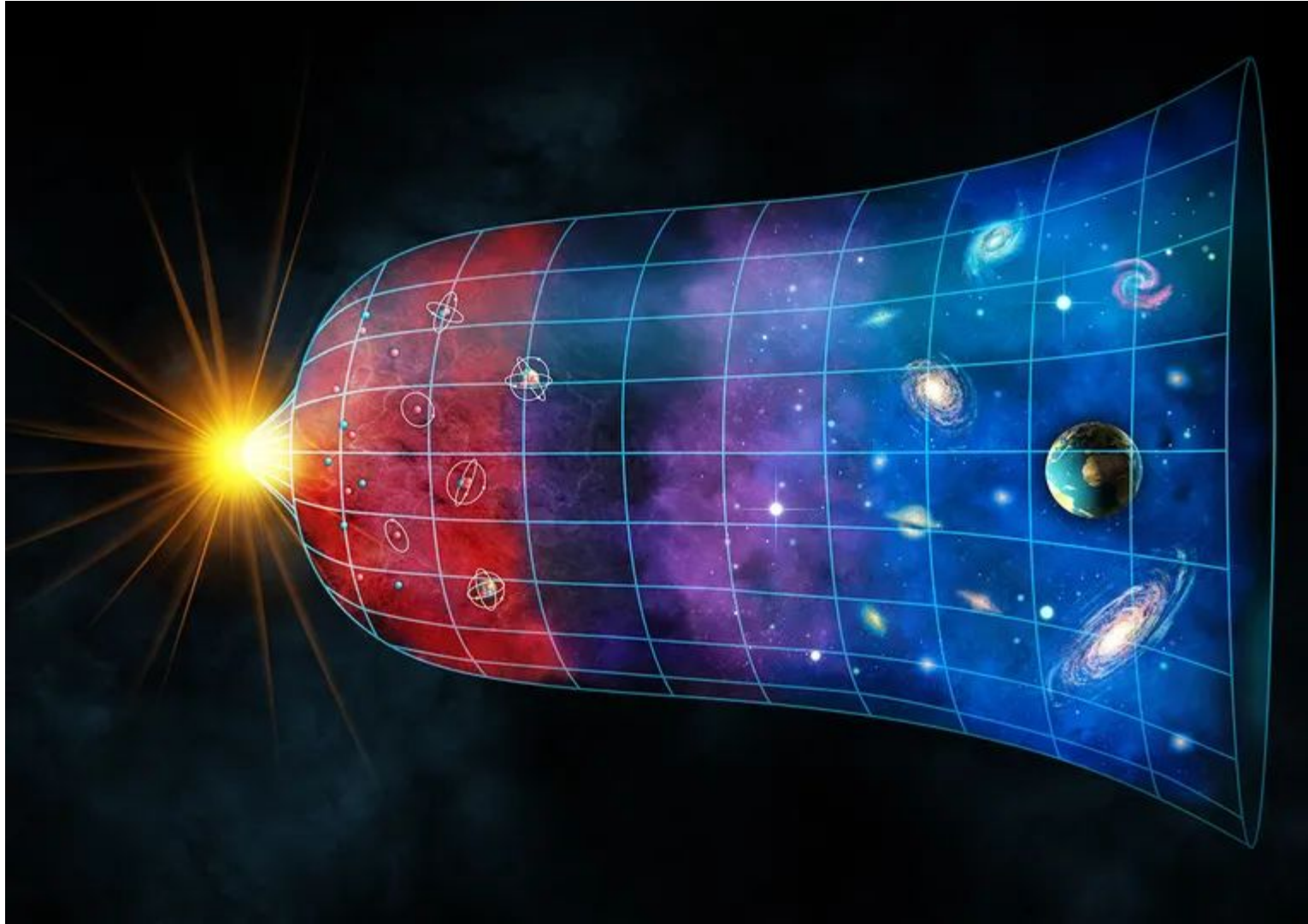


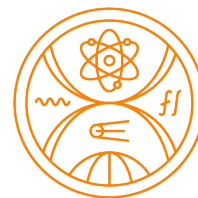


# Velký tresk









# 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!

