

Hrajeme si s hydrogelem

Libor Koníček

Katedra fyziky
Přírodovědecká fakulta
Ostravská univerzita

Obsah

Úvod

- Termodynamika a osmotické jevy
- Optika a šíření světla
- Mechanické vlastnosti
- Elektrické vlastnosti
- Závěr

Úvod

Co je to hydrogel?

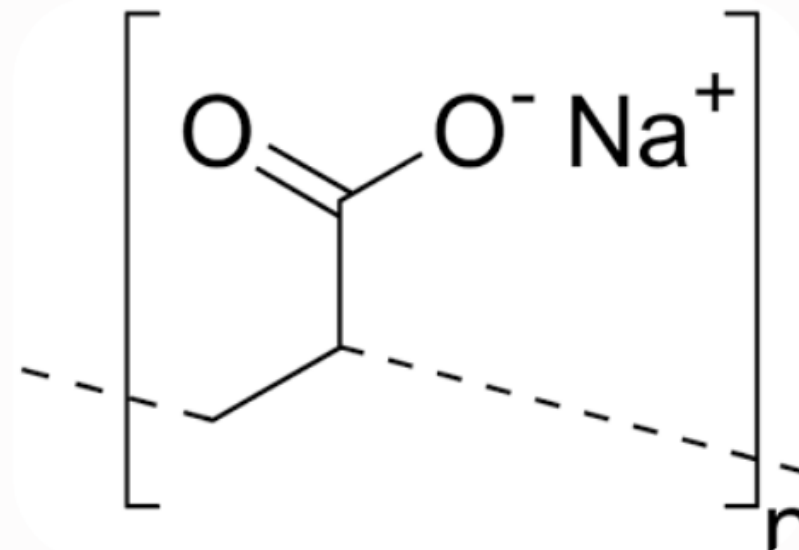
AI Gemini:

„Hydrogel je trojrozměrná síť polymerních řetězců, která je vysoce hydrofilní (přitahuje vodu) a dokáže absorbovat a zadržet obrovské množství tekutiny – často i stonásobky své vlastní hmotnosti.

Přestože takový materiál může obsahovat více než 90 % vody, díky své vnitřní struktuře si zachovává fyzikální vlastnosti pevné látky“.

Jak funguje absorpce?

- Schopnost pojmout tolik vody je dána přímo chemickou strukturou polymeru. Velmi častým zástupcem je polyakrylát sodný, se kterým se běžně setkáváme ve formě suchého prášku nebo malých hydrogelových kuliček (tzv. vodních perel).
- Když se tento polymer dostane do kontaktu s čistou vodou, proběhne fascinující proces: Voda začne pronikat do polymerní sítě. Kladné ionty sodíku se ve vodě uvolní, čímž na pevných polymerních řetězcích zbudou záporně nabitě karboxylové skupiny. Protože mají tyto skupiny stejný (záporný) náboj, začnou se navzájem odpuzovat. Toto elektrické odpuzování doslova "roztáhne" celou polymerní síť a uvolní prostor pro další molekuly vody, které se uvnitř fixují pomocí vodíkových můstků.



Skeletální vzorec polyakrylátu sodného. Zdroj: Wikipedia

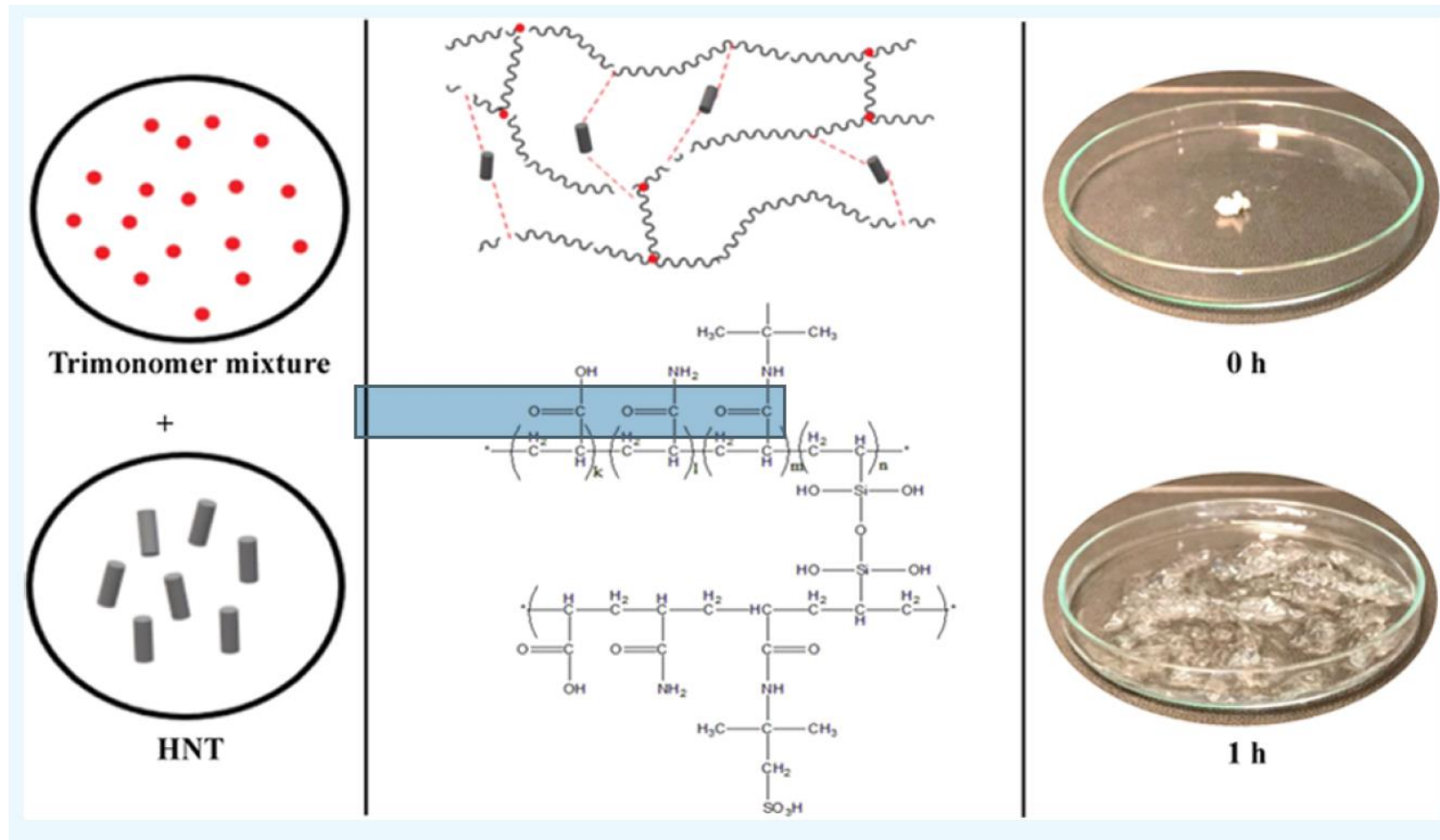
Úvod

Když se tento polymer dostane do kontaktu s čistou vodou, proběhne fascinující proces:

- 1.Voda začne pronikat do polymerní sítě.
- 2.Kladné ionty sodíku se ve vodě uvolní, čímž na pevných polymerních řetězcích zbudou záporně nabitě karboxylové skupiny.
- 3.Protože mají tyto skupiny stejný (záporný) náboj, začnou se navzájem odpuzovat.
- 4.Toto elektrické odpuzování doslova "roztáhne" celou polymerní síť a uvolní prostor pro další molekuly vody, které se uvnitř fixují pomocí vodíkových můstků.

