



## Vispārīgie norādījumi



- Rakstīšanai izmantojiet tikai pildspalvu. Jūsu kalkulatoram jābūt bez programmēšanas iespējām.
- Šis teorētiskā eksāmena komplekts sastāv no **63** lapām, neieskaitot vispārīgos norādījumus.
- Eksāmena komplektā ir **9 uzdevumi**.
- Jums tiek dotas **5 stundas**, lai pabeigtu eksāmenu.
- Jūs varat **sākt** tikai pēc **START** komands.
- Visas atbildes, izmantojot pildspalvu, jānorāda **atbilžu lapu** atbilstošajos laukumos. Ja nepieciešams papīrs melnrakstiem, izmantojiet lapu otras puses. Atcerieties, ka nekas ārpus norādītajām vietām netiks labots.
- Kur iespējams - atbilžu laukumos rakstiet aprēķinu gaitu. Pilns vērtējums tiks dots tikai gadījumā, ja ir parādīta pilna aprēķinu gaita.
- Eksāmena vadītājs paziņos, kad būs palikušas **30 minūtes** līdz **STOP** komandai.
- Jums nekavējoties **jāpārtrauc** darbs, kad tiek paziņota **STOP** komanda. Turpināšana rakstīt novedīs pie jūsu darba anulēšanas.
- Oficiālā eksāmena angļu valodas versija ir pieejama pēc pieprasījuma un kalpo tikai neskaidrību mazināšanai.
  
- Nepametiet savu sēdvietu bez atļaujas. Ja nepieciešama palīdzība (salūzis kalkulators, nepieciešams aiziet uz tualeti, ...), paceliet roku un gaidiet, kad pie jums pienāk eksāmena vadītājs.

**VĒLAM VEIKSMI!**



## Uzdevumi un to vērtēšanas informācija

Uzdevums	Nosaukums	Uzdevumu punkti	% no kopējā
1	Divi Turcijas skaistumi: Vanas kaķis un Ankaras kaķis	24	8
2	Pasaka par reaģētspējīgu starpsavienojumu	77	10
3	(±)-Koerulescīns	51	8
4	Simetrijai ir nozīme!	66	10
5	Konja, burkāni, beta karotīns, A vitamīns, imūnsistēma, redze	100	14
6	Termodinamika caur starpzvaigžņu ceļojumu	80	12
7	Ftalocianīns	85	12
8	Bora savienojumi un ūdeņraža uzglabāšana	58	14
9	Smago metālu jonu daudzuma noteikšana	100	12
	<b>KOPĀ</b>	<b>641</b>	<b>100</b>

# Theory IChO 2020



# G0-3

Latvian (Latvia)

## Autori

ALANYALIOĞLU, Murat, *Atatürk University*

AYDOĞAN, Abdullah, *İstanbul Technical University*

BURAT, Ayfer Kalkan, *İstanbul Technical University*

DAĞ, Ömer, *Bilkent University*

DAŞTAN, Arif, *Atatürk University*

KILIÇ, Hamdullah, *Atatürk University*

METİN, Önder, *Koç University*

SARAÇOĞLU, Nurullah, *Atatürk University*

TÜRKMEN, Yunus Emre, *Bilkent University*

ÜNLÜ, Caner, *İstanbul Technical University*

YILMAZ, İsmail, *İstanbul Technical University*

YURTSEVER, Mine, *İstanbul Technical University*

## Redaktors

SARAÇOĞLU, Nurullah, *Atatürk University*



## Konstantes un vienādojumi

Avogadro konstante	$N_A = 6.0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Bolcmaņa konstante	$k_B = 1.3807 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Ideālas gāzes konstante	$R = 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0.08205 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Gaismas ātrums	$c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planka konstante	$h = 6.6261 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Faradeja konstante	$F = 9.6485 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Elektrona masa	$m_e = 9.1093 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Spiediens standartapstākļos	$P = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
Atmosfēras spiediens	$P_{atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$
Nulle Celsija skalā	273.15 K
1 pikometrs (pm)	$10^{-12} \text{ m}; 1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$
1 nanometrs (nm)	$10^{-9} \text{ m}$
	1 eV = $1.6021 \times 10^{-19} \text{ J}$
	1 cal = 4.184 J
	1 amu = $1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Elektrona lādiņš	$1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$
Ideālas gāzes vienādojums	$PV = nRT$