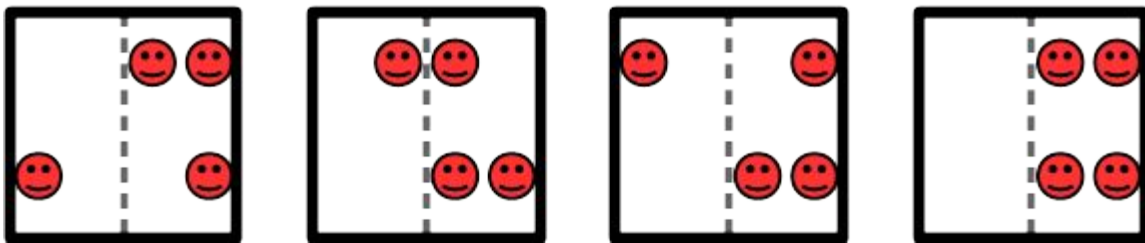
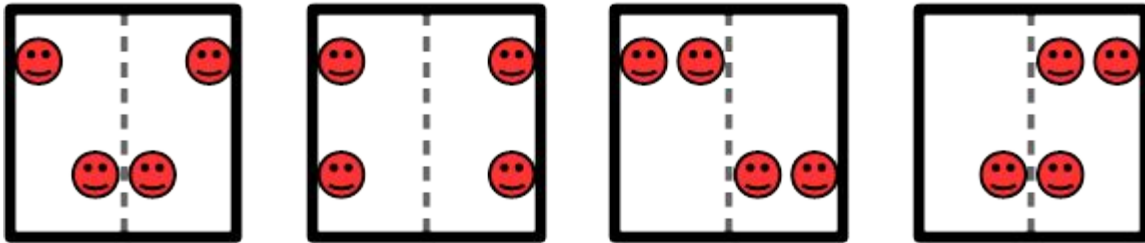
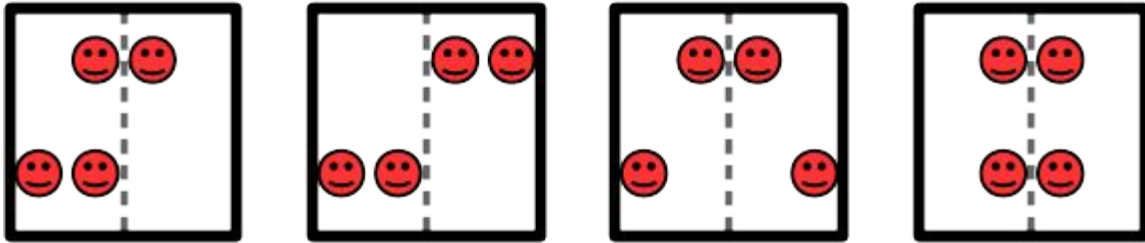
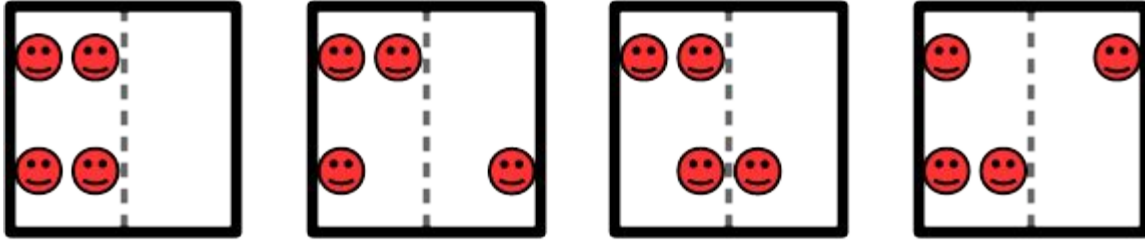




