

OLYMPIÁDA MLADÝCH VEDCOV 2022

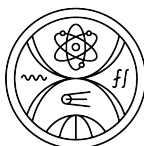
olympiáda
mladých
vedcov 

KVALIFIKÁCIA NA 1. VÝBEROVÉ SÚSTREDENIE OLYMPIÁDY MLADÝCH VEDCOV

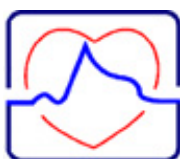
Domáci experiment
do 16.3. 2022

Prihlasovanie: <https://forms.gle/hhjMQ4wz3tbJapQEA>
Odovzdávanie: vyplnený odpoveďový hárok zašlite na experiment@ijso.sk

Podporujú nás:



FAKULTA MATEMATIKY,
FYZIKY A INFORMATIKY
Univerzita Komenského
v Bratislave



Domáci experiment

V tohtoročnom domácom experimente IJSO ste dostali za úlohu otestovať fyzikálne a chemické vlastnosti vaječnej škrupiny. Zistili ste, aký tlak a náraz vajíčko vydrží, z čoho sa skladá škrupina a v čom je možné ju rozpustiť, a vtiahli ste vajíčko do fľaše.

1 Z čoho pozostáva vaječná škrupina? (1 b)

- a) (0.5 b) Primárnym stavebným prvkom vaječnej škrupiny je uhličitan vápenatý - CaCO_3 . Ak doma chováte sliepky, možno ste sa zamýšľali nad tým, prečo je dobré im pridávať vaječné škrupiny do stravy. Je to kvôli tomu, že sliepky vedia časť tohoto uhličitanu zo škrupín "zrecyklovať".
- b) (0.5 b) Pre vyvíjajúci sa plod je dôležitý prístup ku kyslíku. Na jeho zabezpečenie sú v škrupine póry.

2 Mechanická odolnosť vaječnej škrupiny (10 b)

Pomôcky na tento experiment je možné pohodlne nájsť v každej kuchyni. Pre vzorové meranie sme použili vajcia z voľného výbehu. Hmotnosť bola meraná kuchynskou váhou s presnosťou na 1 g (Obr. 1).

Aparatúra pozostávala z dvoch dosiek na krájanie, veľkého hrnca, kníh ako podložiek, veľa potravinárskej fólie a kuchynských utierok (Obr. 2).

Do hrnca položeného na vajíčku sme postupne pridávali vodu a zaznamenávali hmotnosť. Hmotnosť záťaže pri ktorej praskne vajíčko pre 5 pokusov je zaznamenaná v tabuľke 1.

- a) (0.5 b) Dokumentáciu nášho experimentu môžete vidieť na Obr. 1 a Obr. 2.
- b) (2 b) Vo všeobecnosti priemerné hodnoty $\langle x \rangle$ počítame tak, že sčítame namerané hodnoty x_i a vydáme ich počtom meraní N . Matematicky zapísané: $\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$. Priemerná hmotnosť záťaže, pod ktorou vajíčko praskne, vyjde 5266 g.



Obr. 1: Použité vajíčka a kuchynská váha.



Obr. 2: Aparatúra na meranie kritickej záťaže.

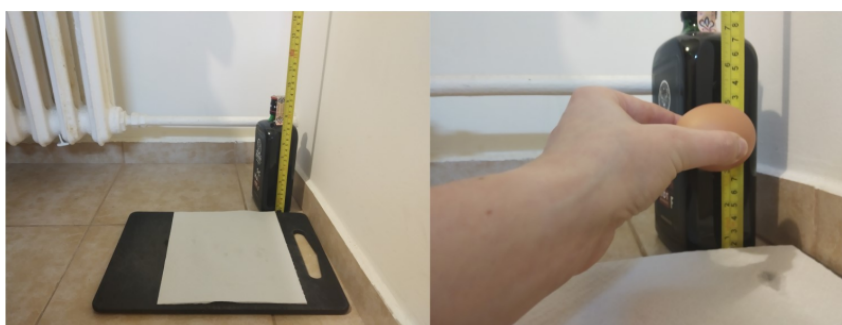
Na meranie pružnosti vajíčka sme použili rolovací meter zvesený z police na dosku, ktorá slúžila ako pristávacia plocha vajíčka (Obr. 3).

Hodnoty hmotnosti vajíčok a kritickej výšky pádu pre všetkých 5 meraní sú zaznamenané v tabuľke 2.

c) (0.5 b) Dokumentáciu nášho experimentu môžete vidieť na Obr. 3.

Tabuľka 1: Namerané hodnoty kritickej hmotnosti záťaže.

Meranie	Hmotnosť záťaže [g]
1	4592
2	5035
3	6660
4	5520
5	4523



Obr. 3: Aparatúra na meranie kritickej výšky.

Tabuľka 2: Namerané hodnoty hmotnosti a kritickej výšky pádu.

Meranie	Hmotnosť vajíčka [g]	Kritická výška pádu [mm]
1	59	50
2	59	70
3	58	90
4	57	90
5	52	80

- d) (2 b) Priemerná hmotnosť vajíčka je 57 g.
- e) (2 b) Priemerná kritická výška pádu je 76 mm.
- f) (1 b) Počiatočná potenciálna energia potrebná na prasknutie vajíčka je:

$$E_k = \Delta E_p = mg\Delta h,$$

$$\Delta E_p = 0.057 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m s}^{-1} \cdot 0.076 \text{ m}$$

$$\Delta E_p = 0.042 \text{ J}$$

g) (1 b) Závažová sila potrebná na prasknutie vajíčka je:

$$\begin{aligned}F &= mg \\F &= 5.266 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m s}^{-1} \\F &= 51.61 \text{ N}\end{aligned}$$

h) (1 b) Veľkosť deformácie škrupiny predstavuje rozdiel šírky vajíčka, o ktorý ho musíme stlačiť, aby prasklo. Jeho hodnota je:

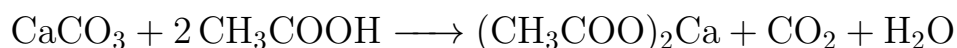
$$s = \frac{W}{0.5 \cdot F} = \frac{0.042 \text{ J}}{0.5 \cdot 51.61 \text{ N}} = 0.00163 \text{ m} = 1.63 \text{ mm}$$

3 Chemická odolnosť vaječnej škrupiny (5 b)

Na tento experiment sme použili 20% kuchynský ocot a zubnú pastu Colgate Triple Action. Priebeh reakcie uvoľňovania plynu z vaječnej škrupiny môžete vidieť na Obr. 4.

a) (0.5 b) Z vaječnej škrupiny ponorenej v octe sa uvoľňuje oxid uhličitý - CO_2 . Ide o reakciu, pri ktorej silnejšia kyselina, CH_3COOH , vytláča zo soli slabšiu - H_2CO_3 .

b) (1 b) Rovnica vytlačania oxidu uhličitého kyselinou octovou je:



c) (0.5 b) Produkty reakcie sú octan vápenatý, oxid uhličitý a voda.

d) (0.25 b) Zubná sklovina obsahuje minerál hydroxylapatit.

e) (0.25 b) Jeho chemický vzorec je $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$.

f) (0.25 b) Názov tejto zlúčeniny je hydroxyfosforečnan vápenatý.

g) (1 b) Hmotnostný zlomok vápnika v tejto zlúčenine vypočítame s pomocou chemických tabuliek, v ktorých nájdeme atómové hmotnosti prvkov, z ktorých sa zlúčenina skladá. Jeho hodnota je:

$$\begin{aligned}w(\text{Ca}) &= \frac{m_{\text{Ca}}}{m_{\text{Ca}} + m_{\text{P}} + m_{\text{O}}} \\w(\text{Ca}) &= \frac{5 \cdot 40.078}{5 \cdot 40.078 + 3 \cdot 30.974 + 13 \cdot 15.999 + 1 \cdot 1.008} = 0.399\end{aligned}$$



Obr. 4: Vajce ponorené v pohári s octom.

- h) (0.5 b) Ak hmotnosť minerálu v zube je 0.2 g, hmotnosť Ca v miligramoch je:

$$m(\text{Ca}) = 200 \text{ mg} \cdot 0.399 = 79.8 \text{ mg}$$

- i) (0.25 b) Použitá zubná pasta bola Colgate Triple Action.
- j) (0.5 b) Počas prvých troch hodín vajíčka v octe nebolo možné pozorovať žiadne výrazné zmeny medzi ošetrovanou neošetrovanou polovicou. Po štvrtej hodine bolo ale zjavné, že jedna polovica vajíčka mala na sebe tenšiu škrupinu ako druhá (Obr. 5).



Obr. 5: Porovnanie časti vajíčka ošetrenej a neošetrenej zubnou pastou.

4 Ako dostať vajíčko do fľaše? (4 b)

Pri riešení tejto časti sme spočiatku narazili na niekoľko problémov. Ak fľaša, ktorú používame, nie je dosť veľká, horiaci papier rýchlo zhasne, pretože spotrebuje všetok kyslík. Potrebný efekt je však možné dokázať tak, že namiesto horiaceho papiera do fľaše nalejeme vriacu vodu, (nasleduje prezradenie časti riešenia) lebo vriacou vodou ohrejeme plyn vo fľaši dosť na to, aby sme po jeho ochladení mali dostatočný podtlak. Vajíčko sa nám nepodarilo dostať do fľaše úplne, ale posun je viditeľný (Obr. 6). Pre úplnosť sme sme si zohnali aj väčšiu fľašu a vytvorili sme podtlak horením papiera. Výsledok môžete vidieť na Obr. 7 , pričom nám vajíčko pri vťahovaní podtlak vo fľaši roztrhol.

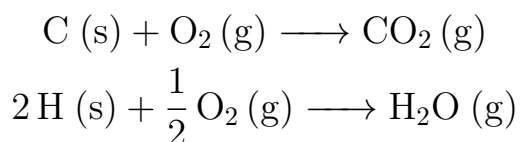


Obr. 6: Uvarené vajíčko vtiahnuté do fľaše ochladením horúcej vody.

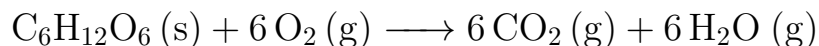


Obr. 7: Uvarené vajíčko vtiahnuté do fľaše horením papiera.

- a) (0.5 b) Horenie papiera je komplikovaný proces, pretože samotný papier sa neskladá iba z jedného typu molekúl. Striktne vzaté, chemické reakcie horenia uhlíka a vodíka z molekúl papiera môžeme zapísať nasledovne:



Uhlík a vodík sú v papieri viazané prevažne v molekulách celulózy, čo je polymérny materiál zložený z molekúl glukózy. Chemický proces horenia papiera preto vieme aproximovať aj touto rovnicou:



- b) (0.5 b) V prípade prvých dvoch rovníc je na strane reaktantov dokopy 1.5 molekúl plynu, na strane produktov sú 2. Počet molekúl sa teda spočiatku zvýši. Po kondenzácii vody sa však tento počet zníži. V prípade horenia celulózy sa počet molekúl spočiatku zvýši dvojnásobne.
- c) (1 b) Objem širšej časti fľaše:

$$V_s = \pi r^2 h = \pi \cdot (3 \text{ cm})^2 \cdot 10 \text{ cm} = 282.74 \text{ cm}^3$$

Objem hrdla fľaše:

$$V_h = \pi r^2 h = \pi \cdot (1.5 \text{ cm})^2 \cdot 6 \text{ cm} = 42.41 \text{ cm}^3$$

Objem celej fľaše:

$$V_c = V_s + V_h = 282.74 \text{ cm}^3 + 42.41 \text{ cm}^3 = 325.15 \text{ cm}^3$$

- d) (1 b) V texte sme sa dočítali, že objem plynu uzavretého v sklenenej fľaši, je priamo úmerný jeho teplote. Aby vajíčko prešlo celým hrdlom a spadlo do fľaše, je potrebné vzduch ohriať (na teplotu T_o) tak, aby vplyvom expanzie "vyfučal" jeho objem rovný objemu hrdla. Po ochladení vzduchu naspäť na izbovú teplotu T_i sa potom vo fľaši vytvorí podtlak, ktorý zvládne vajce vtiahnuť presne cez hrdlo fľaše. Platí teda nasledovná priama úmernosť:

$$\frac{T_i}{V_s} = \frac{T_o}{V_c}$$

Pri izbovej teplote 22°C teda bude platiť:

$$T_o = \frac{T_i V_c}{V_s} = \frac{295.15 \text{ K} \cdot 325.15 \text{ cm}^3}{282.74 \text{ cm}^3} = 339.42 \text{ K}$$

$$t_o = 66.27^\circ\text{C}$$

Pri tomto výpočte sme zanedbali objem samotného vajíčka.

- e) (0.5 b) V dôsledku chemickej reakcie horenia sa počet mólov plynu zvyšuje o malé množstvo. Horenie papierika navyše po zavretí fľaše vajíčkom rýchlo ustane, nakoľko mu rýchlo dôjde kyslík. Podľa výpočtu teploty potrebnej na vtiahnutie vajíčka však vidíme, že rozdiel teplôt je relatívne malý, preto je oveľa viac pravdepodobné, že vajíčko je vtiahnuté v dôsledku zmeny teploty vzduchu vo fľaši, nie v dôsledku chemickej reakcie. Tento predpoklad potvrdzuje aj variant pokusu s vriacou vodou, kde nedochádzalo ku chemickej reakcii a jediné, čo sa menilo, bola teplota vzduchu vo fľaši.
- f) (0.5 b) Vajíčko s pružnou škrupinou sa môže vtiahnuť do fľaše rovnako ako vajíčko uvarené na tvrdo. Je však vysoko pravdepodobné, že pri tomto procese sa mäkká blanovitá škrupina roztrhne. S vriacou vodou sa nám podarilo vajce vtiahnuť do fľaše len čiastočne, no na Obr. 8 môžete vidieť pokrčenú škrupinu. S horiacim papierom sme vajce do fľaše vtiahli úplne, ale prasklo nám (Obr 9).



Obr. 8: Vajíčko s rozpustenou škrupinou vtiahnuté do fľaše ochladením horúcej vody.



Obr. 9: Vajíčko s rozpustenou škrupinou vtiahnuté do fľaše horením papiera.