## Konstantes un vienādojumi

Entalpija	$H = U + PV$
Gibsa brīvā enerģija	$G = H - TS$
	$\Delta_r G = \Delta G^0 + RT \ln Q$
	$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -nFE_{cell}^0$
Entropijas izmaiņa	$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$ , where $q_{rev}$ is heat for the reversible process
Entropijas izmaiņa	$\Delta S = nR \ln \frac{v_2}{v_1}$ (izotermālai ideālas gāzes izplešanai)
Nernsta vienādojums	$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{ox}}{C_{red}}$
Fotona enerģija	$E = \frac{hc}{\lambda}$
Integrētie ātruma vienādojumi	
Nulltās pakāpes	$[A] = [A]_0 - kt$
Pirmās pakāpes	$\ln [A] = \ln [A]_0 - kt$
Otrās pakāpes	$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
Arēniusa vienādojums	$k = Ae^{-E_a/RT}$
Kalibrācijas taisnes vienādojums	$y = mx + n$
Lambēra-Bēra likums	$A = \epsilon lc$

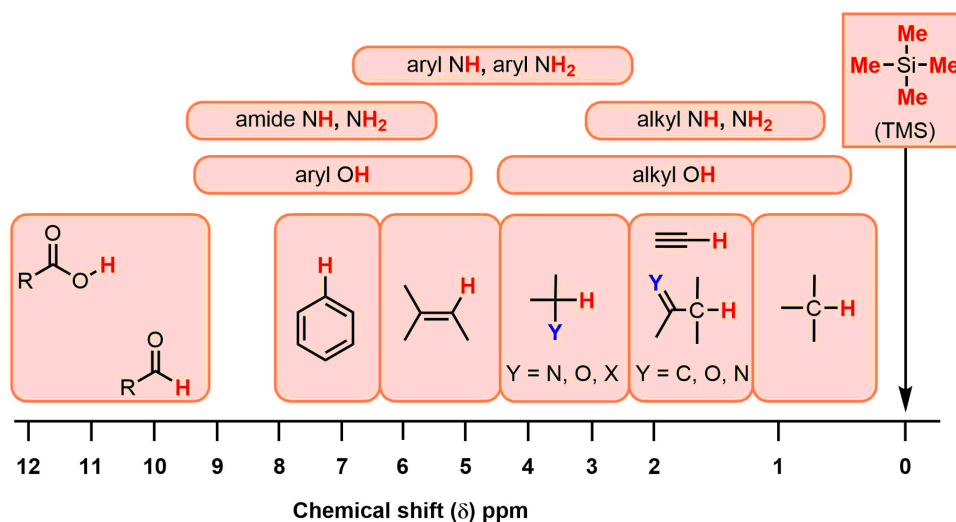


## Periodiskā tabula

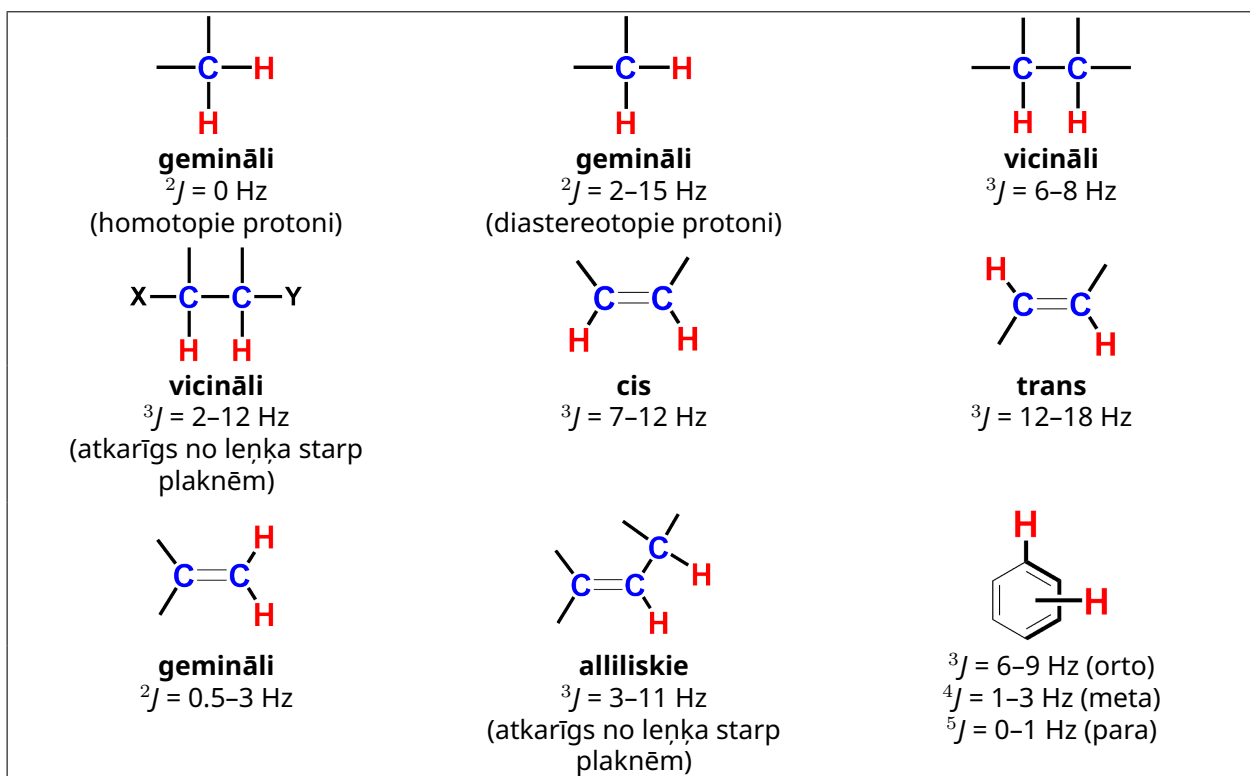
1																18															
1 H 1.008																	13	14	15	16	17	2 He 4.003									
		atomic number <b>Symbol</b> atomic weight																													
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18														
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95														
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80														
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3														
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -														
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -														