# Entropia ako štatistický koncept

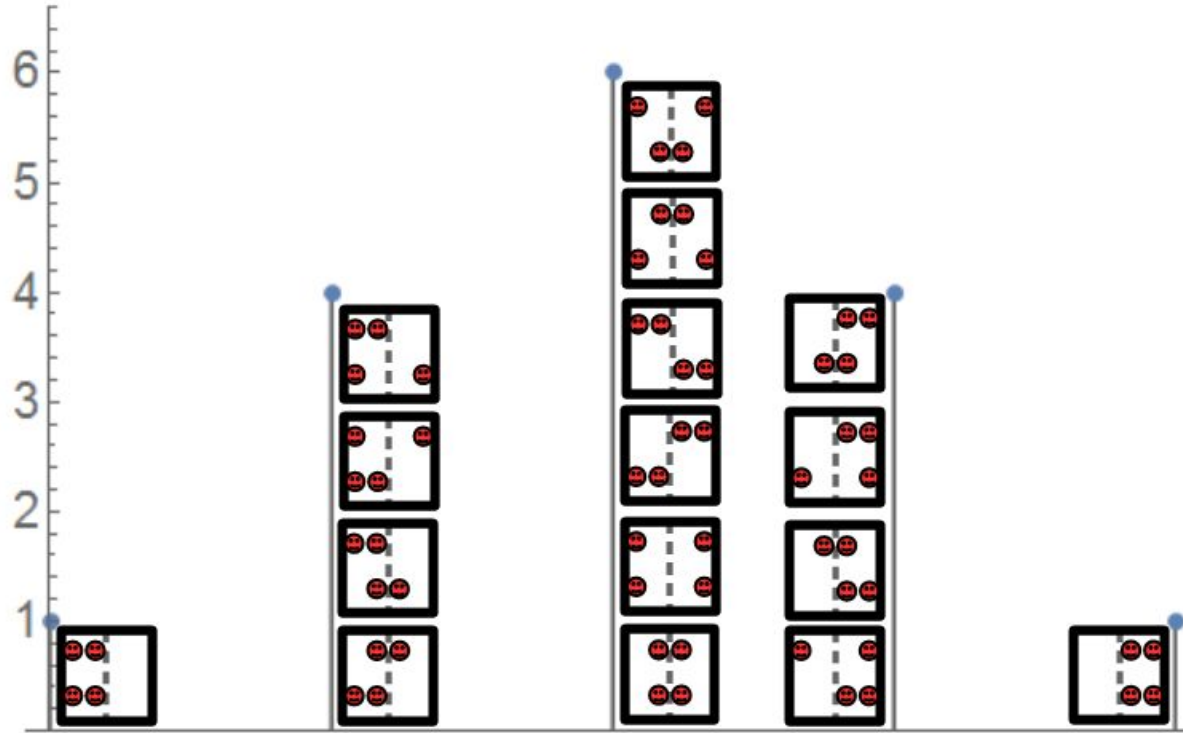








## Počet možností



Iba v ľavej časti nádoby

Symetricky

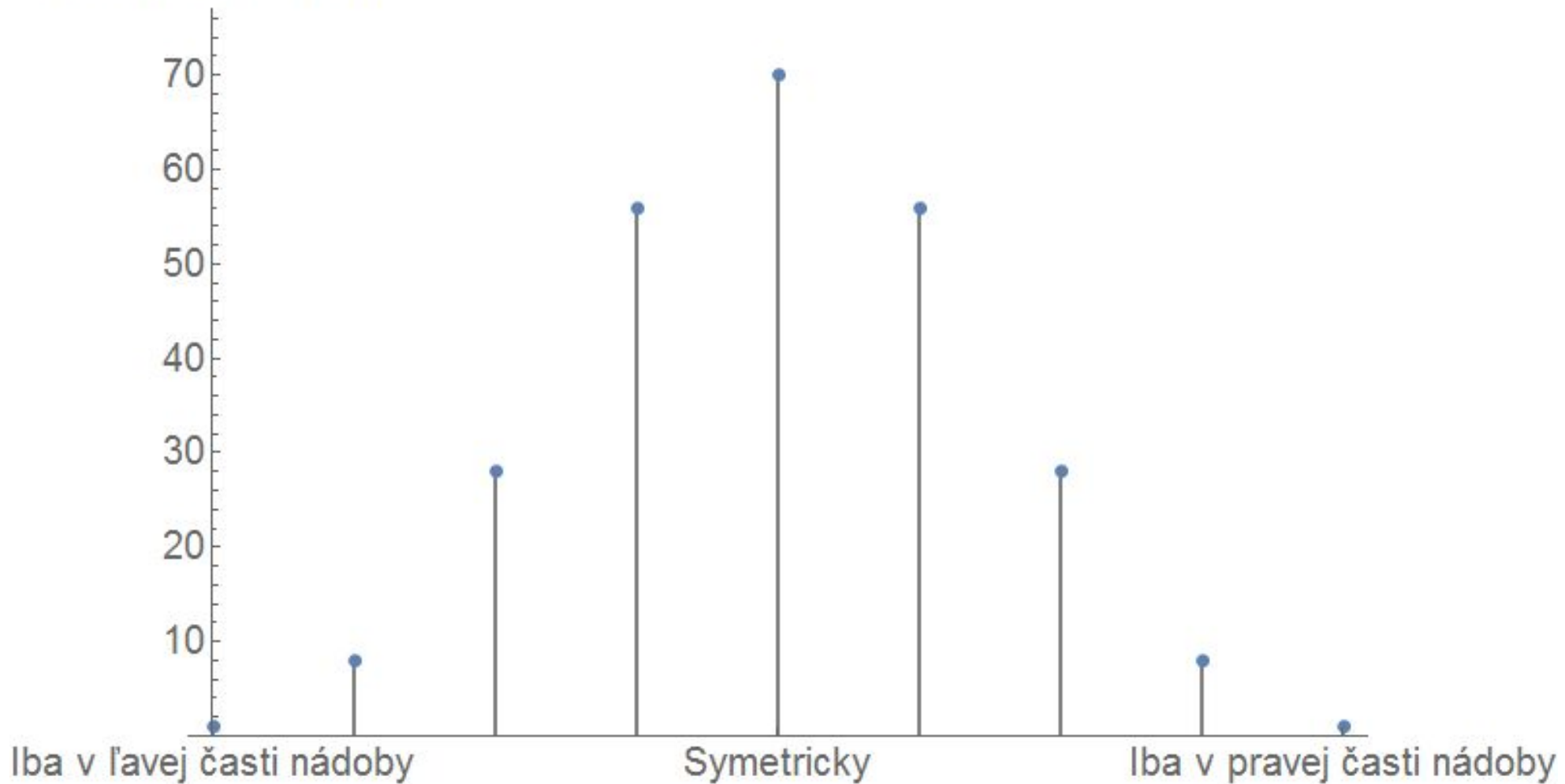
Iba v pravej časti nádoby

## Rozdelenie molekúl



# 8 molekul

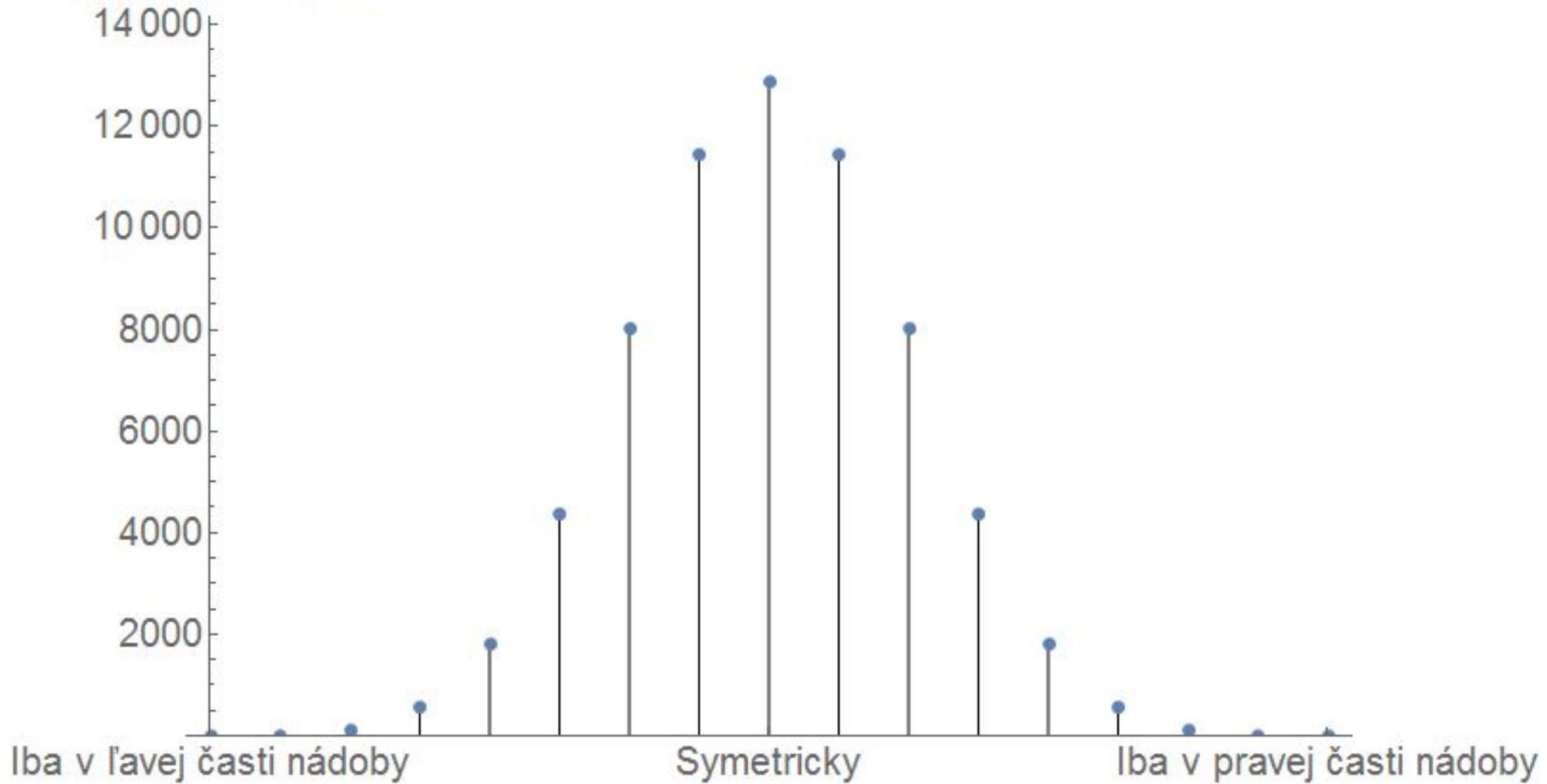
