



58. ročník

2021/2022

KRAJSKÉ KOLO

Kategorie B

Teoretická část – Zadání

60 bodů, 120 minut



PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

1 I. A	2 II. A	3 III. B	4 IV. B	5 V. B	6 VI. B	7 VII. B	8 VIII. B	9 VIII. B	10 VIII. B	11 I. B	12 II. B	13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	18 VIII. A
1 1,00794 H 1 2,20 Vodík																	2 4,0026 He Helium
2 6,941 Li 3 0,97 Lithium	4 9,0122 Be 4 1,50 Beryllium											5 10,811 B 5 2,00 Bor	6 12,011 C 6 2,50 Uhlík	7 14,007 N 7 3,10 Dusík	8 15,999 O 8 3,50 Kyslík	9 18,998 F 9 4,10 Fluor	10 20,179 Ne Neon
3 22,990 Na 11 1,00 Sodík	12 24,305 Mg 12 1,20 Hořčík											13 26,982 Al 13 1,50 Hliník	14 28,085 Si 14 1,70 Křemík	15 30,974 P 15 2,10 Fosfor	16 32,06 S 16 2,40 Síra	17 35,453 Cl 17 2,80 Chlor	18 39,948 Ar Argon
4 39,098 K 19 0,91 Draslík	20 40,078 Ca 20 1,00 Vápník	21 44,956 Sc 21 1,30 Skandium	22 47,867 Ti 22 1,30 Titan	23 50,942 V 23 1,50 Vanad	24 51,996 Cr 24 1,60 Chrom	25 54,938 Mn 25 1,60 Mangan	26 55,845 Fe 26 1,60 Železo	27 58,933 Co 27 1,70 Kobalt	28 58,693 Ni 28 1,70 Nikl	29 63,546 Cu 29 1,70 Měď	30 65,38 Zn 30 1,70 Zinek	31 69,723 Ga 31 1,80 Gallium	32 72,61 Ge 32 2,00 Germanium	33 74,922 As 33 2,20 Arzen	34 78,971 Se 34 2,50 Selen	35 79,904 Br 35 2,70 Brom	36 83,798 Kr Krypton
5 85,468 Rb 37 0,89 Rubidium	38 87,62 Sr 38 0,99 Stroncium	39 88,906 Y 39 1,10 Yttrium	40 91,224 Zr 40 1,20 Zirkonium	41 92,906 Nb 41 1,20 Niob	42 95,95 Mo 42 1,30 Molybden	43 -98 Tc 43 1,40 Technecium	44 101,07 Ru 44 1,40 Ruthenium	45 102,91 Rh 45 1,40 Rhodium	46 106,42 Pd 46 1,30 Palladium	47 107,87 Ag 47 1,40 Stříbro	48 112,41 Cd 48 1,50 Kadmium	49 114,82 In 49 1,50 Indium	50 118,71 Sn 50 1,70 Cín	51 121,75 Sb 51 1,80 Antimon	52 127,60 Te 52 2,00 Tellur	53 126,90 I 53 2,20 Jod	54 131,29 Xe Xenon
6 132,91 Cs 55 0,86 Cesium	56 137,33 Ba 56 0,97 Baryum		72 178,49 Hf 72 1,20 Hafnium	73 180,95 Ta 73 1,30 Tantal	74 183,84 W 74 1,30 Wolfram	75 186,21 Re 75 1,50 Rhenium	76 190,23 Os 76 1,50 Osmium	77 192,22 Ir 77 1,50 Iridium	78 195,08 Pt 78 1,40 Platina	79 196,97 Au 79 1,40 Zlato	80 200,59 Hg 80 1,40 Rtuť	81 204,38 Tl 81 1,40 Thallium	82 207,20 Pb 82 1,50 Olovo	83 208,98 Bi 83 1,70 Bismut	84 -209 Po 84 1,80 Polonium	85 -210 At 85 1,90 Astat	86 -222 Rn Radon
7 -223 Fr 87 0,86 Francium	88 226,03 Ra 88 0,97 Radium		104 261,11 Rf 104 1,20 Rutherfordium	105 262,11 Db 105 1,20 Dubnium	106 263,12 Sg 106 1,20 Seaborgium	107 262,12 Bh 107 1,20 Bohrium	108 270 Hs 108 1,20 Hassium	109 268 Mt 109 1,20 Meitnerium	110 281 Ds 110 1,20 Darmstadtium	111 280 Rg 111 1,20 Roentgenium	112 277 Cn 112 1,20 Kopernicium	113 -287 Nh 113 1,20 Nihonium	114 289 Fl 114 1,20 Flerovium	115 -288 Mc 115 1,20 Moskovium	116 -289 Lv 116 1,20 Livermorium	117 -291 Ts 117 1,20 Tennessin	118 293 Og 118 1,20 Oganesson

