

# Celoštátne kolo IJSO 2015

Vzorové riešenia teoretických úloh z chémie, fyziky a biológie

## Obsah

<b>1 Úlohy z chémie</b>	<b>2</b>
1.1 Úvodná... (2+2 body) . . . . .	2
1.2 Termochemická (4 body) . . . . .	2
1.3 S návodom ide všetko dobre (5 bodov) . . . . .	2
1.4 Tajomná soľ (6 bodov) . . . . .	3
1.5 Haf! (5 bodov) . . . . .	4
<b>2 Úlohy z fyziky - Teplovzdušný balón (21 bodov)</b>	<b>5</b>
<b>3 Úlohy z biológie</b>	<b>7</b>
3.1 Anatómia cibule (11 bodov) . . . . .	7
3.2 Taká normálna rodinka (8 bodov) . . . . .	9
3.3 Obehové sústavy (4 body) . . . . .	10
3.4 DNA (2 body) . . . . .	10

# 1 Úlohy z chémie

## 1.1 Úvodná... (2+2 body)

- a) Vypočítajte objem  $V_{HNO_3}$  50%-ného roztoku kyseliny dusičnej a objem vody  $V_{H_2O}$ , ktoré treba pridať, aby sme pripravili  $500\text{cm}^3$  30%-ného roztoku kyseliny dusičnej.

Sú známe hodnoty hustôt:  $\rho_{50\%} = 1.31\text{g/cm}^3$ ,  $\rho_{30\%} = 1.18\text{g/cm}^3$ ,  $\rho_{H_2O} = 1.00\text{g/cm}^3$

- b) Kyselina dusičná spolu s kyselinou chlorovodíkovou vytvárajú zmes koncentrovaných vodných roztokov v objemovom pomere 1:3. Ide o známe silné oxidačné činidlo, ktoré reaguje s väčšinou kovov. Napíšte názov danej zmesi a priebeh reakcie kyseliny dusičnej s kyselinou chlorovodíkovou.

---

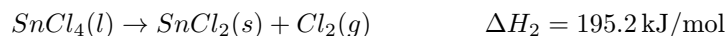
a)  $V_{HNO_3} = 270\text{m}^3$ ,  $V_{H_2O} = 236\text{cm}^3$

- b) Ide o lúčavku kráľovskú. Priebeh reakcie:



## 1.2 Termochemická (4 body)

Sú dané termochemické rovnice a im príslušné zmeny entalpie:



Zistite výsledné reakčné teplo  $\Delta H^*$  (tepelný efekt) reakcie použitím termochemických zákonov. O aký typ chemickej reakcie ide z hľadiska jej tepelného efektu?

---

Výsledné reakčné teplo je  $\Delta H = -544.2 \text{ kJ/mol}$ . Energia sa uvoľnila, ide teda o endotermickú reakciu.

---

## 1.3 S návodom ide všetko dobre (5 bodov)

Vedúci laboratória Kubovi nakázal, aby do reakčnej sústavy pridal určité množstvo atómov fosforu. Odporučil mu  $m_{oxid} = 578 \text{ g}$  oxidu fosforečného, ktorý má zmiešať s vodou. Keďže Kubo nie je chemik, pozrel sa do návodu ako takéto niečo spraviť.

Vraj sa neodporúča priame miešanie, pretože ide o exotermickú reakciu s prudkým priebehom. Preto je z bezpečnostných dôvodov výhodnejšie použiť namiesto oxidu fosforečného kyselinu trihydrogenfosforečnú.

Kolko gramov tejto kyseliny musí Kubo pridať do vody, aby do nej preniesol rovnako veľa atómov fosforu?