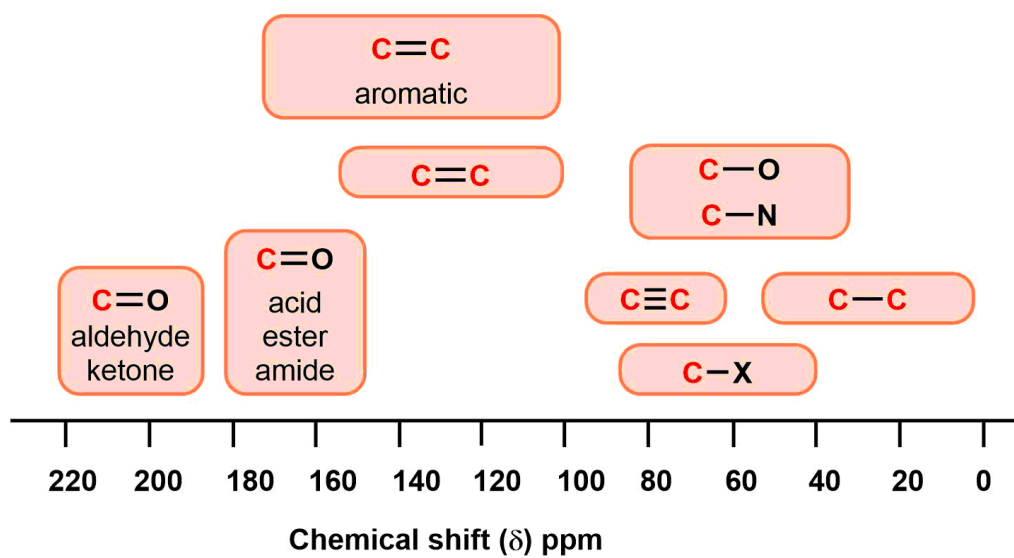
57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -





### Tipiskas šķelšanās konstanšu vērtības









## IS absorbcijas frekvenču tabula

Funkcionālā grupa	Vibrācijas tips	Absorbcijas frekvenču reģions (cm <sup>-1</sup> )	Intensitāte
<b>Spirti</b>			
O-H	(stiepšanās, ar ūdeņražsaiti)	3600-3200	stipra, plats
	(stiepšanās, brīvs)	3700-3500	stipra, ass
C-O	(stiepšanās)	1150-1050	stipra
<b>Alkāni</b>			
C-H	stiepšanās	3000-2850	stipra
	liekšanās	1480-1350	mainīga
<b>Alkēni</b>			
=C-H	stiepšanās	3100-3010	vidēja
	liekšanās	1000-675	stipra
C=C	stiepšanās	1680-1620	mainīga
<b>Alkilhalīdi</b>			
C-F	stiepšanās	1400-1000	stipra
C-Cl	stiepšanās	800-600	stipra
C-Br	stiepšanās	600-500	stipra
C-I	stiepšanās	500	stipra
<b>Alkīni</b>			
C-H	stiepšanās	3300	stipra, ass
C≡C	stiepšanās	2260-2100	mainīga, nav novērojams simetriskiem alkīniem



