

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity  
Komenského, Bratislava



## CELOŠTÁTNE KOLO OLYMPIÁDY MLADÝCH VEDCOV

Domáci experiment  
do 24. 5. 2020

*Celkový čas: neobmedzene*

Prihlasovanie: <https://bit.ly/IJS02020>  
Odovzdávanie: vyplnený odpoveďový hárok zašlite na  
[martin.chudjak@ijso.sk](mailto:martin.chudjak@ijso.sk)

# Domáci experiment

Rozprávku o troch zlatých vlasoch deda Vševeda pozná hádam každý. Aký je však rozdiel medzi vlasmi rôznych osôb, to si priblížime v ďalších úlohách.

Pri vypracovávaní riešenia nám opíšte, ako ste riešili jednotlivé úlohy a čo ste zistili. Pri výpočtoch nás zaujíma nás teda aj **postup**, nielen výsledky. Nezabudnite tiež zodpovedať na všetky otázky, ktoré sa v texte k úlohám vyskytli. Svoje odpovede vpisujte rovno do odpoveďového hárku na konci tohto textu (máte v ňom pripravené aj potrebné tabuľky). Dokument nám pošlite vo formáte .doc, .pdf, .jpg alebo .png.

Dokument doplnený o vaše odpovede nám odošlite na [martin.chudjak@ijso.sk](mailto:martin.chudjak@ijso.sk) do **24. 5. 2020** 23:59. Nezabudnite sa aj **prihlásiť** cez <https://bit.ly/IJS02020> rovnako do 24.5. 2020.

## Čo budete potrebovať?

Pomôcky na experiment by ste mali nájsť doma alebo v drogérii. Budete potrebovať niekoľko dlhších vlasov, plastový pohárik alebo podobnú nádobu, sekundové lepidlo, kuchynské váhy, pravítko, ceruzku a zopár ďalších drobností podľa vášho výberu.

## 1 Aké druhy vlasov máme a z čoho sa skladajú?

Podľa výskytu delíme vlasy na lanugo, vellus a terminálne vlasy. Terminálne vlasy podľa ich dĺžky rozdeľujeme na dlhé vlasy (vlasy na hlave, fúzy) a krátke vlasy (mihalnice, obočie...).

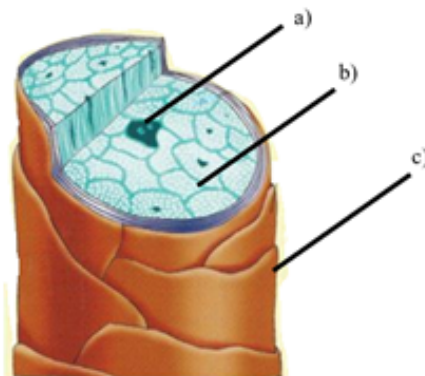
Svetlovlasí ľudia majú zvyčajne viac vlasov ako ľudia s tmavšími vlasmi (140 000 v porovnaní so 100 000 vlasmi), avšak svetlé vlasy sú zvyčajne jemnejšie a krehkejšie.

Hrúbka a štruktúra vlasov súvisí s farbou a so zložením vlasov. Tmavé vlasy majú priemernú hrúbku 0,04 – 0,09 mm, svetlé 0,04 mm a hrdzavé 0,04 – 0,09 mm. Bežný vlas rastie priemernou rýchlosťou cca 1 cm za mesiac a približne každých 2 až 6 rokov vypadne, pričom z rovnakého folikulu začne vyrastať nový vlas. Z jedného folikulu vyrastie postupne asi 12 vlasov.

Po chemickej stránke sa každý vlas skladá z dvoch základných zložiek: z bielkoviny (keratín) a vody. Vlasy dokážu absorbovať až 30% svojho ob-

jemu vo forme vody z tekutín ale aj vlhkosti vzduchu. Za rozdielnu farbu vlasov vďaka dvom ďalším vlasovým bielkovinám (farbivám) eumelanínu a feomelanínu. Tmavé vlasy obsahujú viac eumelanínu, zatiaľ čo svetlé a červené vlasy obsahujú viac feomelanínu.