Mólové hmotnosti prvkov:  $M(H) = 1.01 \text{ g/mol}$ ,  $M(P) = 30.97 \text{ g/mol}$ ,  $M(O) = 16.00 \text{ g/mol}$

---

Najsôr si vypočítajme, koľko molekúl oxidu  $N_{P_4O_{10}}$  a atómov fosforu  $N_P$  má byť pridaných:

$$N_{P_4O_{10}} = N_A \frac{m(P_4O_{10})}{M(P_4O_{10})} = 1.226 \cdot 10^{24} \quad \rightarrow \quad N_P = 4N_{P_4O_{10}} = 4.904 \cdot 10^{24}$$

Hmotnosť kyseliny, ktorá má nahradiť oxid, ale zachovať počet atómov fosforu, je:

$$m(H_3PO_4) = M(H_3PO_4) \frac{N_P}{N_A} = 798.14 \text{ g}$$

---

## 1.4 Tajomná soľ (6 bodov)

Martina si od mala schovávala vo svojej tajnej prachovnici istú chromitú soľ, ale teraz, ako vyrástla, si už vôbec nepamätá, ktorá z týchto troch to mohla byť:

- I. chlorid hexaakvachromitý
- II. hexahydrát chloristanu chromitého
- III. nonahydrát dusičnanu chromitého

Našťastie, vzišiel jej na um spôsob, akým to zistiť. Vzala  $m_X = 1.3$  g soli z prachovnice a rozpustila ju vo vode. Chemickými čarami boli chromité katióny zoxidované na chrómanové anióny, ktoré boli kvantitatívne vyzrážané bárnatou soľou za vzniku chrómanu bárnateho. Po dekantovaní, kvantitatívnej filtrácii a žihaní zrazeniny pri  $550^\circ\text{C}$  získala Martina presne  $m_{\text{BaCrO}_4} = 0.72$  g čistého chrómanu bárnateho. Rozhodnite, o akú soľ mohlo ísť.

Mólové hmotnosti látok:

$$M(\text{Cr}) = 52.00 \text{ g/mol}, \quad M(\text{BaCrO}_4) = 253.32 \text{ g/mol}, \quad M([\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3) = 266.48 \text{ g/mol}, \\ M(\text{Cr}(\text{ClO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 458.44 \text{ g/mol}, \quad M(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = 400.15 \text{ g/mol},$$

---

Najprv vypočítajme hmotnostný zlomok chrómu v chrómane bárnatom:

$$W_1(\text{Cr}) = \frac{n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr})}{n(\text{BaCrO}_4) \cdot M(\text{BaCrO}_4)} = 20.5\%$$

Z tohto údaju vieme ľahko zistiť hmotnostný zlomok samotného chrómu vo vzorke:

$$W(\text{Cr}) = \frac{m(\text{Cr})}{m(\text{vzorky})} = \frac{W_1(\text{Cr}) \cdot m(\text{BaCrO}_4)}{m(\text{vzorky})} = 11.34\%$$

Teraz sa pozrime na hmotnosté zlomky chrómu v jednotlivých zlúčeninách I, II, III:

$$W_I(\text{Cr}) = \frac{n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr})}{n([\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3) \cdot M([\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3)} = 19.51\% \\ W_{II}(\text{Cr}) = \frac{n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr})}{n(\text{Cr}(\text{ClO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Cr}(\text{ClO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = 11.34\% \\ W_{III}(\text{Cr}) = \frac{n(\text{Cr}) \cdot M(\text{Cr})}{n(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})} = 12.99\%$$

Vidíme, že neznámou chromitou soľou bol hexahydrát chloristanu chromitého.

---

## 1.5 Haf! (5 bodov)

*Experiment so štekajúcim plynom z reagujúceho sodíka s vodou poznáme asi všetci. Chud(j)ák Martin však nie.*

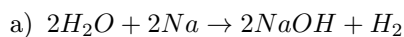
Do nádoby s vodou pridáme malý kúsok sodíka. Máme možnosť sledovať búrlivú reakciu, pri ktorej sodík nadobudne geometriu gule a pláva si po hladine, pričom celú dobu uniká istý druh plynu.

Martin mal však kopec otázok, na ktoré očakáva odpoveď:

- a) Ako by sme zapísali túto chemickú reakciu?
- b) Prečo mal sodík vo vode tvar guľičky?
- c) Prečo vlastne vôbec plával?
- d) O aký typ reakcie išlo z tepelného hľadiska?

Keby sme spomínaný unikajúci plyn zachytili do obrátenej skúmavky, ktorú by sme následne položili nad plameň (napríklad od sviečky), začuli by sme zvuk "šteknutia".

- e) Čo spôsobuje efekt "šteknutia"?
- 



b) Energeticky "najekonomickejší" je vždy guľa (viz. hviezdy, planéty, kvapky vody,...)

c) Sodík patrí medzi ľahké alkalické kovy, takže má nízku hustotu oproti vode. Preto plával

d) Exotermická reakcia.

e) Zhorením vodíka sa v skúmavke vytvorí veľký pretlak vzduchu, preto počujeme silné "šteknutie".

---

## 2 Úlohy z fyziky - Teplovzdušný balón (21 bodov)

V poslednej dobe sa premnožili ponuky na internetových zľavových predajniach na lety teplovzdušným balónom. Len za 89eur pre 2 osoby! Ale to nie je cesta, kadiaľ sa budeme uberať. V tejto úlohe sa pozrieme bližšie na fyziku letu samotných balónov.

Uvažujme balón podobný jednému z tých na obrázku na ďalšej strane (obr.1), ktorý vieme dostatočne dobre charakterizovať objemom plášťa  $V = 3000 \text{ m}^3$  a hmotnosťou koša, šnúr, horáku a plášťa  $M = 800 \text{ kg}$ .

Na začiatku budeme počítat bežné okolité podmienky (tlak  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$  a teplotu  $T_0 = 300 \text{ K}$ ). Ďalej v celej úlohe predpokladáme, že objem a tlak vzduchu v balóne sa nemenia.

- a) (3 body) Koľko molekúl vzduchu  $N$  sa nachádza v balóne pred ohrievaním? Aká je ich objemová hustota  $\rho_0$  (hmotnosť molekúl v jednom metri kubickom)?

---

$$\text{Počet molekúl } N \text{ vyjadríme zo stavovej rovnice: } N = \frac{p_0 V}{k_B T_0} = 7.25 \cdot 10^{28}$$

$$\text{Hustota vzduchu: } \rho_0 = \frac{m}{V} = \frac{M_{mol} N}{N_A V} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

---

- b) (2 body) Kvalitatívne (t.j. bez výpočtov, slovne) vysvetlite, prečo sa balón po dostatočne dlhom ohrievaní vzniesie. Dajte si záležať na tom, ktoré fyzikálne veličiny sa budú meniť a akým spôsobom.

---

- Zvyšovaním teploty balón znižuje počet molekúl vzduchu v ňom (ako vidno z rovnice v časti a). Tým pádom klesá aj hustota a teda rastie vztlaková sila pôsobiaca a na balón.

---

- c) (3 body) Nájdite hustotu  $\rho_{hr}$  a teplotu  $T_{hr}$  ohriateho vzduchu v momente, kedy sa balón odlepí od zeme.

---

V momente, kedy vztlaková sila prekoná gravitačnú, platí:

$$F_g = F_{vz}$$
$$M + V \rho_{hr} = V \rho_0 g$$

$$\text{Teda } \rho_{hr} = \rho_0 - \frac{M}{V} = 0.94 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Z upravenej stavovej rovnice } (pM_{mol} = \rho RT) \text{ dopočítame hraničnú teplotu: } T_{hr} = \frac{p_0 M_{mol}}{\rho_{hr} R} = 385.7 \text{ K}.$$

---

- d) (1 bod) Balón býva obyčajne na začiatku uchytený lanami o zem, pričom ho odviažu až keď je teplota vzduchu v balóne ďaleko nad hodnotou  $T_{hr}$ . Povedzme, že napr., keď  $T_1 = 500 \text{ K}$  ( $\approx 227^\circ \text{C}$ ). Aký typ pohybu budeme môcť pozorovať po uvoľnení balónu od lán? Odpor vzduchu zanedbajte.

---

Vidíme, že  $T_1 > T_{hr}$ , takže vztlaková sila prekoná gravitačnú. Balón sa teda začne pohybovať zrýchleným pohybom.

---

- e) (4 body) Po akom čase  $\tau$  sa balón dostane za uvedených podmienok do výšky  $H = 1 \text{ km}$ ?

---

$$\text{Najskôr si zistíme hustotu vzduchu v balóne pri teplote } T_1: \rho_1 = \frac{p_0 M_{mol}}{RT_1} = 0.72 \text{ kg/m}^3$$

Čas vyjadríme zo vzťahu pre dráhu zrýchleného pohybu:

$$\tau = \sqrt{\frac{2H}{a}} = \sqrt{\frac{2H(M + V\rho_1)}{F_{vz} - F_g}} = \sqrt{\frac{2H(M + V\rho_1)}{V\rho_0 g - (M + V\rho_1)g}} = 30.7 \text{ s}$$

---

- f) (3 body) O koľko percent klesne gravitačné zrýchlenie v takej výške oproti tomu, ktoré cítim na povrchu Zeme? Posúďte podľa výsledku, či je tento efekt dôležitý započítať do výpočtov pre pohyb balónu.

---

Pokles zistíme pomerom rozdielu gravitačných zrýchlení voči gravitačnému zrýchleniu na zemi:

$$\frac{g - g_H}{g} = 1 - \frac{g_H}{g} = 1 - \frac{R_Z^2}{(R_Z + H)^2} = 0.03\%$$

Vidíme, že efekt je skutočne veľmi slabý, takže do ďalších výpočtov ho netreba započítavať.

- 
- g) (5 bodov) Francúzsky matematik Pierre-Simon Laplace koncom 18. stor. vypočítal, že hustota vzduchu klesá s výškou nasledovným spôsobom:

$$\rho(h) = \rho_0 e^{-\frac{M_{mol}gh}{RT_0}},$$

kde  $e$  je Eulerovo číslo, ktorého hodnota je  $e \doteq 2.718$ . Analýza pohybu balónu v takejto (reálnejšej) atmosfére sa počíta už veľmi ťažko. Pozrime sa teda iba na jeho konečný stav. Zistíte, na akú teplotu musíme ohriať vzduch v balóne, aby sa mohol vznášať stabilne vo výške  $H = 1$  km.

---

Ak sa balón stabilne vznáša vo výške  $H = 1$  km, musia byť vyrovnané gravitačné a vztlakové sily:

$$F_g = F_{vz}$$
$$Mg + V \frac{p_0 M_{mol}}{RT} g = V \rho(H) g,$$

kde  $\rho(H) = \rho_0 e^{-\frac{M_{mol}gH}{RT_0}}$ . Teda po vyjadrení teploty dostávame

$$T = \frac{p_0 M_{mol}}{R(\rho_0 e^{-\frac{M_{mol}gH}{RT_0}} - \frac{M}{V})} = 451.42 \text{ K}$$

- 
- h) (0 bodov) Aký myslíte, že je svetový rekord v počte naraz vzlietnutých teplovzdušných balónov (pozri obr.1)?

433 :-)

### Tabuľka konštánt:

V poradí: gravitačné zrýchlenie, Boltzmannova konštanta, Mólova hmotnosť vzduchu, plynová konštanta, Avogadrova konštanta, polomer Zeme, gravitačná konštanta.

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$
$$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$
$$M_{mol} = 30 \text{ g/mol}$$
$$R = 8.31 \text{ J/(K mol)}$$
$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$$
$$R_Z = 6378 \text{ km}$$
$$\kappa = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

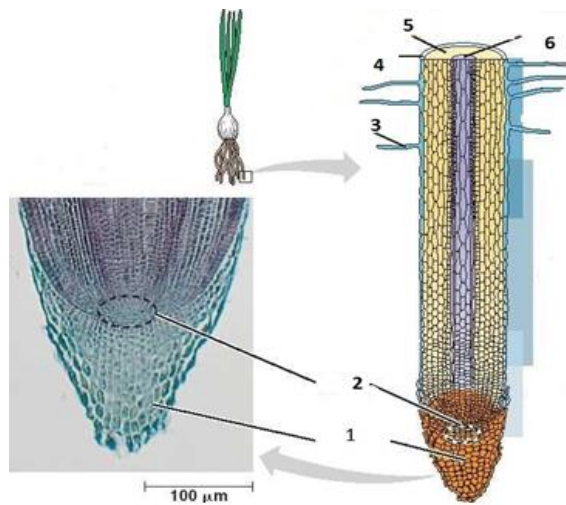


obr.1: Teplovzdušné balóny

### 3 Úlohy z biológie

#### 3.1 Anatómia cibule (11 bodov)

- Vpíšte do obrázku písmená na správne pozície:



A-Koreňová čiapočka, B-Dermatogén, C-Kortex, D-Koreňové vlásky, E-Periblém, F-Rastový vrchol

**Riešenie:** 1-A, 2-F, 3-D, 4-B, 5-C, 6-E

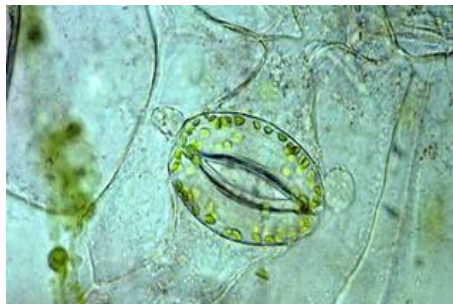
- Vyberte všetky pravdivé tvrdenia. Koreňová čiapočka obsahuje:

- a) periblém
- b) **statocyty**
- c) felém
- d) plerocyty

- Uveďte funkciu koreňovej čiapočky a vysvetlite, prečo jej bunky obsahujú sliz.

**Riešenie:** Je to spodná časť koreňa obklopujúca vrchol a tak ho mechanicky chráni pri prenikaní koreňa do pôdy. V strednej časti koreňovej čiapočky sa nachádzajú statocyty, vďaka ktorým vedú korene rásť v smere gravitačného zrýchlenia. Polysacharidový sliz, ktorý čiapočky produkujú, je určený na jednoduchšie prenikanie koreňa do zeme.

- Na obrázku sa nachádza jeden z najdôležitejších transpiračných orgánov listu rastlín (nasledujúce úlohy sa budú týkať daného orgánu, preto si ho označíme písmenom **A**). Pomenujte ho.



**A**

**Riešenie:** Prieduchy

- Vyberte všetky pravdivé tvrdenia. **A** je súčasťou:

- a) vrchnej pokožky bifaciálneho listu
- b) palisádového parenchýmu
- c) špongiového (hubového) parenchýmu
- d) **spodnej pokožky**

- Pouvažujte, či je rozdiel v lokalizácii orgánu **A** v jednoklíčnolistových rastlinách a dvojklíčnolistových rastlinách. Ak áno, napíšte kde sa dané štruktúry nachádzajú.

**Riešenie:** Áno, je tam rozdiel. Pri dvojklíčnolistových rastlinách sa nachádzajú v spodnej pokožke, keďže sa jedná o bifaciálny list. Pri jednoklíčnolistových rastlinách sa nachádzajú z oboch strán listu. List je teda monofaciálny.

- Vyberte všetky pravdivé tvrdenia. Orgány **A** sa v listoch otvárajú, keď zatvárajú bunky:

- a) reagujú na nízky obsah vody v rastline.
- b) akumulujú vodu pasívnym transportom.
- c) reagujú z oxidom uhličitým v listoch.
- d) **zväčšujú svoj objem v dôsledku prijímania kationov draslíka a následným osmotickým príjmom vody.**

- Vyberte všetky pravdivé tvrdenia. Pre lykovú časť vodivých pletív (floém) platí:

- a) Jej histológiu tvoria cievice, cievy.
- b) **Prechádza ňou asimilačný prúd.**
- c) Transport látok sa uskutočňuje z koreňa do listov.
- d) Prechádza ňou transpiračný prúd.
- e) **Jej histológiu tvoria sitkovice.**
- f) **Transport látok sa uskutočňuje z listov do koreňa.**



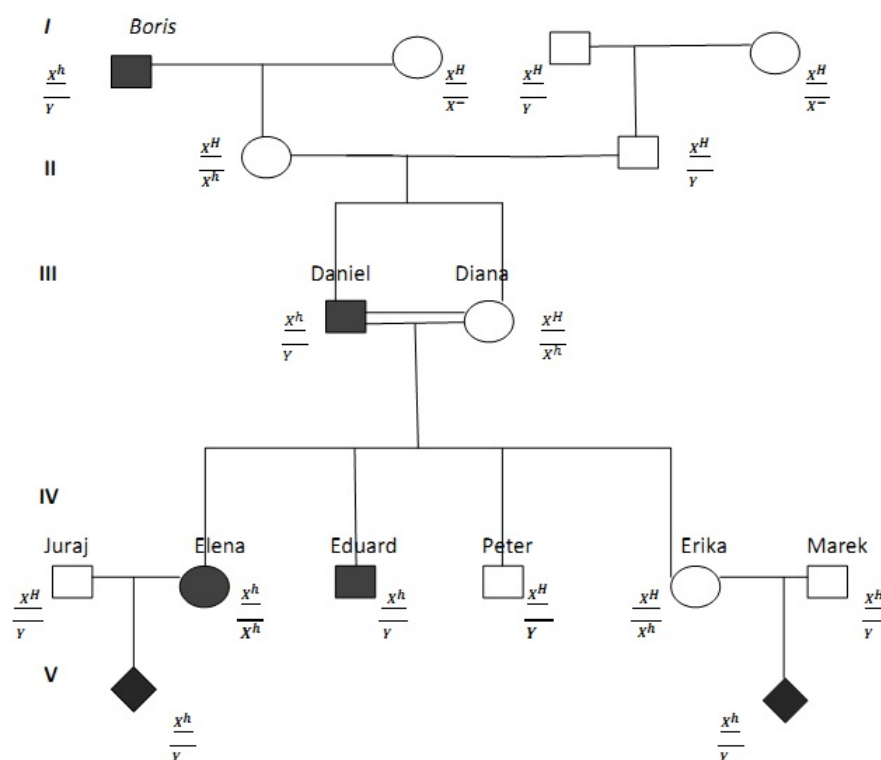
### 3.2 Taká normálna rodinka (8 bodov)

Daniel a jeho starý otec (z matkinej strany) Boris, trpia klasickou formou hemofílie. Ako to už v niektorých "usporiadaných"<sup>1</sup> rodinách býva, Danielova partnerka, Diana, je dcéra sestry Danielovej matky. Daniel a Diana majú spolu krásne 4 deti: Eduarda a Elenu, ktorí taktiež trpia hemofíliou, a 2 zdravé: Eriku a Petra.

- (3 body) Vytvorte rodokmeň s príslušnými genotypmi.
- (2 bod) Vysvetlite diagnózu hemofílie. Prečo má Elena hemofíliu?
- (1 bod) Aké dva hlavné typy tohto ochorenia poznáte?
- (1 bod) Aká je pravdepodobnosť, že Elenino dieťa bude mať hemofíliu, ak by sa Elena zosobášila s Jurajom (ten je už však z inej rodiny :-), ktorý hemofíliou netrpí.
- (1 bod) Aká je pravdepodobnosť, že Erikino dieťa bude mať hemofíliu, ak by sa vydala za Mareka, ktorý netrpí hemofíliou?

#### Riešenie:

- Rodokmeň:



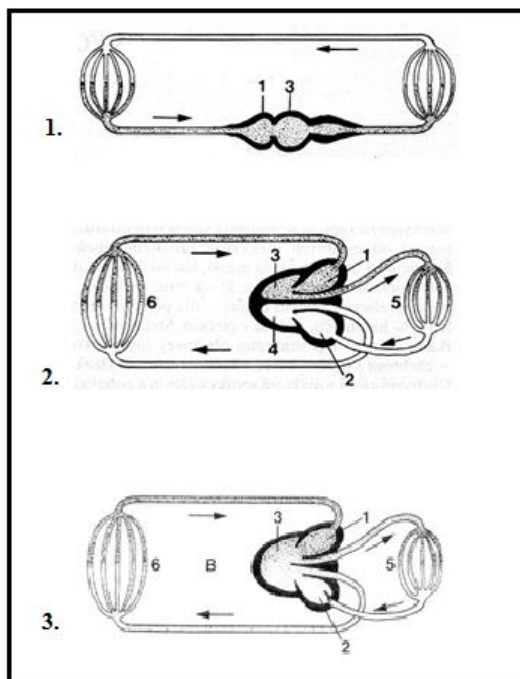
- Hemofília je ochorenie recesívne viazané na X chromozóm. Ľudia s hemofíliou nie sú schopní vytvárať faktor nevyhnutný pre zrážanlivosť krvi.  
Elena má hemofíliu, pretože zdedila mutantnú alelu X-chromozómu od svojej matky a druhú od otca.
- Existujú 2 typy hemofílie - A (kráľovská) a B (Christmasova)
- 50%
- 25%

<sup>1</sup>o naozaj usporiadaných rodinách sa dočítate v Zákonoch Slovenskej Republiky o rodine.

### 3.3 Obehové sústavy (4 body)

Telové tekutiny môžu plniť svoje fyziologické funkcie iba vtedy, keď sa dostanú do všetkých častí tela organizmu, teda obiehajú, resp. cirkulujú. Aby sa zabezpečila nepretržitá cirkulácia telových tekutín, organizmom sa vyvinuli obehové sústavy a tzv. „hnačí mechanizmus“ – zhrubnuté cievy a srdce. Základom pre vývoj obehu tekutín je spôsob privádzania živín k bunkám a odvádzania spodín metabolizmu.

Na obrázkoch máte znázornené rôzne typy obehových sústav organizmov. K obrázkom priradte druh živočícha, ktorému daný typ sústavy patrí a popíšte, z akých častí sú zložené ich srdcia.



Typy obehových sústav

Živočíchý:

- a) Kôň
- b) Jeseter
- c) Holub
- d) Rosnička

**Riešenie:** a-2, b-1, c-2, d-3

### 3.4 DNA (2 body)

- (1 bod) Ak má jedno vlákno dvojitej závitnice DNA sekvenciu ATCG, aká je sekvencia druhého vlákna?

**Riešenie:** TAGC

- (1 bod) Ako bude vyzerat sekvencia z predchádzajúceho cvičenia, zapísaná ako jedno vlákno DNA?

**Riešenie:** Obe vlákna dvojitej závitnice DNA majú opačnú polaritu - jedno vlákno má polaritu  $5' \rightarrow 3'$ , druhé má  $3' \rightarrow 5'$ , pričom sa oba čítajú v rovnakom smere.

Štruktúra dvojitej závitnice by mala byť zapísaná:

$5' - ATCG - 3'$

$3' - TAGC - 5'$