## IS absorbcijas frekvenču tabula

<b>Amīni</b>			
N-H	stiepšanās	3500-3300	vidēja (pirmējiem amīniem ir divi pīķi, otrējiem amīniem viens, parasti ļoti vājš)
C-N	stiepšanās	1360-1080	vidēja-vāja
N-H	liekšanās	1600	vidēja
<b>Aromātika</b>			
C-H	stiepšanās	3100-3000	vidēja
C=C	stiepšanās	1600-1400	vidēja-vāja, vairāki pīķi
<b>Karbonilgrupas</b>			
C=O	stiepšanās	1820-1670	stipra
<b>Skābes</b>			
C=O	stiepšanās	1725-1700	stipra
O-H	stipra	3300-2500	stipra, ļoti plats
C-O	stiepšanās	1320-1210	stipra
<b>Aldehīdi</b>			
C=O	stiepšanās	1740-1720	stipra
C-H	stiepšanās	2850-2820 & 2750-2720	vidēja, divi pīķi
<b>Amīdi</b>			
C=O	stiepšanās	1690-1640	stipra
N-H	stiepšanās	3500-3100	neaizvietotiem divi pīķi
	liekšanās	1640-1550	

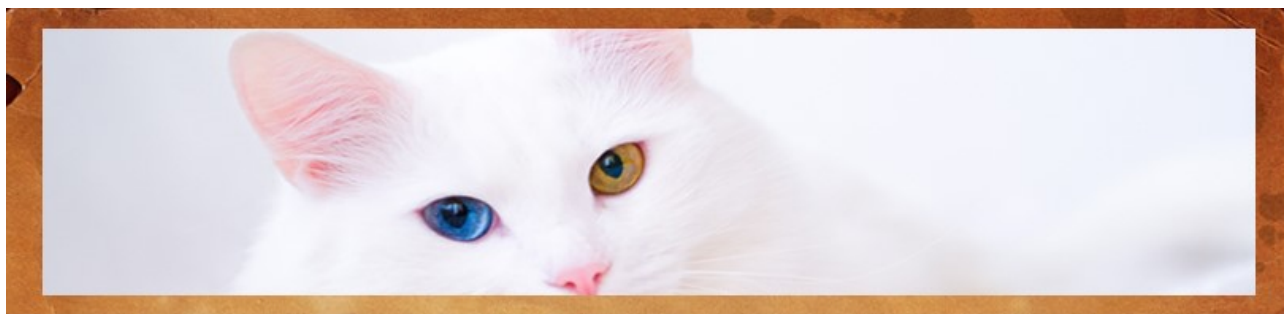


## IS absorbcijas frekvenču tabula

<b>Anhidrīdi</b>			
C=O	stiepšanās	1830-1800 & 1775-1740	divi pīķi
<b>Esteri</b>			
C=O	stiepšanās	1750-1735	stipra
C-O	stiepšanās	1300-1000	divi vai vairāk pīķi
<b>Ketoni</b>			
necikliskie	stiepšanās	1725-1705	stipra
cikliskie	stiepšanās	trīslocekļu - 1850	stipra
	stiepšanās	četrlocekļu - 1780	stipra
	stiepšanās	pieclocekļu - 1745	stipra
	stiepšanās	sešlocekļu - 1715	stipra
	stiepšanās	septiņlocekļu - 1705	stipra
$\alpha, \beta$ -nepiesātināti	stiepšanās	1685-1665	stipri
konjugācija nobīda absorbcijas uz zemākiem viļņu skaitļiem			
arilketoni	stiepšanās	1700-1680	stipra
<b>Ēteri</b>			
C-O	stiepšanās	1300-1000 (1150-1070)	stipra
<b>Nitrili</b>			
C $\equiv$ N	stiepšanās	2260-2210	vidēja
<b>Nitro</b>			
N-O	stiepšanās	1560-1515 & 1385-1345	stipra, divi pīķi



## Divi Turcijas skaistumi: Vanas kaķis un Ankaras kaķis



Visskaistākais no kaķiem, Vanas kaķis, ir tīrasiņu kaķis, kas dzīvo pie Vanas ezera. Vēl cita endēmiska kaķu suga ir Ankaras kaķi. Viņus arī dēvē par Angoras kaķiem. Vissvarīgākā to iezīme ir dažāda krāsa acīm.

Van cat

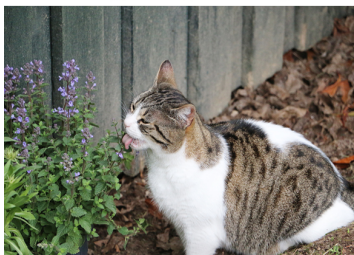


Ankara cat

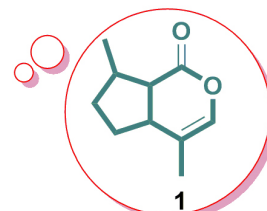
*Nepeta cataria* (catnip)

Kaķi, tāpat kā cilvēki, arī dažkārt mēdz būt stresaini un dusmīgi. Cilvēkus laimīgus padara melatonīns un arī kaķu stress var tikt samazināts un tie padarīti laimīgi, pateicoties dabasvielai. Nepetalaktons ir organisks savienojums, izolēts no kaķumētras (*Nepeta cataria*), kurš darbojas kā kaķu pievilinātājs. Nepetalaktons ir desmit locekļu bicikliskis monoterpenoīds savienojums, atvasināts no izoprēna ar diviem savienotiem gredzeniem: ciklopentāna un laktona.

Cat eating catnip in the garden



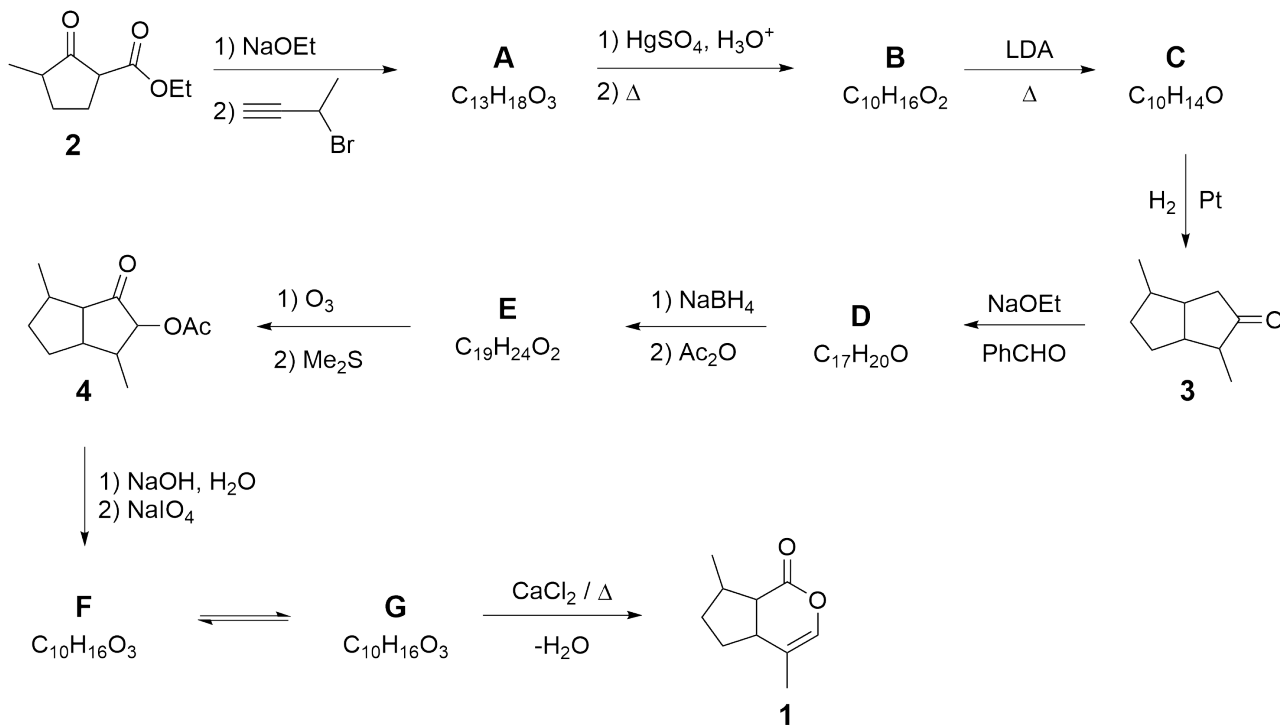
Cat's dream



Nepetalactone



## Nepetalaktona totālā sintēze:



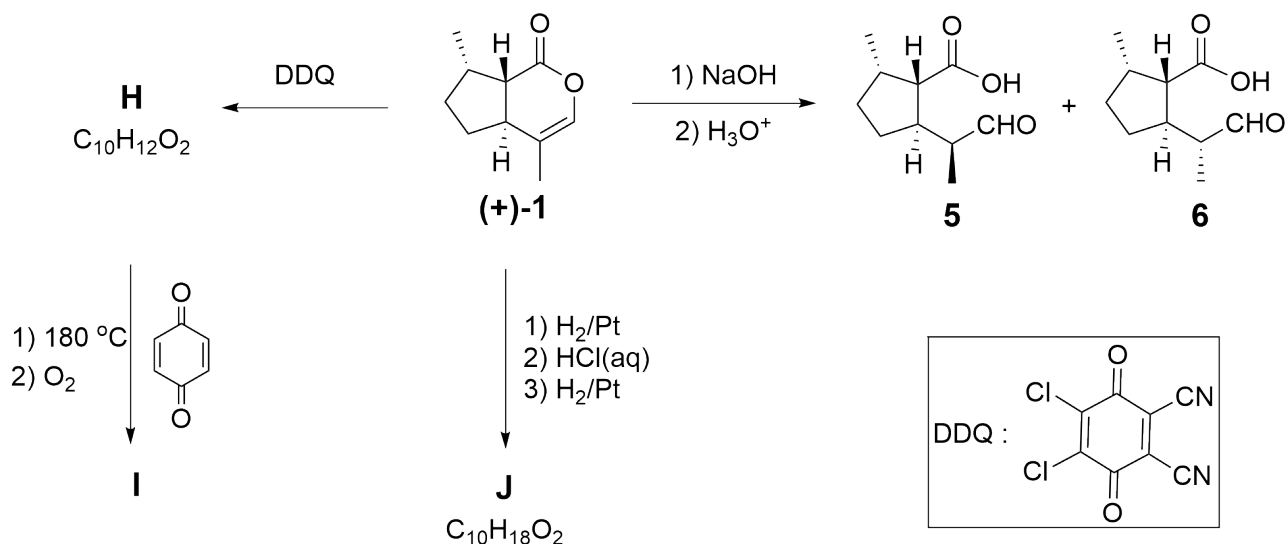
1.1 Shēmā augstāk parādīta nepetalaktona totālā sintēze. **Uzzīmē** savienojumu **A**- **G** struktūras, nenorādot stereoķīmiju. 14.0pt

**Padomi:**

- Savienojumam **A** IS spektrā ir stiprs un ass pīķis pie 3300 cm<sup>-1</sup>.
- **A**, **B**, un **F** ir monocikliski, taču **C**, **D**, **E**, un **G** ir bicikliski savienojumi.
- **F** ir viens duplets pie ~ 9.8 m.d. <sup>1</sup>H-KMR spektrā.



## Nepetalaktona reakcijas:



Shēmā augstāk norādītas dažas reakcijas ar vienu no enantiotīrajiem nepetalaktona **1** izomēriem. Trīs no reakcijas produktiem (**5**, **6**, un **J**) tiek industriāli izmantoti kā insektu atbaidītāji.

**1.2** Saistībā starp **5** un **6**, kurš/-i apgalvojums/-i ir patiess/-i? Atķeksējiet kastītē 4.0pt  
 blakus pareizajai/-ām atbildei/-ēm jūsu atbilžu lapās.

Reakcijā ar **1** un DDQ veidojas izteikti konjugēts savienojums **H**. Tāpat, termiskā reakcijā starp savienojumu **H** un *p*-hinīnu veidojas **I** ar molmasu 226.28 g/mol.

**1.3** Uzzīmē savienojumu **H**, **I**, un **J** struktūras, norādot stereoķīmiju. 6.0pt

**Padomi:**

- Savienojuma **I** veidošanās laikā notiek secīgas pericikliskas reakcijas un oksidēšanas reakcija ( $\text{O}_2$  klātbūtnes dēļ) un reakcijas gaitā veidojas arī plaši pazīstama gāze.
- J** IS spektrā ir stiprs un ļoti plats pīķis starp  $3300$  un  $2500 \text{ cm}^{-1}$ .



## Divi Turcijas skaistumi: Vanas kaķis un Ankaras kaķis

1.1 (14.0 pt)

<b>A</b>	<b>B</b>
<b>C</b>	<b>D</b>
<b>E</b>	<b>F</b>
<b>G</b>	



# A1-2

Latvian (Latvia)

1.2 (4.0 pt)

- Enantiomēri
- Diastereomēri
- Identiski
- Stereoizomēri

1.3 (6.0 pt)