1. Vypočítajte teoretický objem vody (v litroch) dokážu absorbovať vlasy chlapca, ktoré rástli  $4\frac{3}{4}$  roka, ak je
  - a) svetlovlasý,
  - b) tmavovlasý?
2. Pre starších ľudí su typické šedivé (strieborné) vlasy. Čím sa líši šedivý vlas človeka od jeho čierneho vlasu?
3. Typy vlasov sa medzi jednotlivými etnickými skupinami výrazne líšia a je známe, že ide o dedičný jav. Z hľadiska textúry vlasu rozoznávame vlasy rovné, zvlnené, kučeravé a veľmi kučeravé, ktoré sa točia do pevnej špirály. Čo je rozhodujúci faktor určujúci, akú štruktúru bude mať vyrastajúci vlas?
4. Na obrázku je znázornený prerez vlasom. Pomenuj 3 vrstvy vlasy. Je časť vlasu zobrazená na obrázku živá, alebo je tvorená mŕtvymi bunkami a v tom prípade, kde sa nachádza živá časť vlasu?



S vlasmi súvisí aj jav odborne nazývaný piloerекcia, ľudovo známy ako „husia koža“. U človeka je môže byť spôsobená emočným alebo teplotným vplyvom. Dokonca má rovnaké prejavy aj intenzitu pri cítení chladu, ako pri počúvaní výnimočnej hudby alebo sledovaní filmu plného emócií. K piloerекcii dochádza aj u iných živočíchov, napríklad psov alebo mačiek. „Halloweenska mačka“ je výraz celkom vierohodne ilustrujúci výzor mačky s piloerекciou.

5. a) Aký mechanizmus je zodpovedný za navodenie „husej kože“?  
b) A aké funkcie môže „husia koža“ plniť v živočíšnej ríši z fyziologického hľadiska?  
c) A aké funkcie môže „husia koža“ plniť v živočíšnej ríši zo sociálneho hľadiska?
6. Vlasý môžu rásť kdekoľvek na tele človeka s výnimkou očných viečok, pier, slizníc dlaní rúk a chodidiel. Na rozdiel od človeka, polárny medveď má chodidlá husto porastené srstou. Akú evolučnú výhodu môžu poskytnúť hladké dlane pre človeka a osrstené chodidlá pre polárneho medveďa?

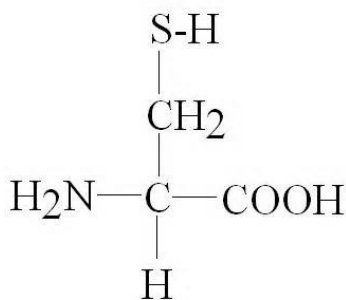
## 2 Chemické zloženie vlasov

Ako sme už spomínali, základnou stavebnou zložkou vlasu je keratín, tiež nazývaný rohovina. Okrem vlasov sú z keratínu tvorené napríklad aj naše nechty a vďaka keratinizácii t.j. rohovateniu, sa vytvára na povrchu ľudskej pokožky vrstva, ktorá chráni naše bunky pred infekciami a stratou vody. Táto šikovná zlúčenina (keratín) je vo vode rozpustná bielkovina s vláknitou štruktúrou.

Základnou stavebnou jednotkou všetkých bielkovín a teda aj keratínu sú aminokyseliny. Vo vlasovom keratíne sa vyskytuje 21 aminokyselín, najmä však cysteín a cystín, ale aj serín, treonín, či glycín. Vlasý aj nechty sú teda tvorené rozvetvenými polymérmi keratínu, ktoré vznikajú spájaním monomérov (makromolekulových reťazcov) s dĺžkou 400 až 640 aminokyselín.

7. Naštudujte si v literatúre základné informácie o pojmoch monomér a polymér, ako aj spôsob vzniku polymérov a vlastnosti aminokyselín. Vysvetlite, čo je
- monomér,
  - polymér,
  - aký je vzťah medzi aminokyselinami a bielkovinami.

V bielkovinách sú makromolekulové reťazce (monoméry) navzájom pospájané peptidovými väzbami. Peptidová väzba tu vzniká medzi dusíkom v  $-NH_2$  skupine jednej aminokyseliny a uhlíkom v  $-COOH$  skupine druhej aminokyseliny za súčasného odštiepenia molekuly vody.