## Počet možností





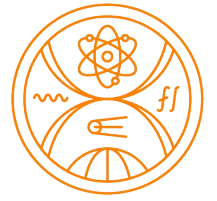
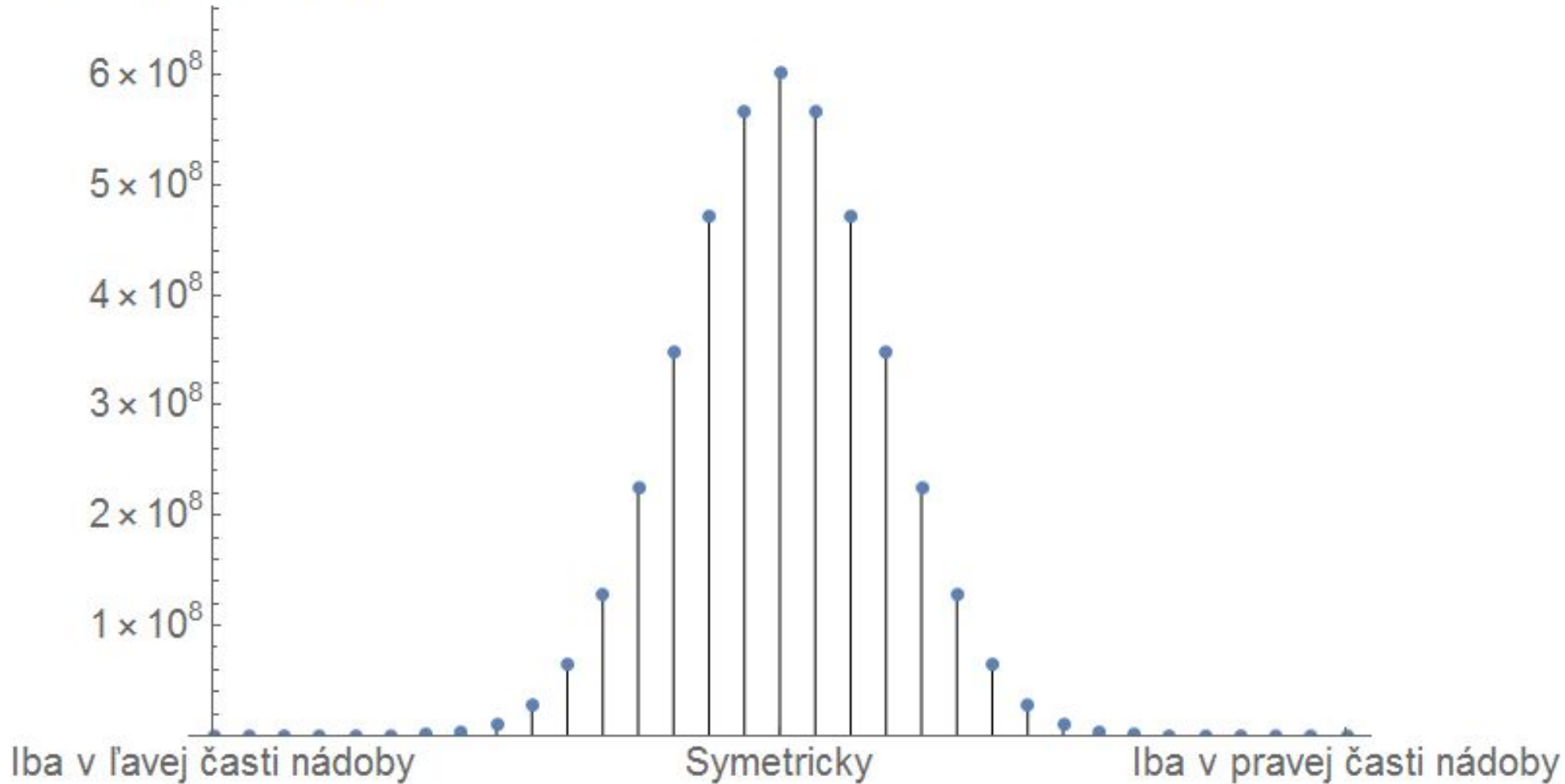
## 16 molekul

Počet možností



## 32 molekul

Počet možností



## 64 molekul

Počet možností

$2.0 \times 10^{18}$

$1.5 \times 10^{18}$

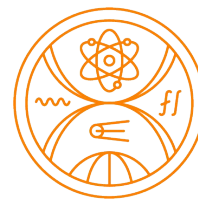
$1.0 \times 10^{18}$

$5.0 \times 10^{17}$

Iba v ľavej časti nádoby

Symetricky

Iba v pravej časti nádoby



# 128 molekul

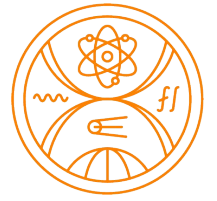
Počet možností

$2.5 \times 10^{37}$   
 $2.0 \times 10^{37}$   
 $1.5 \times 10^{37}$   
 $1.0 \times 10^{37}$   
 $5.0 \times 10^{36}$

Iba v ľavej časti nádoby

Symetricky

Iba v pravej časti nádoby



# 256 molekul

Počet možností

$6 \times 10^{75}$   
 $5 \times 10^{75}$   
 $4 \times 10^{75}$   
 $3 \times 10^{75}$   
 $2 \times 10^{75}$   
 $1 \times 10^{75}$

Iba v ľavej časti nádoby

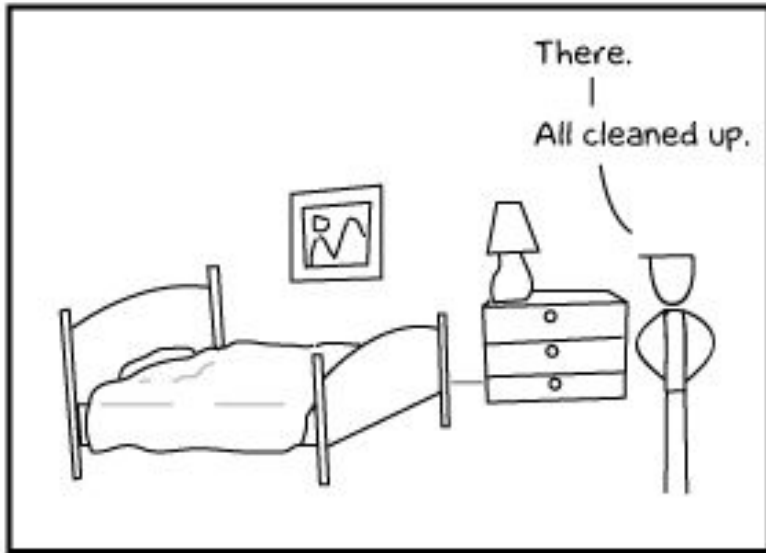
Symetricky

Iba v pravej časti nádoby









**DOGHOUSEDIARIES**