<b>H</b>	<b>I</b>
<b>J</b>	

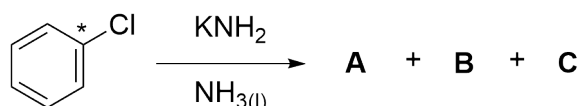




## Pasaka par reaģētspējīgu starpsavienojumu

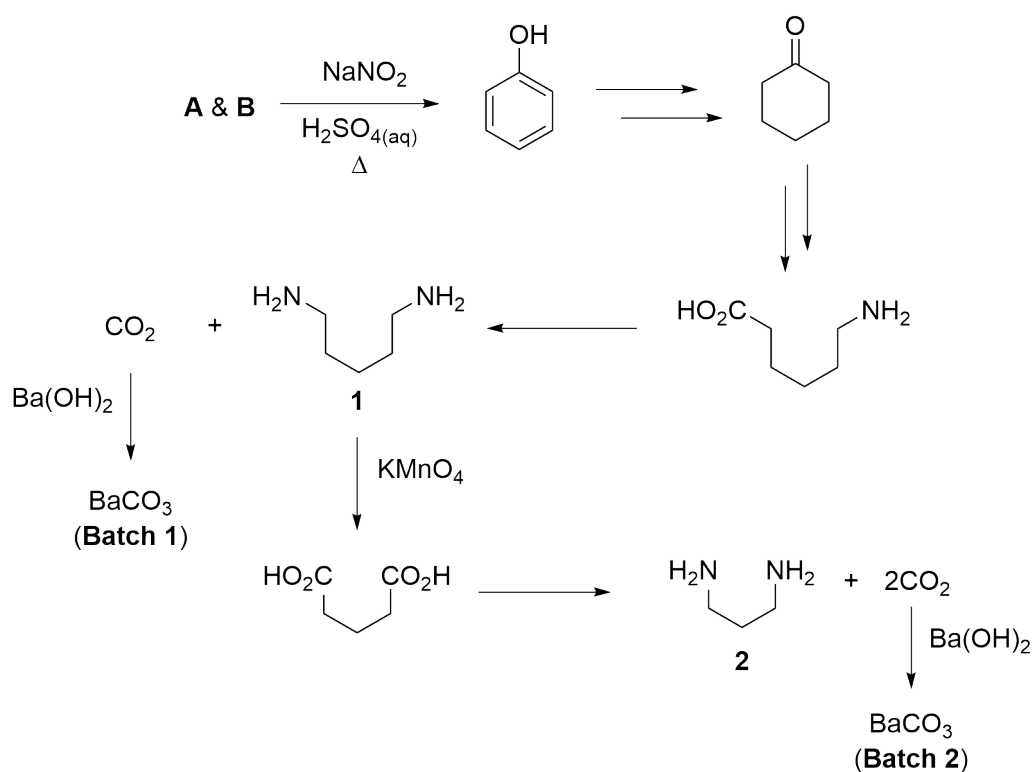
Arīni ir speciāla reaģētspējīgu starpsavienojumu klase. Pirmo eksperimentālo pierādījumu arīnu (dehidrobencola) struktūrai 1953. gadā demonstrēja Džons D. Roberts un kolēģi ar elegantiem marķēšanas eksperimentiem.

Vienā šādā reakcijā, hlorbenzolu, kura 1. pozīcijas oglekli marķēja ar radioaktīvo  $^{14}\text{C}$ , pakļāva reakcijai ar  $\text{KNH}_2$  šķidrā  $\text{NH}_3$ , veidojot gandrīz vienādus daudzumus izotopisku izomēru **A** un **B**, kā arī neorganisku sāli **C**. Šī reakcija notiek caur arīna starpsavienojuma **D** veidošanos.



**2.1** Uzzīmē struktūras savienojumiem **A**, **B** un **D**, un uzraksti savienojuma **C** formulu. Atzīmē pozīciju/-as  $^{14}\text{C}$ -marķētajam/-iem ogleklim/-ļiem ar zvaigznīti (\*), kur nepieciešams. 7.0pt

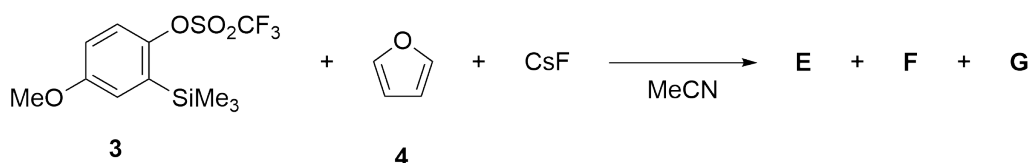
Analīze  $^{14}\text{C}$ -marķētajam/-iem produktam/-iem tika veikta ar degradācijas eksperimentiem ( $^{14}\text{C}$ -marķētie oglekļi nav parādīti produktos). Tika analizētas starpsavienojumu un galaproduktu radioaktivitātes.