Úvod

Superabsorbent polymers (SAPs) are lightly crosslinked hydrogels with a three-dimensional structure possessing the ability to absorb and retain a high amount of water. They swell right after contact with water due to the differences in the osmotic pressure and the presence of hydrophilic functional groups such as -OH, -COOH, -CONH-, -CHO, -COONa, -SO₃H, and -NH₂ in the polymer backbone.



Triblock Superabsorbent Polymer Nanocomposites with Enhanced Water Retention Capacities and Rheological Characteristics

Yeşim Menceloğlu, Yusuf Ziya Menceloğlu, and Senem Avaz Seven*



Cite This: *ACS Omega* 2022, 7, 20486–20494



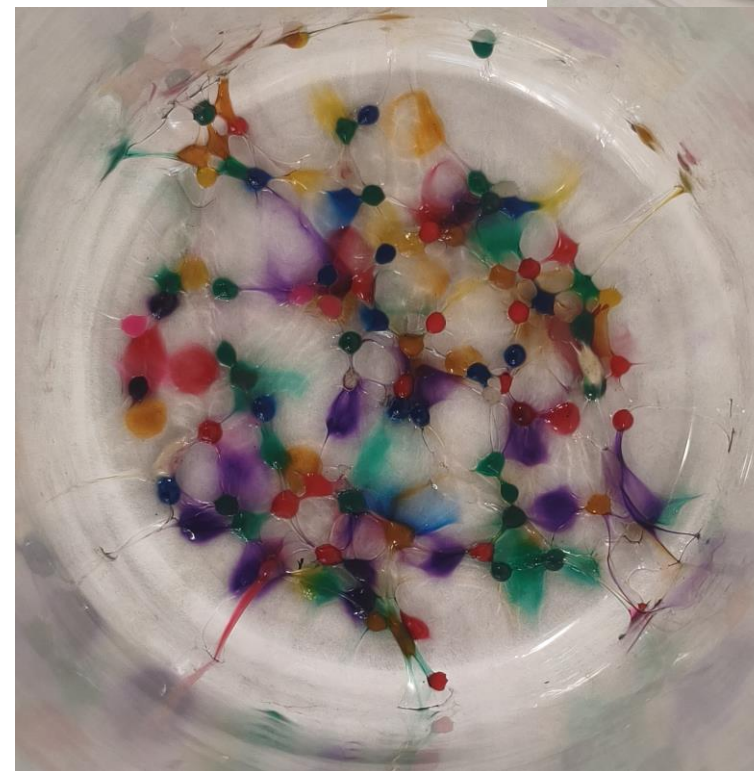
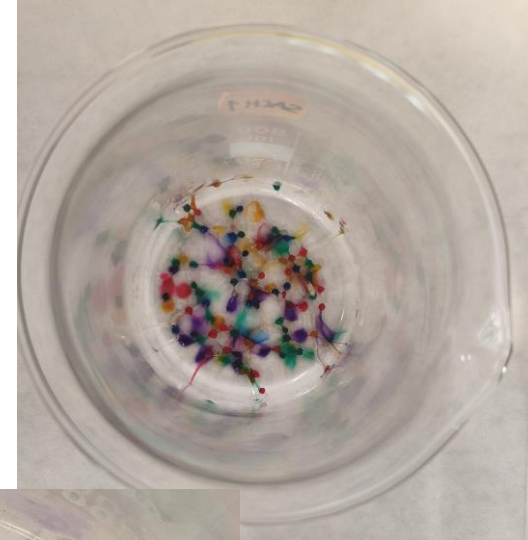
Read Online

Termodynamika a osmotické jevy

Co se stane když....

- Necháme kuličky hydrogelu na vzduchu?
- Když je dáme do vody, slané vody, lihu, , cukerného roztoku, octa...
- Jak se změní velikost, hmotnost, tvar...

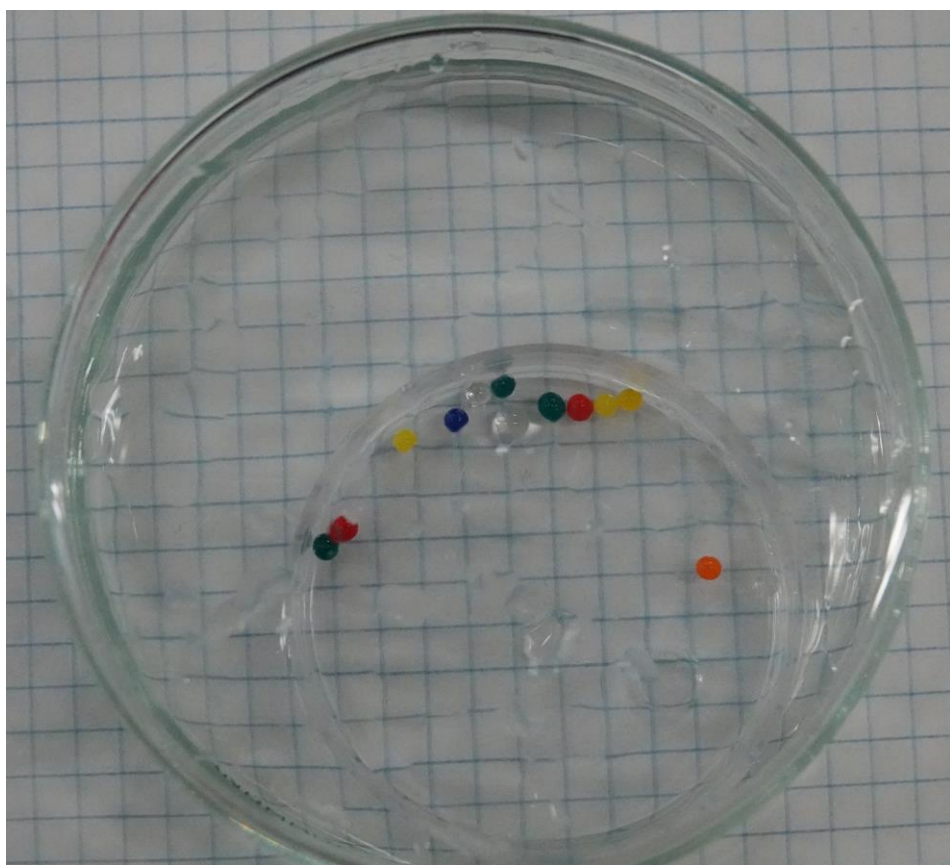
Termodynamika a osmotické jevy



O 10 minut později

Rovnovážný stav – „vysušené kuličky“

Termodynamika a osmotické jevy



Kuličky v syté páře



Změna průměru kuličky
po 24 hodinách v syté páře
při teplotě 24 °C.



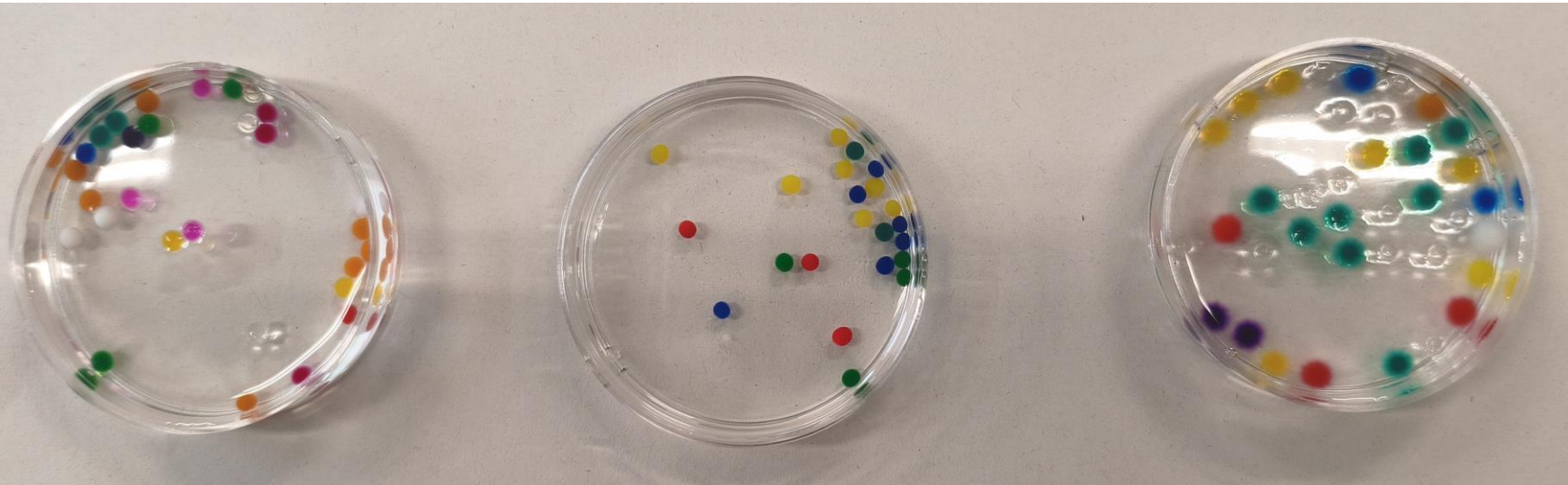
Změna hmotnosti 10 kuliček
po 24 hodinách v syté páře
při teplotě 24 °C.

Termodynamika a osmotické jevy

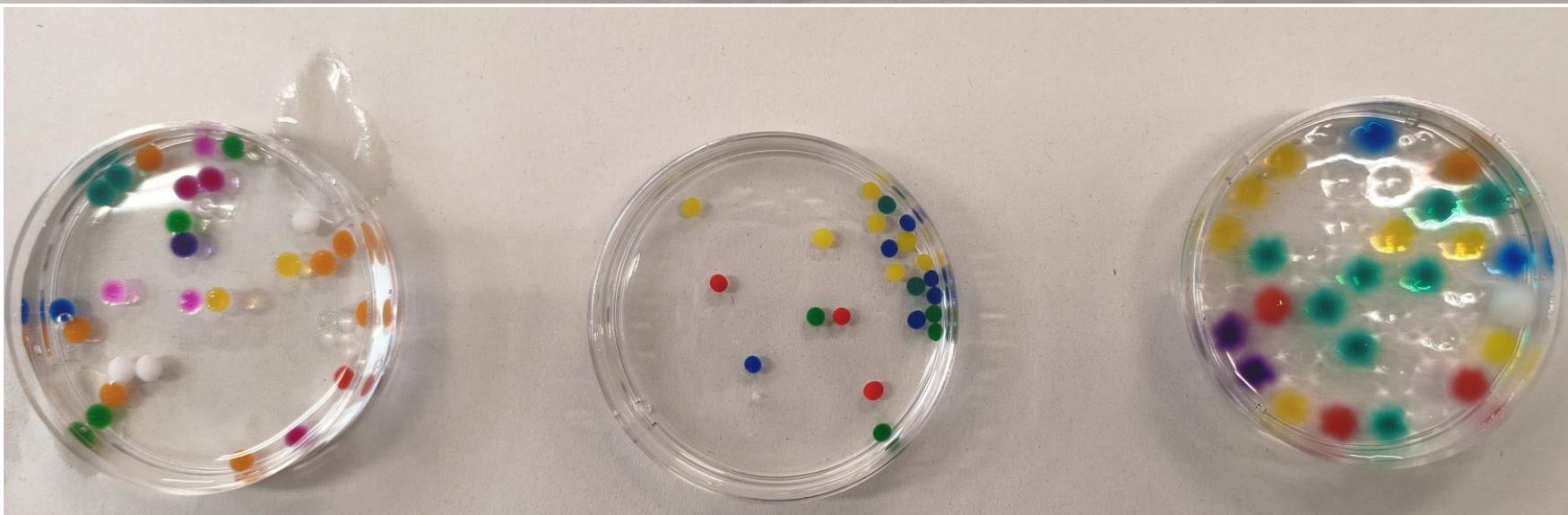
Roztok NaCl

technický líh

destilovaná voda



O 10 minut později
po vložení do kapalin



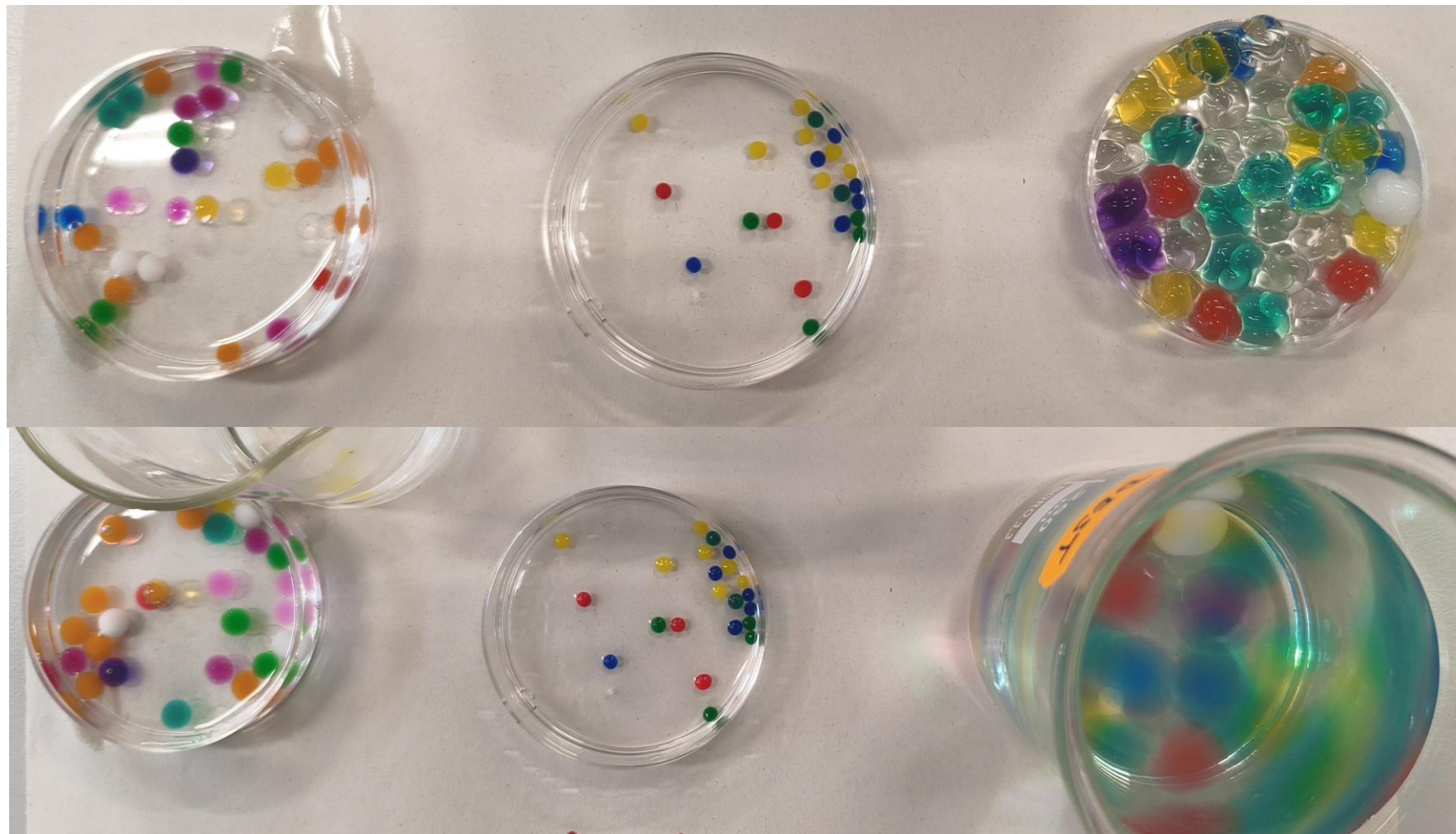
O 25 minut později
po vložení do kapalin

Termodynamika a osmotické jevy

Roztok NaCl

technický líh

destilovaná voda



O 40 minut později
po vložení do kapalin



O 25 hodin později
po vložení do kapalin

Termodynamika a osmotické jevy

Roztok NaCl

technický líh

destilovaná voda



Variabilita –
rozptyl naměřených hodnot
vliv barvy kuličky



O 25 hodin později
po vložení do kapalin

Termodynamika a osmotické jevy

Kuličky v destilované vodě



Variabilita –
rozptyl naměřených hodnot
vliv barvy kuličky

O 25 hodin později
po vložení do kapalin

změna průměru kuličky
6 krát
měna hmotnosti kuliček
128 krát



6 krát



128 krát



Termodynamika a osmotické jevy

Kuličky ve 20% roztoku sacharozy

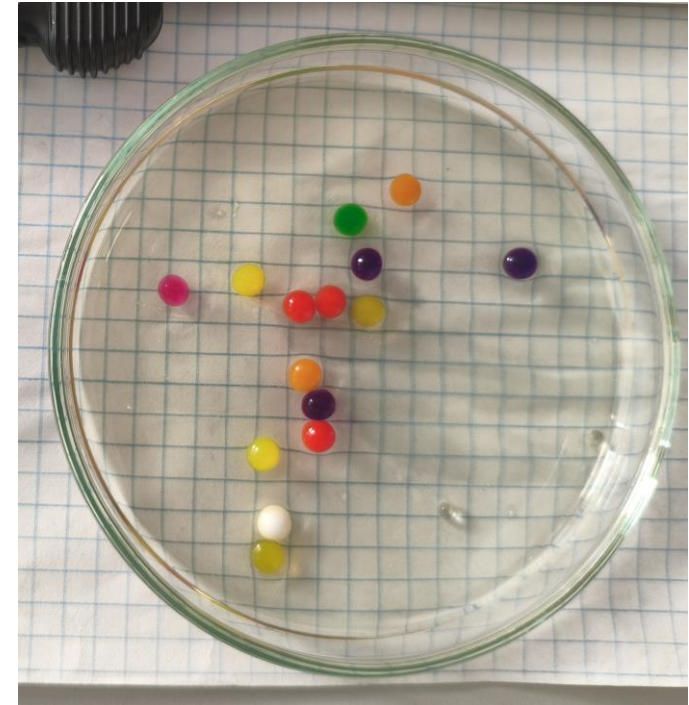


Nekulový tvar



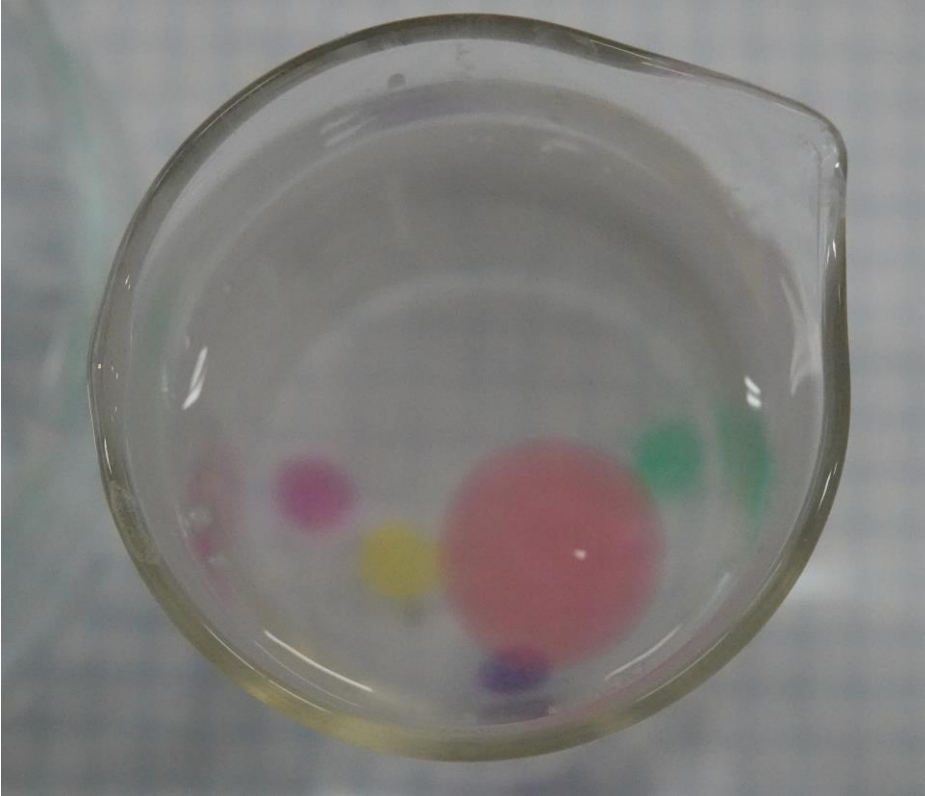
Nárůst průměru 3 krát

Kuličky v 8% octu



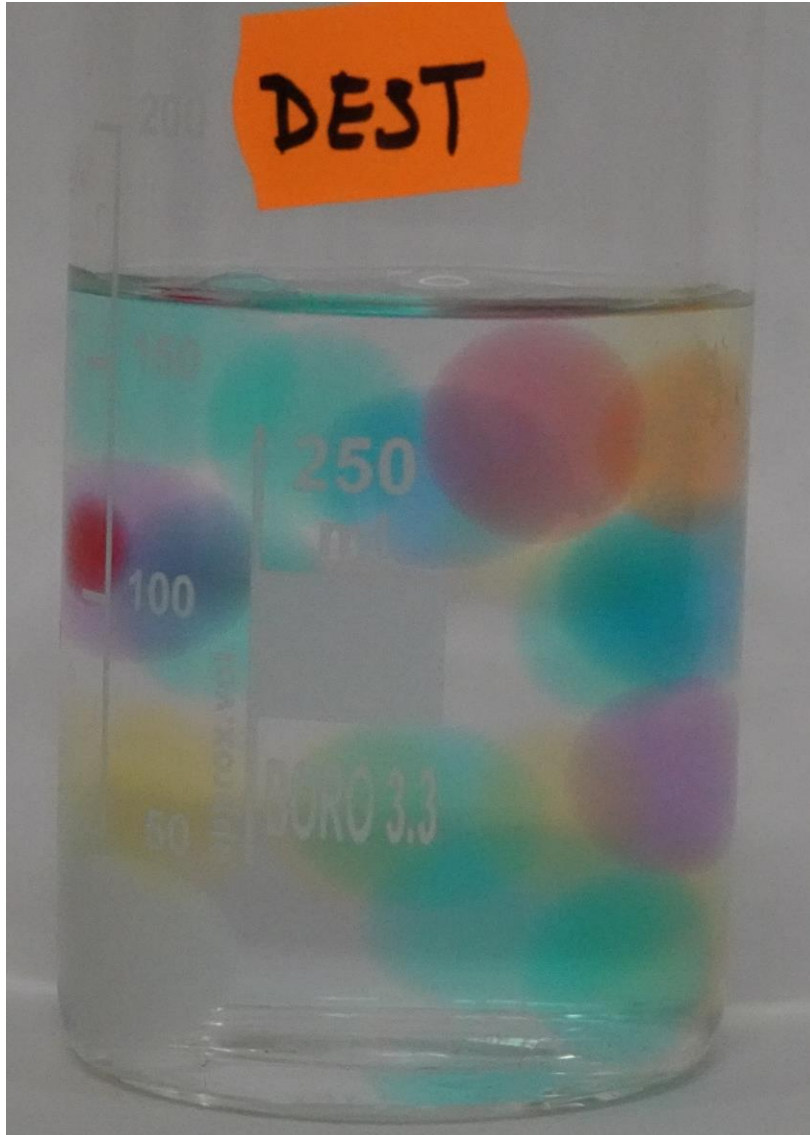
Termodynamika a osmotické jevy

Kuličky z destilované vody do roztoku soli a naopak



Postupné vyrovnávání osmotického tlaku

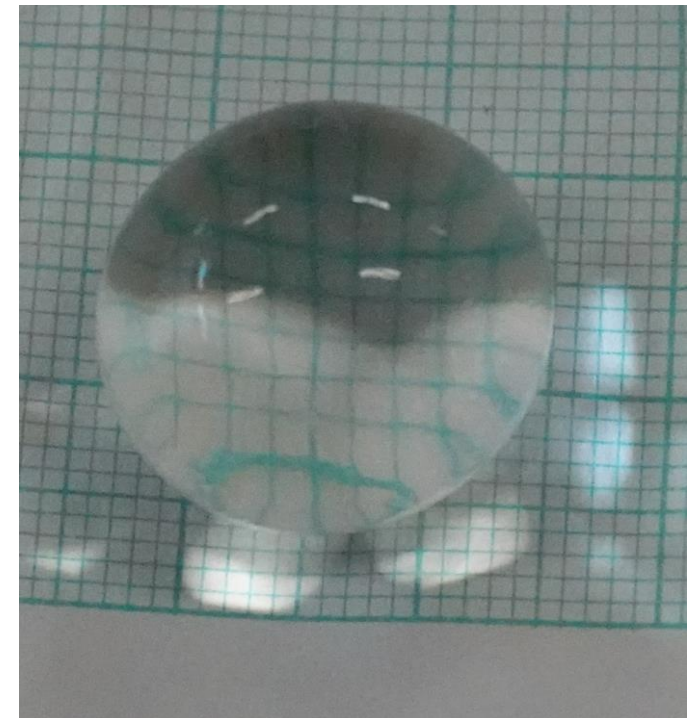
Optika a šíření světla



O 25 hodin později po vložení do kapalin maximální objem

Stejný index lomu jako okolní kapalina – číré kuličky jsou neviditelné

Kulová čočka - spojka

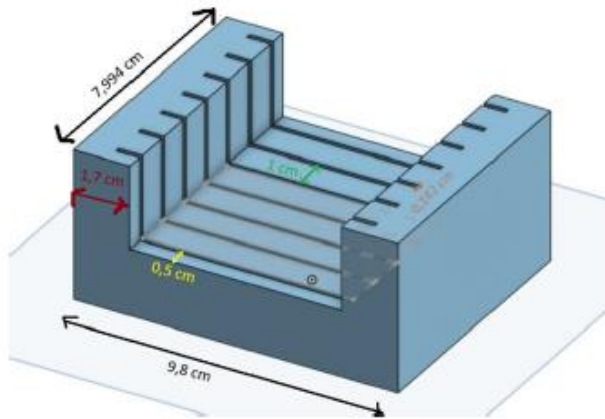


Optika a šíření světla

Aneta Wojnarová
Diplomová práce

Miskoncepce žáků ZŠ a SŠ v oblasti optiky

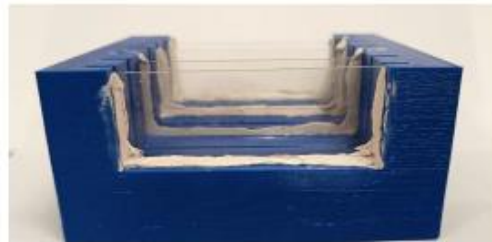
Přípravek pro měření indexu lomu
kapalin



Obrázek 3, Parametry 3D akvária

Nastavené tiskové parametry:

- Nastavení tisku: 0,2 mm QUALITY
- Filament: PETG
- Tisk proběhl na: Original Prusa i3 MK3S
- Výplň: 15 %
- Použito filamentu: 83,89 g
- Čas tisku: 6 hodin 51 minut
- Přibližná cena: 63 Kč