Diagram illustrating the structure of an element box for Vanadium (V):

- 50,942: Relativní atomová hmotnost
- V: Značka
- 23: Protonové číslo
- 1,50: Elektronegativita
- Vanad: Název

6 LANTHANOIDY	57 138,91 La 1,10 Lanthan	58 140,12 Ce 1,10 Cer	59 140,91 Pr 1,10 Praseodym	60 144,24 Nd 1,10 Neodym	61 -145 Pm 1,10 Promethium	62 150,36 Sm 1,10 Samarium	63 151,96 Eu 1,00 Europium	64 157,25 Gd 1,10 Gadolinium	65 158,93 Tb 1,10 Terbium	66 162,50 Dy 1,10 Dysprosium	67 164,93 Ho 1,10 Holmium	68 167,26 Er 1,10 Erbium	69 168,93 Tm 1,10 Thulium	70 173,04 Yb 1,10 Ytterbium	71 174,97 Lu 1,10 Lutecium
7 AKTINOIDY	89 227,03 Ac 1,00 Aktinium	90 232,04 Th 1,10 Thorium	91 231,04 Pa 1,10 Proaktinium	92 238,03 U 1,20 Uran	93 237,05 Np 1,20 Neptunium	94 {244} Pu 1,20 Plutonium	95 -243 Am 1,20 Americium	96 -247 Cm 1,20 Curium	97 -247 Bk 1,20 Berkelium	98 -251 Cf 1,20 Kalifornium	99 -252 Es 1,20 Einsteinium	100 -257 Fm 1,20 Fermium	101 -258 Md 1,20 Mendělevium	102 -259 No 1,20 Nobelium	103 -260 Lr 1,20 Lawrencium

--

ANORGANICKÁ CHEMIE

30 BODŮ

Úloha 1 Neznámý prvek X

12,00 bodu

Prvek **X** je měkký a má světlou barvu. V přírodě se nevyskytuje jako ryzí, ale bývá ve stopových množstvích přimísen ve sfaleritu a v bauxitu. Má nízkou teplotu tání (30 °C), čistý prvek se tedy roztaví, pokud jej zahříváme v dlaních. Jeho typickým oxidačním číslem je +III, stejně jako v případě dalších prvků z jeho skupiny, které se nachází nad ním. Je pojmenován po rodné zemi objevitele, kterým byl chemik Lecoq de Boisbaudran (narozen roku 1838 v obci Cognac v dnešní provincii Nová Akvitánie).

1) Identifikujte daný prvek

Prvek X :	body:
------------------	--------------

Prvek **X** shoří na vzduchu na oxid **A** (**reakce 1**), který má amfoterní vlastnosti; reakcí se zředěnou kyselinou chlorovodíkovou poskytnete sloučeninu **B** (**reakce 2**), zatímco ve vodném roztoku hydroxidu sodného vzniká sloučenina **C** (**reakce 3**). Reakcí oxidu **A** s prvkem **X** vzniká oxid **D**, ve kterém je oxidační stav prvku **X** o dvě jednotky nižší než v oxidu **A** (**reakce 4**). Oxid **D** je silným redukčním činidlem a redukuje kyselinu sírovou za vzniku sulfanu a síranu **E** (**reakce 5**).

2) Identifikujte látky A–E.

Látka A :	
Látka B :	
Látka C :	
Látka D :	
Látka E :	
	body:

**3) Napište vyčíslené rovnice reakcí 1–5.**

Reakce 1:
Reakce 2:
Reakce 3:
Reakce 4:
Reakce 5:
body:

Prvek **X** tvoří binární sloučeniny **F** a **G** s prvky patnácté skupiny. Tyto sloučeniny se používají jako polovodiče – strukturně (i elektronově) jsou příbuzné křemíku, tj. na jeden atom v těchto sloučeninách připadají v průměru 4 valenční elektrony. Sloučenina **F** obsahuje kromě prvku **X** také nejllehčí prvek 15. skupiny, sloučenina **G** obsahuje prvek 15. skupiny ze čtvrté periody tabulky.

4) Napište vzorce sloučenin F a G a nazvěte je.

Látka F	Látka G
Vzorec:	Vzorec:
Název:	Název:
	body:

**Úloha 2 Umění na plechu****10,00 bodu**

Na půdě starého domu byla nalezena půvabná historická rytina na destičce ze stříbrolesklého plechu. Podle všeho se jednalo buď o cín, ocel, zinek, olovo, nebo stříbro. Autorovi rytiny se s danou destičkou pracovalo zjevně dobře – bez problémů do ní lze rýpnout běžným hřebíkem. Odštípnutý růžek plechu byl poté podroben analýze: nejprve byl v peci zahříván na 300 °C, přičemž toto přestál bez úhony. Analyzovaný kov se dále velmi ochotně a bouřlivě rozpouštěl v kyselině chlorovodíkové (**reakce 1**). Vzniklý roztok byl rozdělen na dvě části. První část byla postupně neutralizována přídavkem NaOH – nejprve vznikala bílá houbovitá sraženina (**reakce 2**), která se dalším přídavkem NaOH rozpustila (**reakce 3**). K druhé části byl přidán roztok sulfidu amonného, a vyloučil se sulfid bílé barvy (**reakce 4**).

1) O jaký kov se jedná? Napište jeho název a značku.

Neznámý kov:	body:
--------------	--------------

2) Napište vyčíslené rovnice reakcí 1–4.

Reakce 1:	
Reakce 2:	
Reakce 3:	
Reakce 4:	
	body:



Při rozpouštění tohoto kovu v kyselině dusičné překvapivě nevzniká vodík, ale dochází k redukci atomu dusíku až na oxidační číslo –III.

3) Napište vyčíslenou rovnici rozpouštění neznámého kovu v kyselině dusičné.

Reakce kovu s HNO_3 :

body:

Někteří rytci si pro zvýraznění kontrastu výsledné rytiny výchozí plech povrchově upravují galvanickým pokovením barevně odlišným kovem. Typicky se tak např. ocelové tabulky poměďují.

4) Jak dlouho musí probíhat oboustranné elektrolytické poměďování plechu o rozměru 20,0×10,0 cm a tloušťce 1,0 mm při použití proudu o hodnotě 0,200 A, pokud má být vyloučená vrstva mědi silná 80 μm ? Plech se poměďuje z obou stran, plochu hrany (tloušťku) zanedbejte.

$$M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \rho(\text{Cu}) = 8,34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}, F = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Doba elektrolýzy: h

body:

**Úloha 3 Výroba a vlastnosti kovů****8,00 bodu**

Redukčním činidlem pro přípravu některých kovů může být hliník. Ze směsi oxidů železa a vanadu, resp. železa a niobu, se tak redukcí vyrábějí materiály označované jako ferrovanad a ferroniob, které se dále používají jako legovací přísady do ocelí.

1) Jak se jmenuje tento způsob přípravy či výroby kovů?

Název procesu:	body:
----------------	--------------

2) Napište vyčíslenou rovnici redukce manganu z oxidu mangančitého (burelu).

Reakce burelu s hliníkem:	body:
---------------------------	--------------

Velmi čisté kovy se připravují redukcí jejich oxidů plynným vodíkem. To je případ i např. wolframu, který se vyrábí redukcí oxidu wolframového.

3) Kolik vodíku se spotřebuje při přípravě 5,00 g wolframu? Výsledek uveďte v gramech.

$$M(W) = 183,84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M(H) = 1,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, M(O) = 16,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Hmotnost vodíku: g	body:
--------------------------	--------------



Oxid uhličitý je opravdu velmi málo reaktivní, až tak, že se nezřídka využívá jako inertní atmosféra. Nicméně pokud je do zkumavky naplněné oxidem uhličitým vhozen kovový sodík, začne se pokrývat bílou hmotou s patrnými černými skvrnami.

4) Napište vyčíslenou rovnici reakce sodíku s oxidem uhličitým.

Reakce sodíku s oxidem uhličitým:

body:

5) Jaká je role sodíku v popsané reakci?

Odpověď: Sodík je redukčním / oxidačním činidlem. (Nehodící se škrtněte.)

body:

Trojmocné ionty běžného kovu, z nějž se vyrábí např. také hřebíky nebo výztuže staveb z betonu, reagují s aniontem složeným ze síry, uhlíku a dusíku za vzniku krvavě rudého komplexu (**reakce 1**). Po přidání nadbytku fluoridu sodného ale dojde k odbarvení roztoku (**reakce 2**). Zabarvení ale můžeme obnovit přidáním kamence (síranu) hlinito-draselného (**reakce 3**).

6) Napište vyčíslené rovnice reakcí 1–3 v iontovém tvaru.

Reakce 1:

Reakce 2:

Reakce 3:

body:



ORGANICKÁ CHEMIE

30 BODŮ

Úloha 1 Rozcvička

8,00 bodu

1) Vyberte vždy z dané skupiny nejkyslejší látku. (Správnou odpověď zakroužkujte.)

- a) Kyselina octová — kyselina mravenčí — kyselina šťavelová
- b) Voda — ethanol — diethylether
- c) Ethanol — diethylamin — ethanthiol
- d) Fenol — trinitrotoluen — kyselina benzensulfonová

2) Vyberte vždy z dané skupiny nejbazičtější látku. (Správnou odpověď zakroužkujte.)

- a) Amoniak — ethylamin — diethylamin
- b) Hydroxid sodný — methanolát sodný — *terc*-butylalkoholát sodný
- c) Octan sodný — šťavelan sodný — mravenčan sodný
- d) Butyllithium — 2-fenylacetylid sodný — cyklopentandienyllithium



Úloha 2 Hammettova korelace

13,00 bodu

Ve školním kole jste odvodili Hammettovu korelaci, která umožňuje spočítat různé vlastnosti (například rychlost bazické hydrolyzy) různě substituovaných esterů benzoové kyseliny pomocí jejich konstant kyselosti. Pro připomenutí je zde odvozená rovnice v obecném tvaru uvedena:

$$\log(k^R) = \log(k^H) + \rho \cdot \sigma$$

Konstanta ρ je specifická pro každou sérii derivátů, pro disociaci derivátů benzoové kyseliny při 25 °C ve vodě se rovná jedné.

Konstanta σ zde zastupuje logaritmus podílu disociačních konstant K_A substituované (K_A^R) a nesubstituované (K_A^H) benzoové kyseliny. Hodnoty σ jsou specifické pro každý substituent v *meta*- či *para*- poloze, a jsou pro běžné substituenty tabelovány. Konstanta pro substituenty v *meta*- poloze vůči karboxylové skupině je označena jako σ_m , zatímco pro substituenty v *para*- poloze σ_p (Tabulka 1). Tyto hodnoty se pak přímo dosazují do rovnice Hammetovy korelace.

Tabulka 1. Vybrané hodnoty konstant σ pro Hammetovy korelace.

Substituent	σ_m	σ_p
-H	0	0
-CH ₃	-0,06	-0,14
-NH ₂	-0,09	-0,57
-OCH ₃	0,10	-0,28
-Cl	0,37	0,22
-N(CH ₃) ₂	-0,10	-0,63
-NO ₂	0,71	0,81

V následujících úkolech budete některé hodnoty z Tabulky 1 potřebovat, stejně jako hodnotu pK_A kyseliny benzoové, která činí 4,20.

- 1) **Vysvětlete, proč se hodnoty konstant σ_m a σ_p pro ten samý substituent v některých případech výrazně liší (obzvláště je to markantní u methoxyskupiny, -OCH₃).**

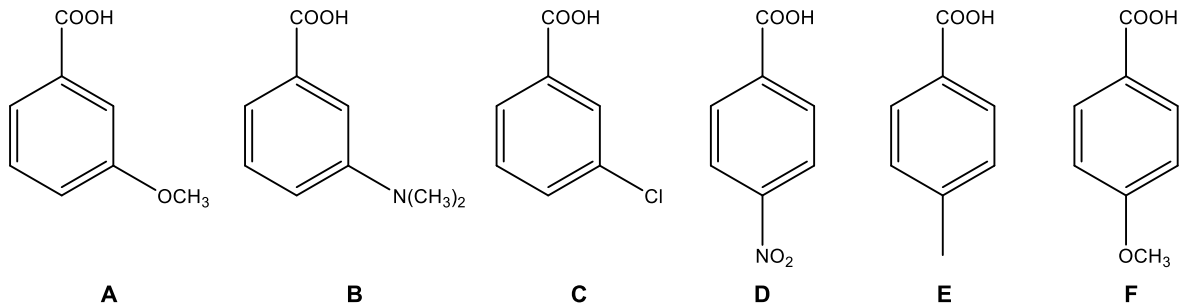
Nápověda: Nakreslete si rezonanční struktury jednotlivých derivátů.

Odpověď:

body:



2) Přiřadte k následujícím kyselinám A-F hodnoty konstant pK_A 1-6. Pro správné přiřazení je vhodné využít zadané konstanty σ_m a σ_p pro jednotlivé substituenty na jádře (Tabulka 1).



Hodnota pK_A	4,48	4,30	4,10	4,34	3,39	3,83
Kyselina						

body:

Benzokain, systematicky ethylester kyseliny 4-aminobenzoové, je široce používán jako lokální anestetikum.

3) Nakreslete strukturální vzorec benzokainu.

Benzokain:

body:



Rychlostní konstanta bazické hydrolýzy ethyl-benzoátu je $k(\text{ethyl-benzoát}) = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnota ρ pro hydrolýzu ethylesterů benzoových kyselin činí $\rho = 2$.

4) Vypočítejte rychlostní konstantu bazické hydrolýzy benzokainu.

$k(\text{benzokain}) = \dots \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	body:
--	--------------

5) Vypočítejte pK_A hydrolýzou vzniklé 4-aminobenzoové kyseliny. Neuvažujte přitom protonaci aminoskupiny.

$pK_A(\text{4-aminobenzoová kyselina}) = \dots$	body:
---	--------------



Hammettova korelace je použitelná i pro zkoumání jiných látek než derivátů kyseliny benzoové. Jednou z takovýchto kyselin, pro jejíž deriváty platí Hammettova korelace, je například kyselina fenylactová.

6) Nakreslete strukturální vzorec kyseliny fenylactové.

Kyselina fenylactová:

body:

Vzhledem k tomu, že vzdálenost aromatického jádra od karboxylové skupiny je větší, bude i kyselost derivátů fenylactové kyseliny méně ovlivněna polárními efekty substituentů na aromatickém jádře než v případě derivátů benzoové kyseliny. To bude mít za následek odlišnou hodnotu konstanty ρ .

7) Vyberte, které z následujících hodnot konstanty ρ připadají v úvahu pro deriváty fenylactové kyseliny. (Správnou odpověď zakroužkujte.)

$\rho_1 = 0,0$

$\rho_2 = 0,5$

$\rho_3 = 1,0$

$\rho_4 = 1,5$

$\rho_5 = 2,0$

$\rho_6 = 2,5$

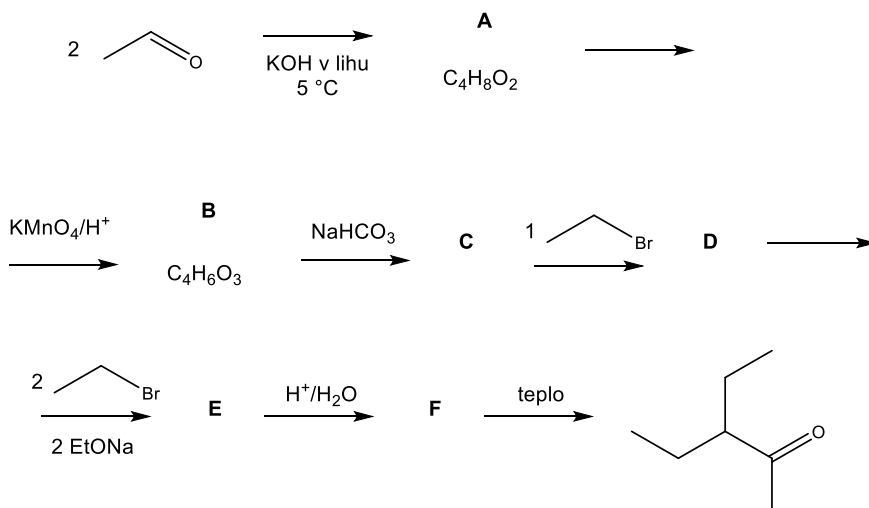
body:



Úloha 3 Příběh jednoho ketonu

9,00 bodu

3-ethylpentan-2-on lze připravit mj. i následující reakční sekvencí:

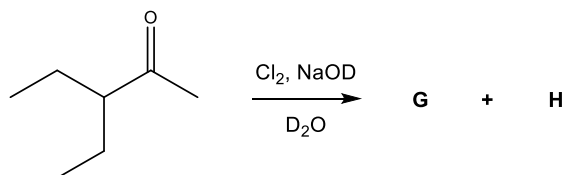


1) Nakreslete struktury látek A až F.

body:



Výsledný 3-ethylpentan-2-on patří mezi methylketony, které mohou podléhat Liebenově haloformové reakci. Při reakci s elementárním chlorem v bazickém prostředí vzniká sůl **G** a kapalina těžší než voda **H**.



2) Nakreslete struktury látek **G** a **H**. Buďte přitom specifičtí při uvádění izotopů vodíku.

body:

3) Látka **H** má v moderní organické chemii jedno zásadní využití, které souvisí s tím, že neobsahuje ani jeden atom vodíku ^1H . Napište, k čemu ji organický chemik rutinně využívá.

body: