

Fyzika kolem nás – vybrané experimenty

Renata Holubová,

Přírodovědecká fakulta UP Olomouc

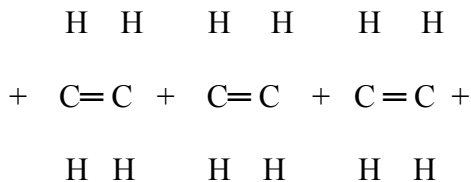
Polymery

Bezmyšlenkovitě použijeme a zničíme každodenně desítky různých obalů, oblékáme oděvy obsahující umělá vlákna, hrajeme si s balony, žvýkáme žvýkačky, děti nosí plenkové kalhotky atd. Ve všech těchto věcech jsou zúročeny poznatky fyziky polymerů, která se sice na školách neučí, ale pomocí jednoduchých experimentů lze žákům ukázat, že všude kolem nás je fyzika. Můžeme začít např. u gummy. Každý z nás ví, co je to guma. Nebo si alespoň myslí, že to ví. Je to zvláštní materiál mající mnoho překvapivých vlastností. Aniž by bylo třeba zabíhat do podrobností, v rámci běžné výuky lze demonstrovat a vysvětlit řadu vlastností této látky a mnoha dalších. Lze s výhodou využít mezipředmětových vztahů mezi chemií a fyzikou.

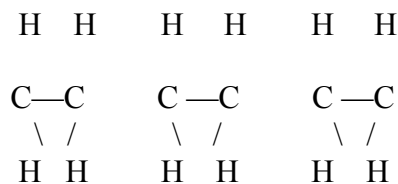
Guma je polymer. Co to je? Polymery najdeme v textilních vláknech (perlonu, nylonu), ve voscích, lepidlech, v biopolymerech jako proteiny, nukleové kyseliny, ve stavebninách. Základní stavební jednotkou polymerů jsou makromolekuly. Přitom všechny makromolekuly obsahují alespoň jeden řetězec táhnoucí se celou molekulou. Jedná se o řetězec různě zavěšených uhlíkových atomů. Tyto základní jednotky jsou tzv. monomery. Polymer se může skládat až z několika set tisíc monomerů. Pro polymer musí platit, že jeho vlastnosti se nezmění, pokud k němu přidáme další monomer. Řetězce se různě roztékají, spojují, tvoří sítě.

Proces polymerace

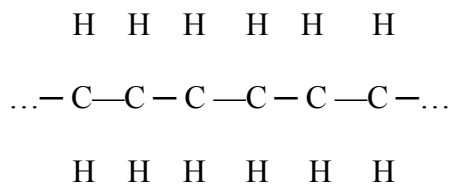
1. Monomer (ethylen)



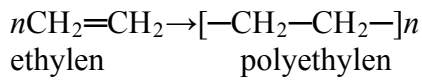
2. Dvojná vazba zaniká



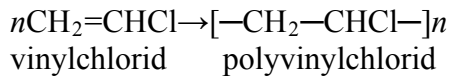
3. Polymer (polyethylen)



Polymerace zapsaná chemickou reakcí:

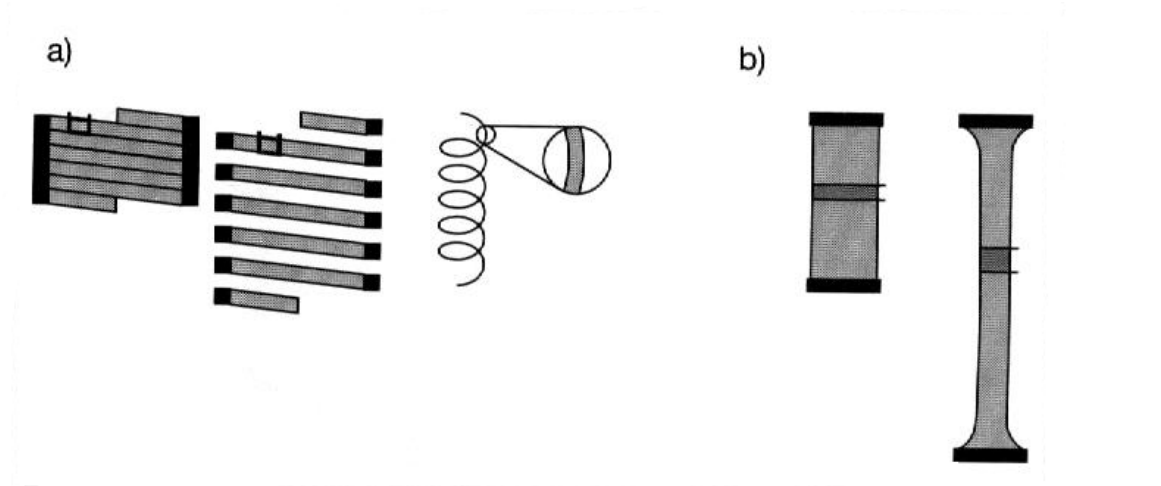


Číslo n je větší než tisíc, úsek v hranaté závorce se mnohonásobně opakuje.

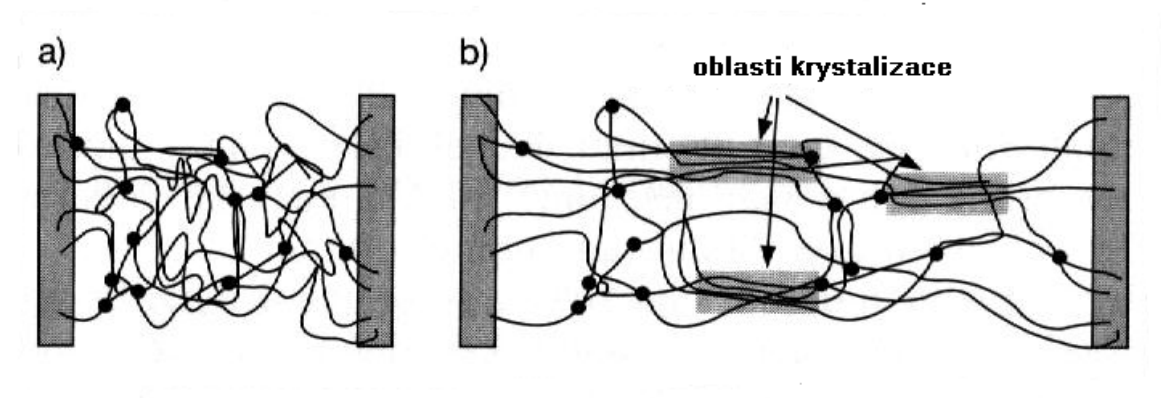


Porovnejme polymer a tuhou látku (guma – pružina): *elasticita* (pro gumu neplatí Hookův zákon, závislost na teplotě, čase). Pružinu lze prodloužit jen jako celek o 100 %, u gumy se prodloužují jednotlivé elementy až o 600 %. Přitom makroskopický objem zůstává v podstatě stejný. Tzn. že makroskopické prodloužení nelze spojovat se zvětšením meziatomárních vzdáleností. Zjistíme nelineární závislost mezi působící silou a protažením (konformace řetězce polymeru). Navíc při protažení gumy dochází k částečné krystalizaci (obr. 2b).

Obr. 1: Protažení a) pružiny, b) gumy



Obr.2. Částečná krystalizace při prodloužení gumy



1. Zkoumáme gumičku do vlasů, gumu krejčovskou, gumu na bungee jumping, horolezecké lano, kovovou pružinu.
2. Nafukování balónku – poprvé ztěžka, podruhé snáz. Membrána balónku má stále stejný objem, s rostoucí velikostí balónku se ztenčuje. Lze určit velikost přetlaku uvnitř vzhledem k poloměru balónku (Mooney).
3. Zkoumáme chování polymerů pod vlivem vody: – žvýkačka je tzv. frustrovaný polymer (čeká na vodu - změkne slinami a vlivem vyšší teploty)

Experiment: 1.určíme hmotnost žvýkačky, 2. žvýkačku vložíme do úst a asi 10 minut žvýkáme, 3. Znovu určíme hmotnost žvýkačky. K překvapení žáků zjistíme úbytek hmotnosti až 60 %. Jako frustrovaný polymer se chovají i kojenecké pleny.

Dělení polymerů:

1. termoplasty – měknou v teple, chladem tuhnou (nylon, polyetylen, polyvinylchlorid, polystyren, teflon)
2. termosety – tvrdnou teplem (bakelit, epoxid, polyester, polyurethan)

Plastové obaly mají vždy vyznačeno, o jaký typ polymeru se jedná. Nejběžnější zkratky, se kterými se setkáváme v domácnosti, jsou následující (zkratky vycházejí z anglických názvů):

PET ... polyethylene terephthalate
HDPE ... high-density polyethylene
PVC ... polyvinyl chloride
LDPE ... low-density polyethylene
PP ... polypropylene
PS ... polystyrene
ABS .. acrylonitrile butadiene styrene

PET je běžně užíván na obaly limonád, vody apod. , z HDPE jsou obaly na mléko, z PVC je mnoho hraček, LDPE najdeme jako obaly na potraviny, neboť je měkčí, tvárnější než HDPE. PP je velmi lehký, má značně vysokou teplotu tání – používá se k výrobě zavazadel, různých částí aut, stejně jako na obaly potravin. PS je znám pod názvem styrofoam, jsou z něj šálky na kávu i chladiče.

Experimenty:

1. Vyrobíme disk z jogurtového kelímku – zakoupíme jogurt, který je v kelímku označeném zkratkou PS. Očištěný kelímek ponoříme do vařící vody, nádobu uzavřeme tak, abychom získali teplotu vyšší než 100 °C. Po několika minutách máme disky hotové. Jogurtové kelímky se smrští do tvaru disku. Místo vody lze použít i parafínový olej, který vře při teplotě 110 stupňů. Potom lze celý proces sledovat vizuálně. Vysvětlení: PS je termoplast, při zahřátí jej můžeme formovat, když se ochladí, opět ztuhne. Polystyrol je složen z dlouhých molekulových řetězců, které při zahřátí po sobě kloužou (chovají se jako špagety – jsou-li čerstvě uvařené, lehce po sobě kloužou, necháme-li je vychladnout v hrnci ve vodě jak vařily, zachovávají si uvedený tvar a ztuhnou. Jednotlivé nudle potom již nelze vytáhnout.) Při výrobě jogurtových kelímků se postupuje tak, že desky z plastu se zahřejí na určitou teplotu, položí se na formy, ze kterých zespuď odsajeme vzduch.

Vlivem vzniklého vakua je plast vtažen do formy. Molekulové řetězce jsou takto namáhány a po ochlazení jsou pod napětím. Nemohou se však pohybovat a zůstávají ve tvaru, který jim byl vnucen. Svůj stav bez napětí však nezapomněly. To se ukáže, když je zahřejeme – pak se mohou vrátit do původního stavu. Kelímky se vracejí do původního tvaru desky. Polymery jsou materiály s pamětí (pokus s gumovými rukavicemi – naplníme je vodou, tu potom vylijeme, rukavice si podrží svůj tvar).

2. Výroba vláken ze zbytků lahví PET, popř. obalů HDPE, LDPE. Z obalů nařežeme menší kousky (1x1 cm), které dáme do ploché misky vytvarované z alobalu. Tuto misku položíme na plotýnkový vařič a zahříváme. Do tajícího polymeru ponoříme skleněnou nebo dřevěnou tyčinku a pomalým pohybem vytahujeme plastové vlákno. Můžeme zkoumat pevnost v tahu.
3. Vodní ježek. Plastický sáček naplníme vodou (můžeme ji obarvit potravinářským barvivem) a dobře uzavřeme. Sáčkem prostrčíme ostrouhanou tužku. Voda nevyteče. Polymer je schopen uzavřít vzniklý otvor kolem tužky tak, že se k ní jakoby přisaje. Lze zkoušet, kolik tužek můžeme sáčkem prostrčit.

Granule – hmota ve tvaru granulí, její základní vlastnosti, jednoduché experimenty

1. Stopy v mokřím písku (na mořské pláži) – stopa je sušší než okolní hmota, nenaplní se vodou
2. Vakuově balená káva – kostka je tvrdá jako kámen, sypkost se ztrácí
3. Směsi (např. různé druhy ořechů) ve sklenici – pohybujeme-li sklenicí chvíli nahoru a dolů, seskupí se velké ořechy (para ořechy) nahoře, menší oříšky zůstanou dole. Tento jev není dosud beze zbytku vysvětlen.
4. Chování dřevěného prachu – je-li prach na vibrující podložce, tvoří se ostré struktury, nevzniká rovnoměrně pokrytá plocha.
5. Nafukovací balónek naplníme pískem, uzavřeme a prudce jím mrštíme o zem. Balónek bude mít tvar bochníku, na omak bude tvrdý.

Tyto vlastnosti granulí se vysvětlují na základě nelineárních interakcí, fraktální geometrie. Zejména moderní výpočetní technika přispěla k vysvětlení a znázornění systémů mnoha částic, které lze nyní počítačově modelovat. Zejména v praxi je nutné s těmito efekty počítat – v průmyslu, při skladování obilnin v silech, poznatků využívá geofyzika, stavebnictví, kosmetika.

6. příklad vzniku fraktálů – kápneme trochu medu mezi dvě skla. Pokud chceme jedno z nich nadzdvihnout, musí vzduch pomoci vyplnit volný prostor (podtlak).

Suspenze

Označení směsi z malých nerozpustných pevných částic v kapalinách. Příkladem takové suspenze je škrob.

Experiment:

V nádobě se nachází směs škrobu a vody. Skočíme-li na směs z určité výšky a ihned opět ven, zdá se, jako bychom skočili na pevnou podložku. Nyní se pokusíme se pomalu postavit na směs v nádobě. To se nám nepodaří a my se ponoříme do směsi.

Škrob v nádobě zvětší svůj objem asi o 28 procent. Voda proniká do molekul škrobu a vytváří vodíkové mosty s volnými hydroxylovými skupinami. Tato suspenze má vysokou viskozitu, přesto se v ní ponoří předměty o velké hustotě. Proč ale můžeme na povrch skočit a neponoříme se? Zjednodušeně lze říci, že se zrníčka škrobu v právě zamíchané směsi voda – škrob volně vznášejí obklopeny vodou. Pokud začne působit mechanická síla, je voda

vytlačena z prostoru mezi zrníčky, škrobová zrnka se spojí a vytvoří dojem pevné plochy. Pokud působí jen slabé mechanické síly, mohou se zrníčka volně pohybovat kolem sebe a voda působí jako mazivo.

Přesněji jev vysvětlujeme na základě mikroskopické struktury suspenze: škrob se skládá ze strukturálně odlišných částí – amylázy (28-30 %) a amylopektinu (70-80 %). Zatímco amyláza je složena z 3800 k sobě řazených molekul, tvoří amylopektin síťovou strukturu z 6000 až 20 milionů jednotlivých molekul. Vztah mezi těmito složkami ovlivňuje vlastnosti daného škrobu. Molekula vody, která se nachází mezi dlouhými molekulami amylázy, je při skoku vytlačena. Tím se řetězce zaklíní, vytvoří se vodíkové vazby, dochází k deformaci struktur amylopektinu, vodíkové vazby vznikají i zde. Tím se zvyšuje viskozita – tzv. dilatace – jev trvá pouze tak dlouho, dokud na suspenzi působí tlak. Jev je výraznější, čím větší síly působí. Při dilataci viskozita závisí na velikosti tlaku – čím silněji působíme na kapalinu (čím více ji namáháme), tím je pevnější.

Podobným efektem je rheopexie – suspenze vlivem pohybu (rytmické údery, houpání) během času ztuhne v pevnou látku, ale v klidu je opět tekutá.

Známější je thixotropie – opačný jev k rheopexii. Všichni známe kečup – v klidu je pevný, nechce z láhve, po protřepání se stane tekutým. Necháme-li láhev chvíli stát, opět ztuhne.

Škrob – používán již 3500 př.n.l., byl pomocnou látkou při výrobě papýru a lepidel. V r. 1525 se škrobu užívalo ke zpevnění límců u košil. V přírodě existují různé zdroje škrobu (zásobárna kohlenhydrat) – hlízy a kořeny (brambory, maniok, batáty), semena (zrní), plody (kaštiny, luštěniny). Obsah škrobu je rozdílný, např. rýže 70-75 %, brambory 12-20 %.