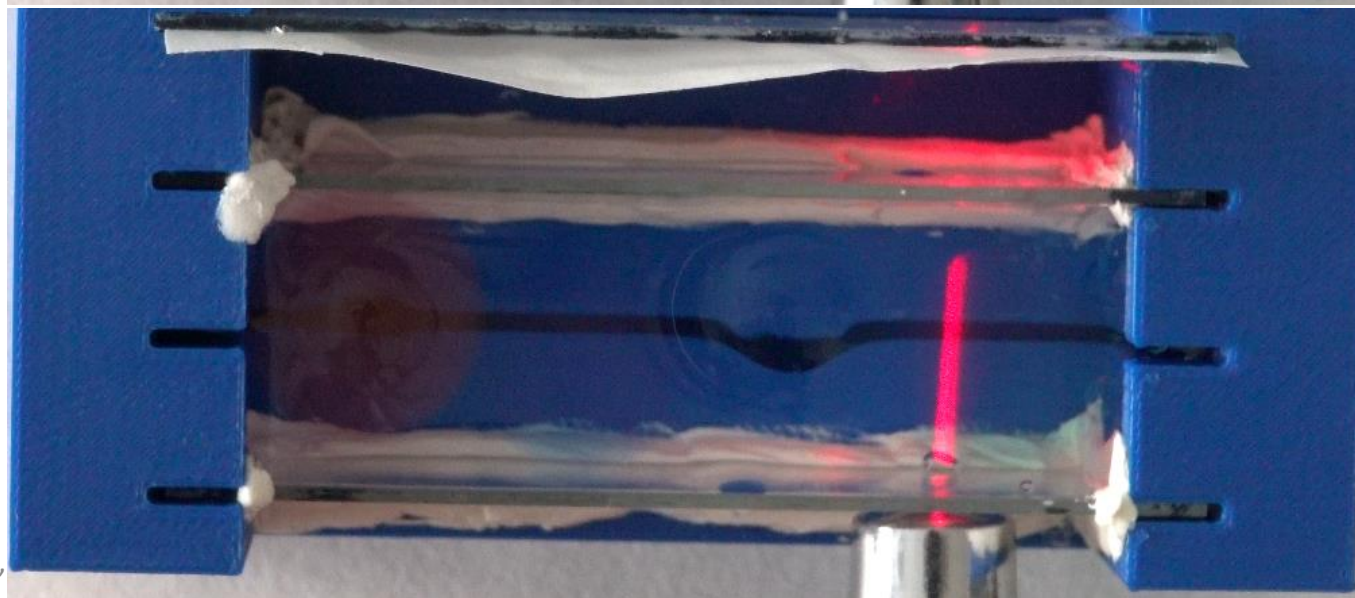
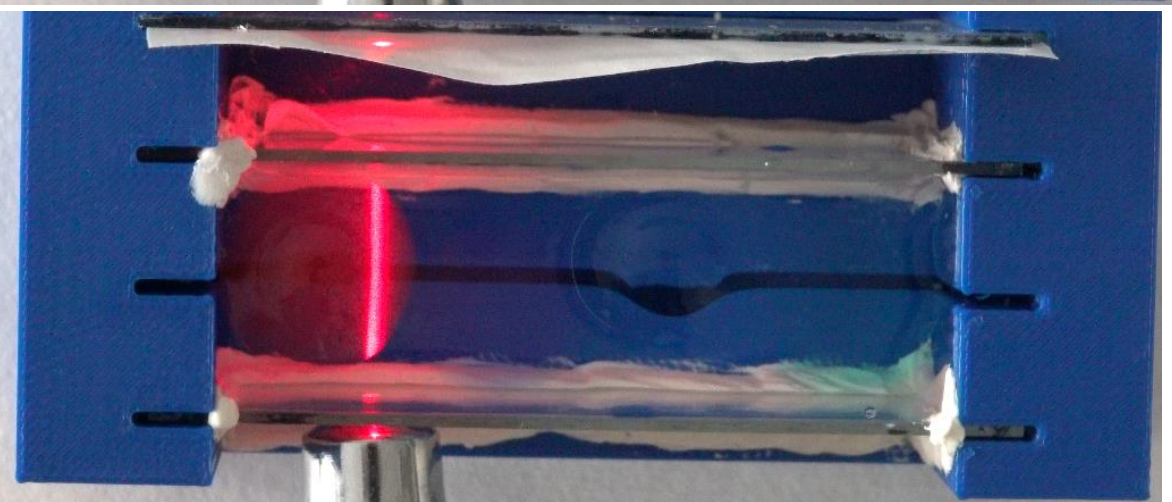
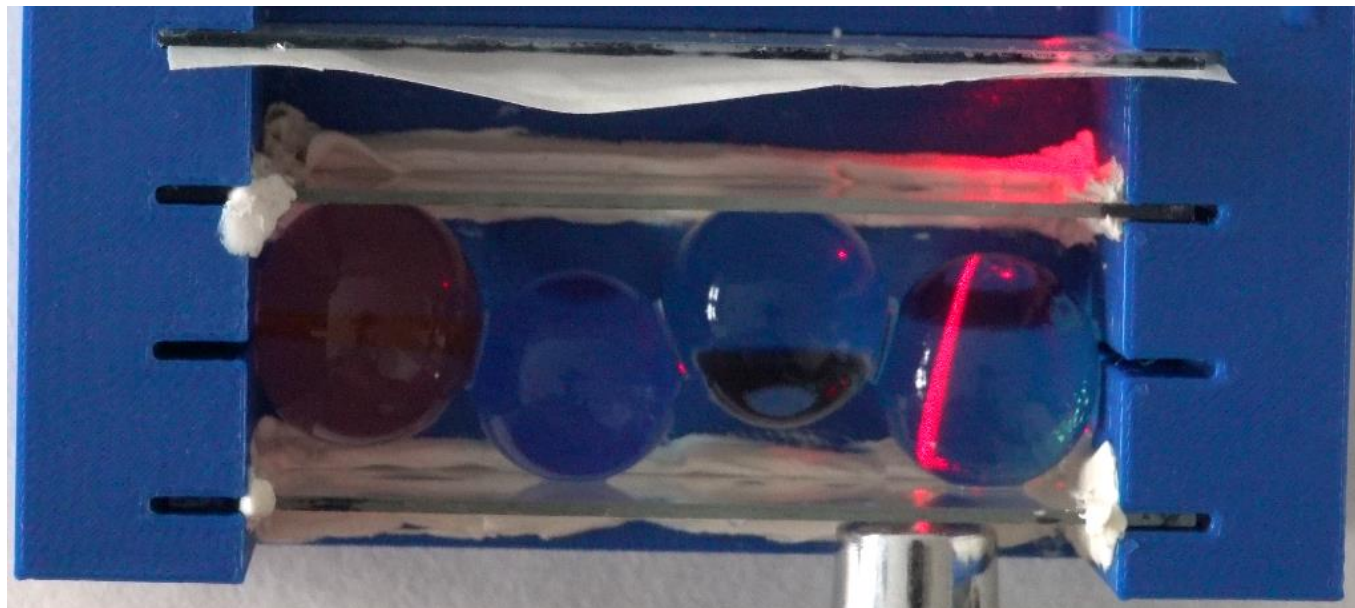
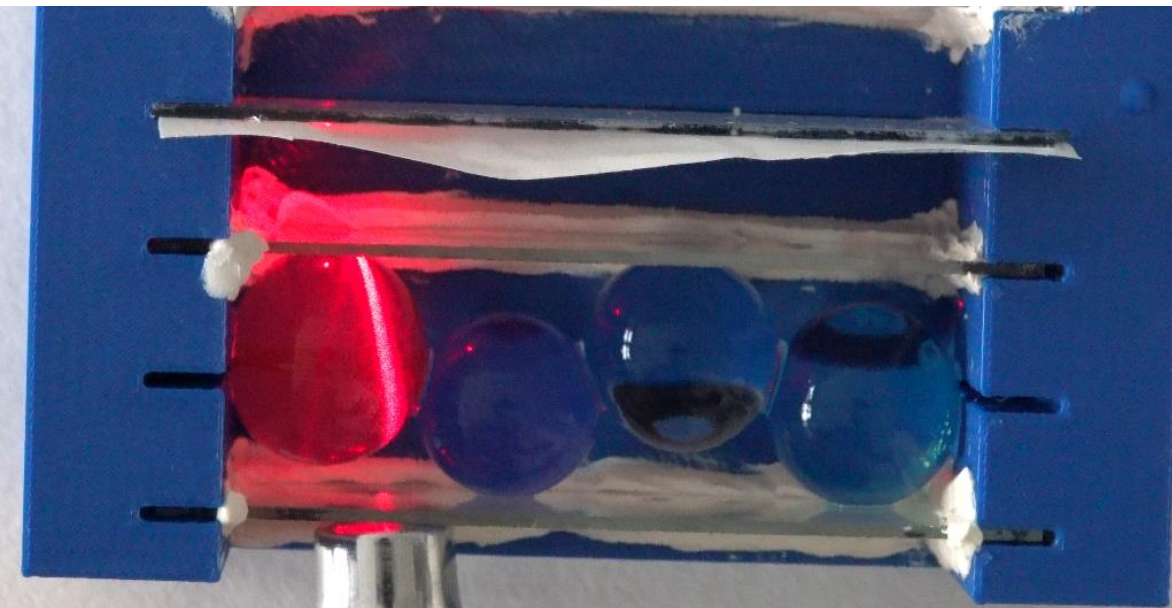