Obr. 1: Molekula cysteínu

8. Pomocou chemického vzorca aminokyseliny cysteín ( $\text{NH}_2-\text{CH}(\text{SH})-\text{COOH}$  na obrázku dole) ilustrujte reakcie vzniku peptidovej väzby medzi dvoma molekulami cysteínu v ľudskom vlase. Výsledný produkt zapíšte aj ako polymér.

Ďalšími chemickými látkami nachádzajúcimi sa vo vlasoch sú aj stopové prvky železo, meď, jód, zinok a iné kovy, pochádzajúce zo znečisteného životného prostredia. Konečný tvar molekuly (nazývame ho aj terciárna štruktúra) keratínu je formovaný prostredníctvom disulfidových mostíkov. Disulfidové mostíky sú väzbou medzi atómami síry v dvoch aminokyselinách cysteínu. Tieto väzby v prírodnom keratíne, dodávajúce charakteristickú priestorovú štruktúru vlasu, je možné zrušiť pôsobením tepla, čo sa hojne využíva kadevníckom priemysle pri tvorbe účesov.

9. Z nasledujúcich možností vytvorte správne logické dvojice. K jednému písmenu môžete priradiť aj viac písmen.

a) Trvalá ondulácia (teplá)	1. Veľa cysteínu
b) Žehlenie vlasov, fénovanie vlasov	2. Vytváranie disulfidových väzieb
c) Kučeravé vlasy	3. Málo cysteínu
d) Biele vlasy	4. Málo melanínu
e) Rovné vlasy	5. Trhanie disulfidových väzieb

10. Z údajov o dĺžke vlasu a jeho hrúbke vypočítajte, aký počet peptidových väzieb by obsahoval 10 cm dlhý svetlý ľudský vlas, ak by bol celý tvorený keratínom pozostávajúcim iba z molekúl aminokyseliny cysteín. Predpokladajte, že hustota vlasu sa nevelmi líši od hustoty vody  $1 \text{ g/cm}^3$  (sumárny vzorec cysteínu je  $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}$ ).
11. Máme 24.3 g aminokyseliny cysteínu. Povedzme, že všetok cysteín zreagoval a vytvoril jednu lineárnu dlhú molekulu.

- a) Aké množstvo vody sa uvoľnilo pri reakcii cysteínu?
- b) Odhadnite dĺžku molekuly, ktorú by cysteín vytvoril. Nezabúdajte, že môžete používať internet, uveďte zdroje informácií, ktoré použijete.

### 3 Pevnosť a pružnosť vlasov

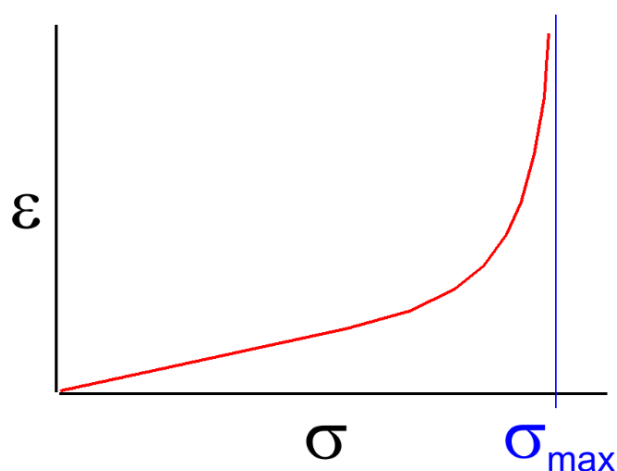
Vlasy sa pri ťažovaní predlžujú. Je jasné, že dlhý vlas sa môže natiahnuť viac než krátky. Nech sa vlas pri natiahnutí predĺžil o  $\Delta l$  a nech mal bez ťažovania dĺžku  $l_0$ . Potom relatívne predĺženie vlasu definujeme vzťahom

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}.$$

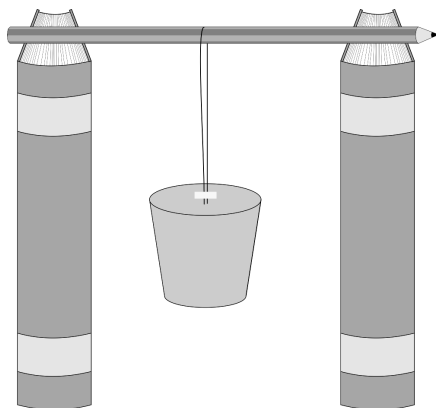
Relatívne predĺženie  $\varepsilon$  závisí priamoúmerne od napínacej sily  $F$  a nepriamoúmerne od prierezu vlasu  $S$ . Mechanické napätie, ktorým vlas namáhame, definujeme ako

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

a meriame ho v pascaloch. Závislosť relatívneho predĺženia od napätia je komplikovaná, ale približne je znázornená na nasledujúcom obrázku.



Spočiatku, pri malom namáhaní, je relatívne predĺženie priamoúmerné mechanickému napätiu. Po istom zvýšení napätia sa začína vlas predlžovať oveľa rýchlejšie, až sa pri dosiahnutí napätia  $\sigma_{max}$  pretrhne. Hodnotu tohto medzného napätia  $\sigma_{max}$  nazývame medza pevnosti. Pružnosť vlasu v oblasti



malého namáhania, teda jeho odolnosť voči naťahovaniu, charakterizujeme Youngovým modulom pružnosti  $E$ ,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}.$$

Fyzikálnym rozmerom modulu pružnosti je pascal.

Hodnoty  $\sigma_{max}$  a  $E$  bývajú obrovské, takže sa obvykle zapisujú v GPa (gigapascal), pričom  $1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa}$ .

V nasledujúcom experimente zmeriame medzu pevnosti a modul pružnosti ľudského vlasu. Postup:

- A) Vezmite vlas s dĺžkou aspoň 20 cm, ohnite ho napoly a voľné konce kvapkou sekundového lepidla prilepíte o plastový pohárik s objemom 2 alebo 3 dl (obrázok nižšie). Pohárik pomocou vlasu zaveste na ceruzku, ktorú položíte na stojan (napríklad knihy). Uvedomte si, že hoci prierez vlasu je  $S$ , sila (od pohárika) sa rozkladá na dve vlákna. Prierez vlasu je teda akoby dvojnásobný ( $2S$ ).
- B) Pravítkom zmerajte dĺžku vlasu (presnejšie polovicu)  $l_0$ , teda vzdialenosť od horného okraja pohárika po horný okraj ceruzky a výsledok zapíšte do prvej tabuľky nižšie. Zmerajte mikrometrom (alebo odhadnite) priemer vlasu a jeho prierez  $S$  a výsledok takisto zapíšte do tabuľky.
- C) Pripravte si druhý pohárik, ktorý naplňte soľou alebo cukrom. Plný pohárik odvážte na kuchynských váhach a údaj si poznačte.
- D) Do zaveseného pohárika nasypťe z plného pohárika toľko soli (cukru), aby sa vlas predĺžil asi o 5 – 10 mm. Predĺženie  $\Delta l$  zapíšte do prvého riadku druhej tabuľky. Odvážením nezaveseného pohárika so soľou (cukrom) zistíte, koľko soli (cukru) je v zavesenom pohárik. Jeho

hmotnosť  $m$  napíšte takisto do tabuľky. Vlas je teraz napínaný gravitačnou silou  $F = mg$ , kde  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . Dopočítajte ostatné hodnoty v prvom riadku tabuľky.

- E) Do zaveseného pohárika pomaly dosypávajúť soľ (cukor). Vlas sa začne predlžovať, až sa roztrhne. Odvážení nezaveseného pohárika zistíte, koľko soli (cukru) bolo v zavesenom pohárik v okamihu roztrhnutia vlasu. Hodnotu hmotnosti  $m$  zapíšte do druhého riadku tabuľky. Dopočítajte medzu pevnosti vlasu. Ak sa vlas neroztrhol ani pri úplne naplnenom pohárik, pokus o roztrhnutie vlasu zopakujte tak, že do zaveseného pohárika vložíte najprv ťažké predmety (napríklad železné skrutky a až potom doň dosypávajúť soľ (cukor). **Nezabudnite skrutky odvážiť. Nezabudnite si experiment odfotiť a poslať nám fotky aspoň 2 fotky!**
- F) Namerané hodnoty modulu pružnosti a medze pevnosti vlasu porovnajte s hodnotami pre nylon (nylonové vlákna sú veľmi pevné a používajú ich napríklad rybári). Na získanie parametrov nylonu využite napríklad odkazy na literatúru v závere.

## 4 Záverečné otázky

Odpovedzte na nasledujúce otázky a svoje odpovede zdôvodnite. Pre argumentáciu použite výsledky doterajších úloh!

12. Ako maximálne vysoko mohlo byť okno veže, aby sa princ mohol vyšplhať po vrkoči 18-ročnej Zlatovlásky za predpokladu, že jej od narodenia vlasy nevypadávali? Princ sedel na koni, takže dokázal chytiť vlasy nachádzajúce sa 2.5 m nad zemou.
13. Je teoreticky možné, aby Zlatovláskine zapletené svetlé (zlaté) vlasy udržali princa pri šplhaní na vežu?
14. Keby storočný dedo Vševed žil v našom svete a nie v rozprávkovom svete, mal by tri zlaté čiže blondávané vlasy?



## 5 Literatúra na ďalšie štúdium

[http://www.oskole.sk/?id\\_cat=53&clanok=6017](http://www.oskole.sk/?id_cat=53&clanok=6017)

<http://sk.wikipedia.org/wiki/Aminokyselina>

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Keratin>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Young's\\_modulus](http://en.wikipedia.org/wiki/Young's_modulus)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ultimate\\_tensile\\_strength](http://en.wikipedia.org/wiki/Ultimate_tensile_strength)

Želáme Ti veľa zábavy pri riešení úloh. Ak ste pri riešení úlohy urobili peknú fotografiu alebo nakreslili obrázok, kľudne nám ich pošlite!

Kolektív autorov: František Kundracik, Martin Plesch, Renáta Dörnhöferová a Veronika Vozáriková

# Odpoveďový hárok

Meno:

1. Teoretický objem vody (v litroch) dokážu absorbovať vlasy chlapca, ktoré rástli  $4\frac{3}{4}$  roka ak je:

a) svetlovlasý:  
Výpočet:

b) tmavovlasý:  
Výpočet:

2. Čierne vlasy sa stanú striebornými, lebo:

.....  
.....

3. Textúra vlasu závisí od: .....

.....  
.....

4. Jednotlivé časti vlasu sú:

- a) .....
- b) .....
- c) .....

Živá časť vlasu je: .....

5. a) „Husiu kožu“ spôsobuje: .....

.....  
.....

b) Z fyziologického hľadiska plní „husia koža“: .....

.....  
.....

c) Zo sociálneho hľadiska plní „husia koža“: .....

.....  
.....

6. Polárny medveď: .....
- .....
- .....
- Človek: .....
- .....
- .....
7. a) Monomér je: .....
- .....
- .....
- b) Polymér je: .....
- .....
- .....
- c) Vzťah medzi amínokyselinami a bielkovinami je: .....
- .....
- .....
8. Chemická reakcia dvoch molekúl cysteínu:

Polymér cysteínu:

9. Logicky správne kombinácie (v tvare napríklad 4a), 3b)...):
- 1..... 2..... 3..... 4..... 5.....

10. Vlas obsahuje nasledujúci počet peptidových väzieb: .....

Výpočet:

11. a) Množstvo vody sa uvoľnené pri reakcii:

Výpočet:

b) Odhad dĺžky molekuly:

Výpočet:

## Experiment

Farba vlasu (žltý, hnedý, čierny...)	
Dĺžka vlasu $l_0$ (m)	
Odhadnutý priemer vlasu (m)	
Prierez vlasu $S$ (m <sup>2</sup> )	

Závaž $m$	Napätie $\sigma$	Predĺženie $\Delta l$	Relatívne predĺženie	Modul pružnosti Pa
kg	Pa	m		Pa
		-	-	-

Modul pružnosti vlasu v GPa: .....

Medza pevnosti vlasu v GPa: .....

Správne podčiarknite: v porovnaní s nylonom je modul pružnosti vlasu podobný / väčší / menší a porovnaní s nylonom je medza pevnosti vlasu podobná / vyššia / nižšia.

**Nezabudnite si experiment odfotiť a poslať nám fotky aspoň 2 fotky!**

12. Odpoveď a jej zdôvodnenie:

13. Odpoveď a jej zdôvodnenie:

14. Odpoveď a jej zdôvodnenie: