

# 17. Čokoládová hysteréza (Peter Maták)



Turnaj Mladých Fyzikov 2013/2014

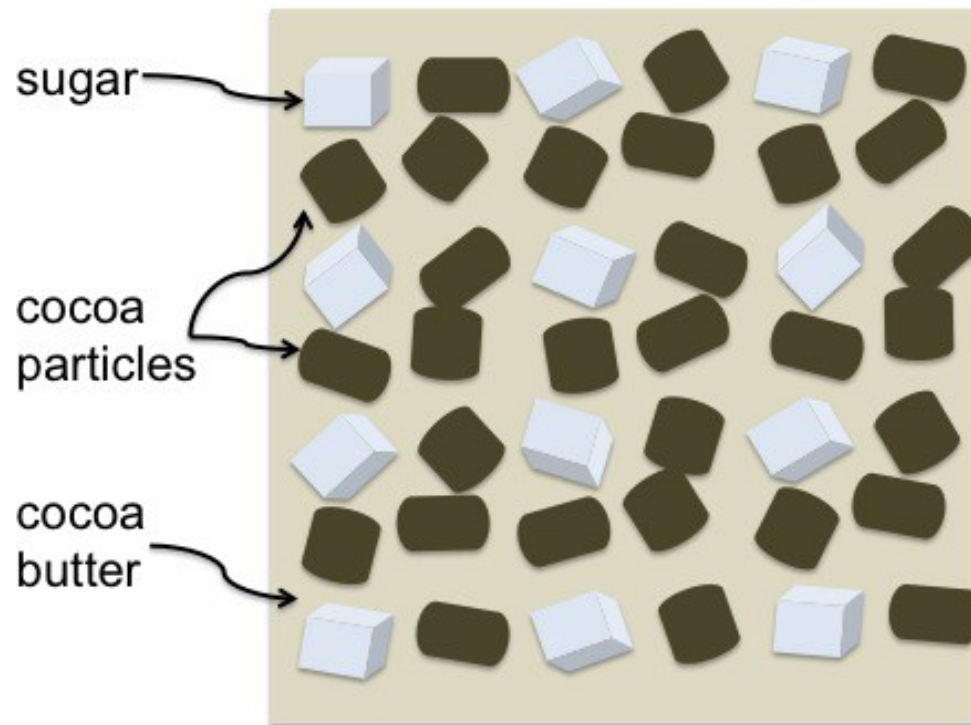
# Zadanie:

Čokoláda sa javí ako tuhá látka pri izbovej teplote, ale roztopí sa pri zohriatí na teplotu ľudského tela. Ak ju znova schladíme, často zostane roztopená aj pri izbovej teplote. Preskúmajte teplotný rozsah, v ktorom môže čokoláda existovať v kvapalnom aj „pevnom“ skupenstve, a jeho závislosť od relevantných parametrov.

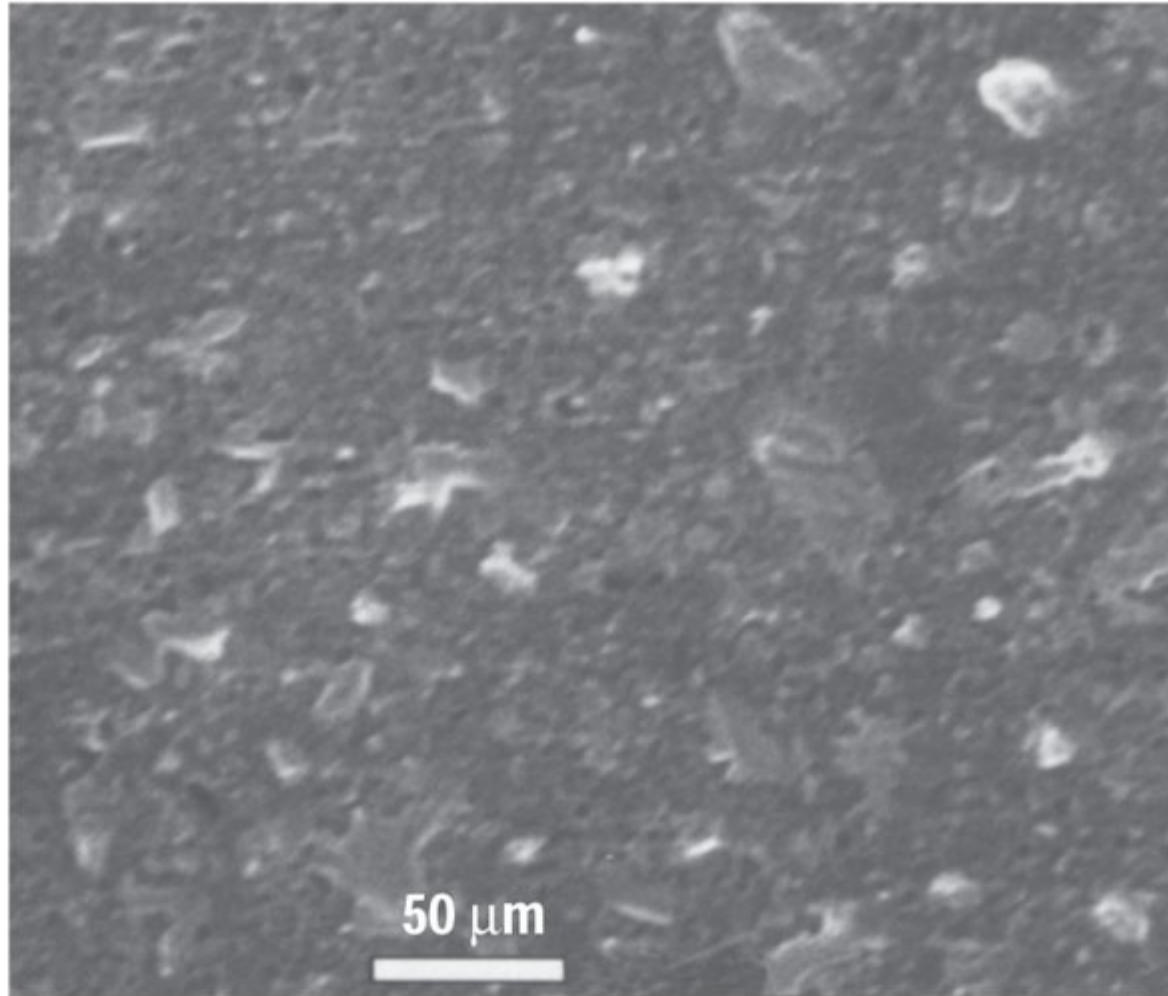
# Čo je to čokoláda?

- horká, mliečna, biela,...?
- čokoládový popol už nepovažujeme za čokoládu, či?

# Vnútorná štruktúra čokolády - zjednodušené...



(<http://sciencefare.org/2012/05/17/adventures-in-chocolate/>)



([http://www.nature.com/nmat/journal/v3/n9/fig\\_tab/nmat1207\\_F2.html](http://www.nature.com/nmat/journal/v3/n9/fig_tab/nmat1207_F2.html))

# Teplota?

- izbová teplota:  $t_i = 24^\circ\text{C}$
- dosiaľ nedotknutá čokoláda je v tuhom skupenstve - **východzí stav**
  
- teplota človeka:  $t_{\check{c}} = 37^\circ\text{C}$
- čokoláda údajne v kvapalnom stave - **naozaj? aj tá vaša?**

# Ohrievanie

- ako vieme čokoládu ohriať?
- rýchle (hrniec s horúcou vodou, laserový lúč, ...)
- pomalé (postupné približovanie sa k variču alebo fénu...)
- ako merať teplotu čokolády „počas“ ...?

# Chladenie

- veľmi pomalé - v izolovanej schránke
- pomalé - na voľnom priestranstve
- rýchle - v chladniče, mrazničke, ???



# Čo rozumieme pod skupenstvom čokolády?

- čokoláda je tvorená až šiestimi typmi „krištálikov“ zastúpenými podľa teploty a jej histórie (rýchle/pomalé zmeny teploty)
- kedy je čokoláda v pevnom skupenstve?
- ...kedy v kvapalnom?

# Čo vieme skúmať?

- spomínaný teplotný rozsah, ale...
- rast každej zo štruktúr („kryštálov“)  
v čokoláde si vyžaduje čas! Tuhosť/tekutosť  
preto pravdepodobne závisí aj na rýchlosti  
zmien teploty (vid' literatúra)
- aký vplyv má zloženie (Milka, Figaro, Lindt,...)

# Literatúra

- [http://softmatter.seas.harvard.edu/index.php/The\\_Science\\_of\\_Chocolate:\\_interactive\\_activities\\_on\\_phase\\_transitions,\\_emulsification,\\_and\\_nucleation](http://softmatter.seas.harvard.edu/index.php/The_Science_of_Chocolate:_interactive_activities_on_phase_transitions,_emulsification,_and_nucleation)
- [http://www.princeton.edu/~stonelab/Publications/pdfs/From20Howard/RowatRosenbergHollarStoneChocolateHolidayLecture\\_JCE\\_2011.pdf](http://www.princeton.edu/~stonelab/Publications/pdfs/From20Howard/RowatRosenbergHollarStoneChocolateHolidayLecture_JCE_2011.pdf)

- Wikipedia: Chocolate, Types of chocolate, Rheology, Chocolate bloom
- <http://chocolatealchemy.com/illustrated-tempering/>
- <http://www.chocolatealchemy.com/temperingmolding.php>