Obrázek 4, Akvárium – profil

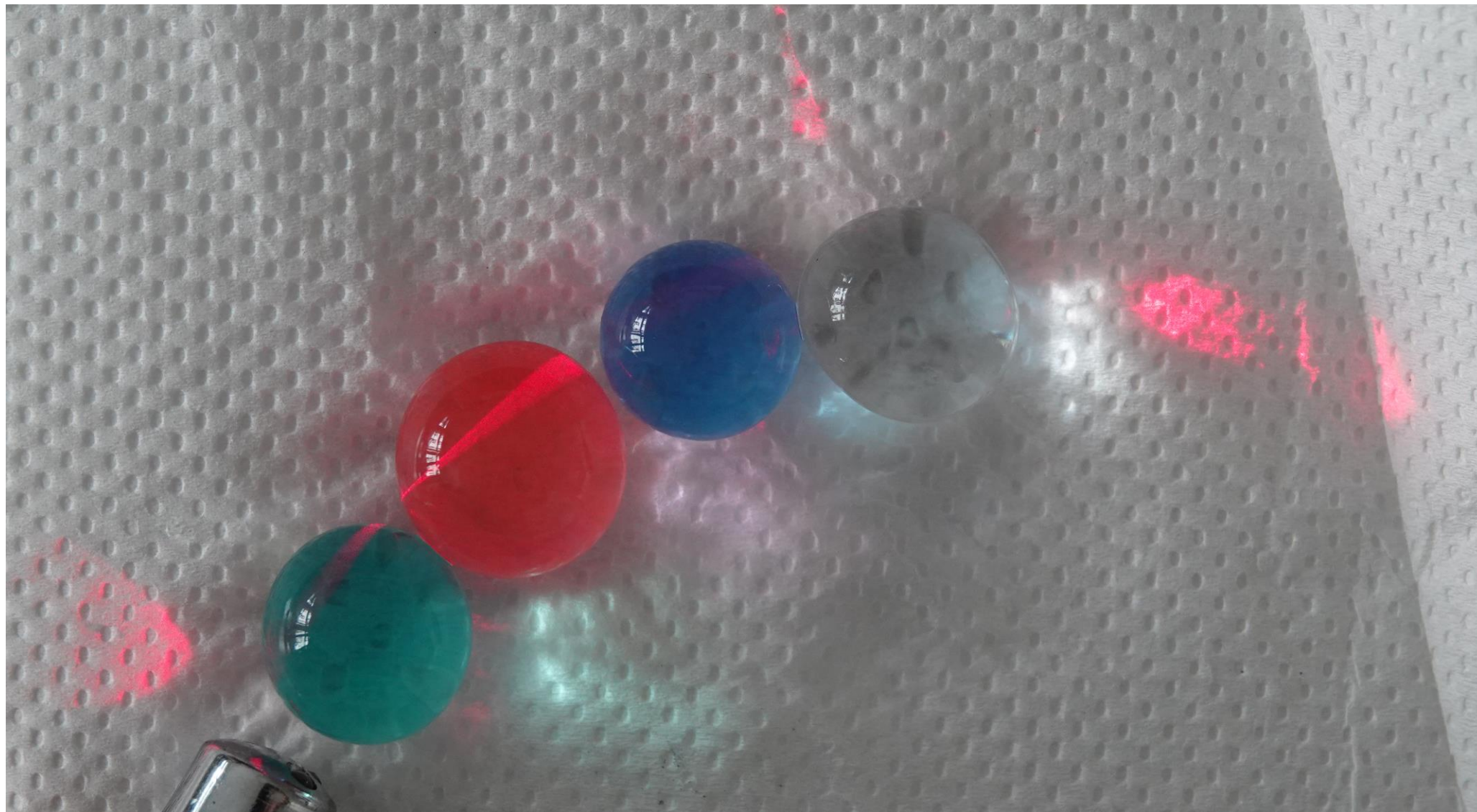


Obrázek 5, Akvárium – z vrchu

Lom světla



Lom světla





<https://fyzikalnipokusy.cz/1628/totalni-odraz-v-gelovych-kulickach>

Mechanické vlastnosti

Pružné srážky

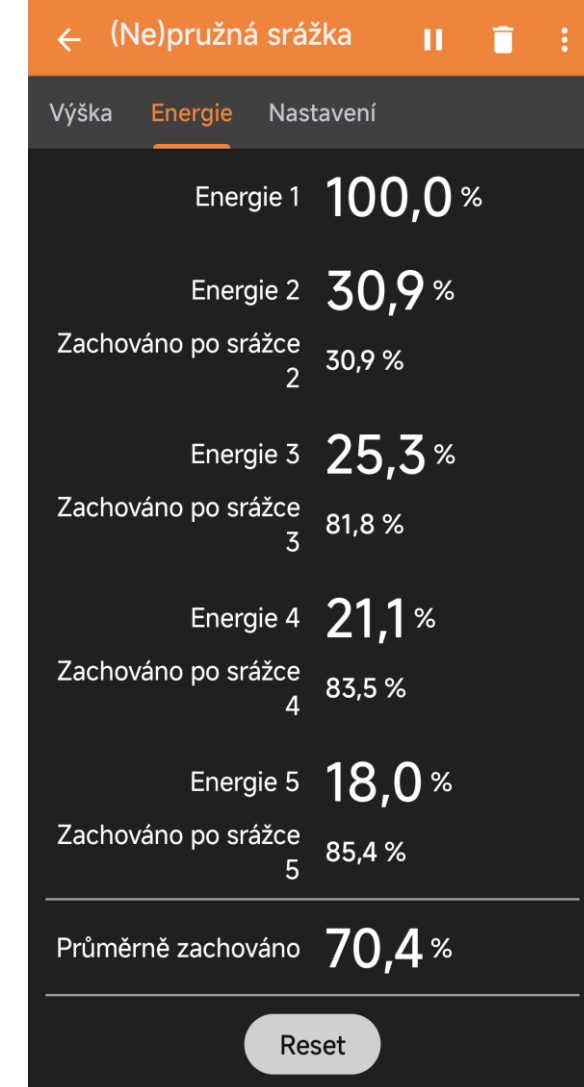
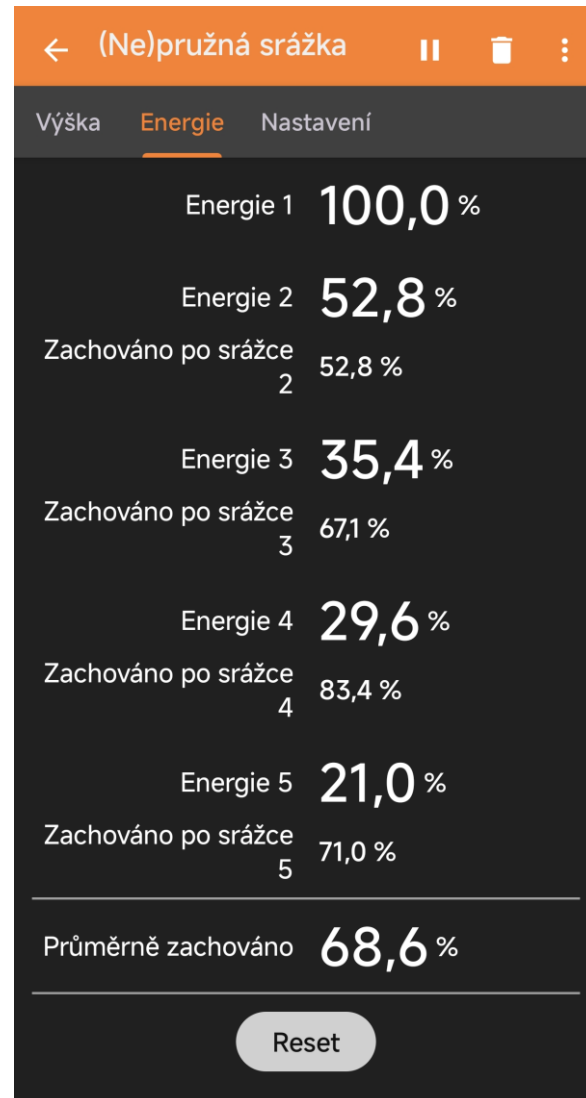
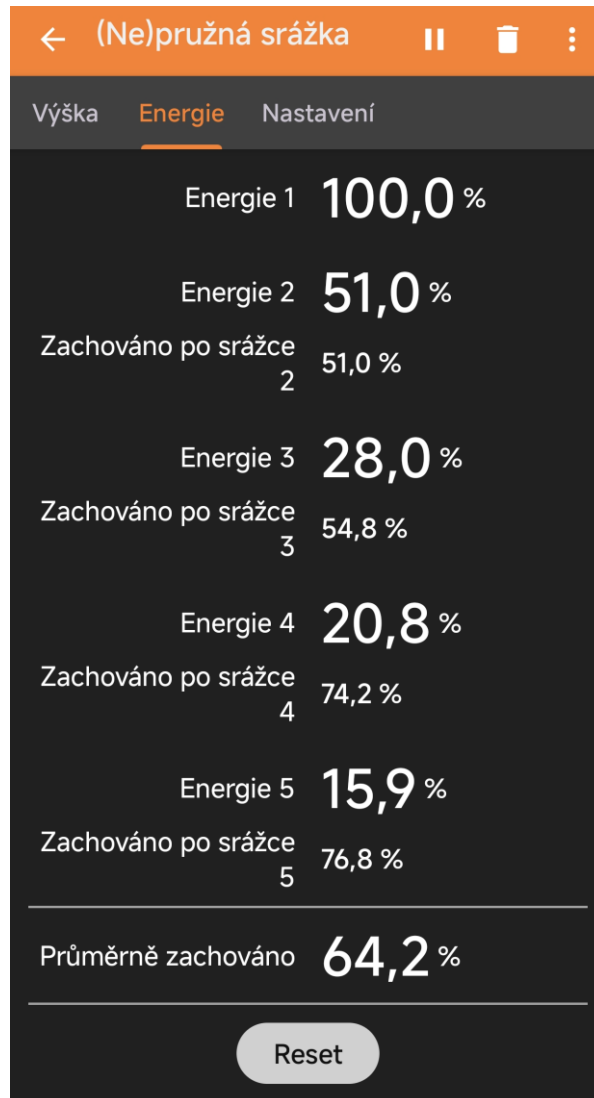
Mechanická pevnost – porušení vnitřní struktury, rychlá degradace

Poškozené a rozbité kuličky lze využít k původnímu určení – jako doplněk při pěstování rostlin.

Mechanické vlastnosti - pružná srážka

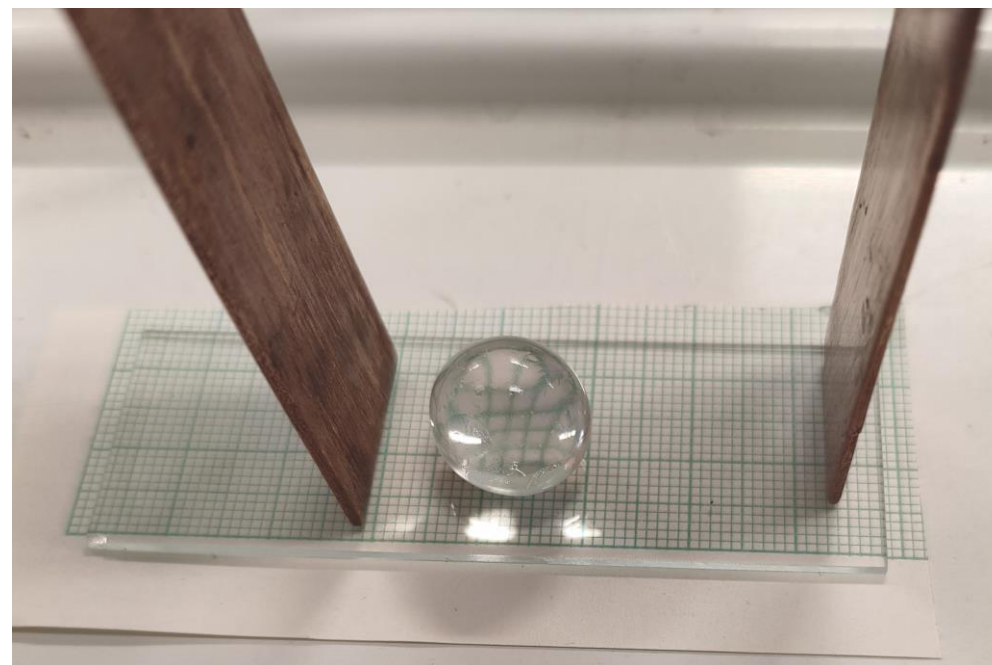
Pružné srážky měřeno pomocí Phyphox kuličky

ping-pong míček



Elektrické vlastnosti

Působení vysokého napětí – intenzita elektrického pole $\sim 9 \text{ kV/m}$



Elektrické vlastnosti

Gemini AI: Jde je přesný rozbor toho, co se s kuličkou stane (předpokládáme stejnosměrné pole):

- Migrace iontů (Elektroforéza): Polyakrylát sodný je polyelektrolyt. Má pevně vázané záporné náboje (karboxylové skupiny na polymerní síti) a volné pohyblivé kationty sodíku (Na^+). Volné kationty se začnou okamžitě přesouvat směrem k záporné elektrodě (katodě), zatímco záporně nabitá polymerní síť je tažena k anodě.
- Asymetrická deformace: Kvůli hromadění iontů na jedné straně vznikne uvnitř kuličky gradient osmotického tlaku. Tato nerovnováha způsobí, že se sférický tvar kuličky naruší. Kulička se zdeformuje, zploští, nebo se výrazně vyklene směrem k jedné z elektrod.
- Vytlačování vody (Elektroosmóza): Jak kationty putují ke katodě, strhávají s sebou molekuly vody (hydratační obaly). To vede k tomu, že kulička začne na straně přivrácené ke katodě vodu doslova „potit“ (elektrosynereze). Celkový objem kuličky se může výrazně zmenšit, jak z ní voda uniká.
- Tepelná degradace (v extrémním poli): Voda s ionty je elektricky vodivá. Průchodem proudu vzniká Jouleovo teplo. V extrémně silném poli se voda uvnitř kuličky může začít vařit, případně dojde k dielektrickému průrazu (jiskře), který polymerní strukturu roztaví nebo roztrhá.

Závěr

- Kvalitativní vs. kvantitativní experimenty
 - Levná a dostupná pomůcka
 - Zdroje a popisy v nefyzikální oblasti – chemie a zemědělství
 - Bezpečnost
 - Nebezpečí požití – nutný lékařský zásah
 - Nevhazovat do záchodu a odpadu umyvadel – riziko ucpání
řešení: použití solného roztoku
- Proč dělat experimenty? AI už všechno ví....

expEDU - Experiments for better teaching in higher education

Jednodenní workshop pro SŠ učitele/doktorandy/studenty přírodních věd - budoucí učitele fyziky na základních a středních školách

Počet účastníků: 24 prezenčně

Termín: konec ledna 2027

Program workshopu: Využití videodemonstrací ve výuce fyziky, měření dvou experimentálních úloh ve studentských laboratořích na základě zhlédnutí videí experimentů, seznámení s moderními experimentálními metodami v magnetismu a optice

Jednodenní seminář pro akademické pracovníky vysokých škol vyučující fyziku

Počet účastníků: 10 prezenčně + 15 online

Termín: květen 2027

Program semináře: Prezentace videodemonstrací tematicky zaměřených na jednotlivé oblasti fyziky, diskuse o možnostech využití videodemonstrací ve vysokoškolské výuce a ve výuce studentů se specifickými vzdělávacími potřebami, sdílení zkušeností s výukou fyziky na VŠB–TU Ostrava a dalších vysokých školách

Potvrzení o účasti na workshopu i semináři

Workshop, seminář i občerstvení ZDARMA

Máte zájem o účast nebo chcete získat více informací?

Mgr. Ing. Kamila Hrabovská, Ph.D.

kamila.hrabovska@vsb.cz

Katedra fyziky

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava – Poruba

Těšíme se na setkání s Vámi!