**2.2** **Atķeksē** piemērotās kastītes atbilžu lapās tiem starpsavienojumiem un produktiem, kuri uzrādīs radioaktivitāti. 9.0pt

Ar mērķi atvieglot arīņu veidošanos, Kobajaši un kolēģi izveidoja fluorīdu inducētu arīņu veidošanas metodi. Izmantojot šo metodi, benzola atvasinājumu **3** pakļāva reakcijai ar furānu (**4**) CsF klātbūtnē, veidojot **E**, **F**, un **G**.



- Sadegšanas analīze savienojumam **E** atklāja šādu atomu saturu: 75.8% ogleklis, 5.8% ūdeņradis, un 18.4% skābeklis.
- **E** nesatur protonu, kas var apmainīties ar D<sub>2</sub>O <sup>1</sup>H-KMR spektroskopijā.
- **F** ir jonisks savienojums.

**2.3** **Nosaki** savienojumu **E**, **F**, un **G** struktūras (bez stereoķīmijas). 8.0pt

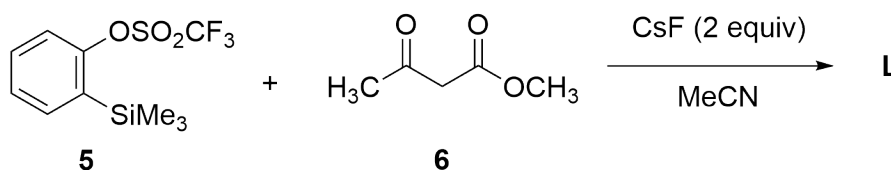
Bez nukleofilu vai uztvērējvielu (trapping agent) klātbūtnes, arīņi var veikt [2+2]-tipa ciklodimerizācijas vai [2+2+2]-tipa ciklotrimerizācijas reakcijas piemērotos apstākļos. Arīņa atvasinājums, kas iegūts, savienojumu **3** apstrādājot MeCN ar vienu ekvivalentu CsF, var veidot principā četrus dažādus dimerizācijas un trimerizācijas produktus (**H-K**).

- **H** satur divas simetrijas plaknes.
- **I** ir sagaidāms 21 signāls tā <sup>13</sup>C-KMR spektrā.
- **I** un **J** abi uzrāda *m/z* vērtību 318.1 to masspektros.

**2.4** **Nosaki** struktūras savienojumiem **H-K**. 16pt

Kad **5** reagē ar β-ketoesteri **6** 2 ekvivalentu CsF klātbūtnē 80 °C, **L** tiek iegūts kā mažorais (pārākumā esošais) produkts. <sup>1</sup>H-KMR un <sup>13</sup>C-KMR dati savienojumam **L**, uzņemti CDCl<sub>3</sub>, ir šādi:

- <sup>1</sup>H-KMR: δ 7.79 (dd, *J* = 7.6, 1.5 Hz, 1H), 7.47–7.33 (m, 2H), 7.25–7.20 (m, 1H), 3.91 (s, 2H), 3.66 (s, 3H), 2.56 (s, 3H) m.d.
- <sup>13</sup>C-KMR: δ 201.3, 172.0, 137.1, 134.4, 132.8, 132.1, 130.1, 127.5, 51.9, 40.2, 28.8 m.d.





**2.5** **Nosaki** struktūru savienojumam **L**.

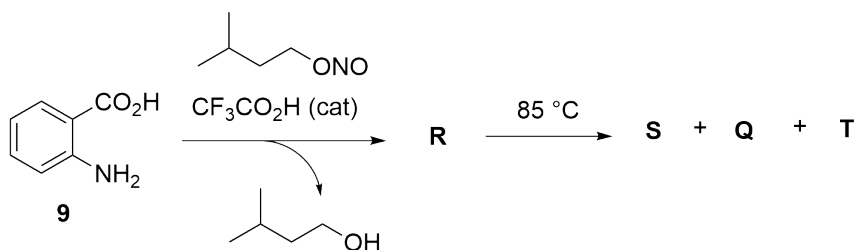
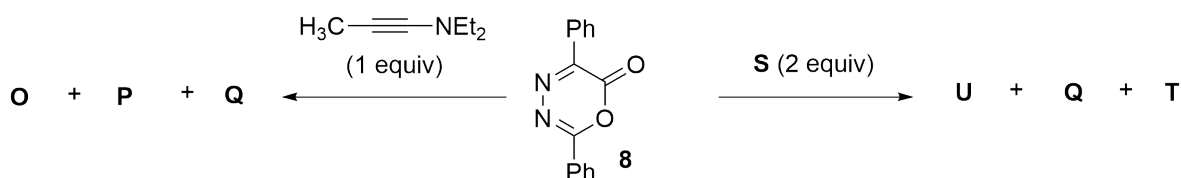
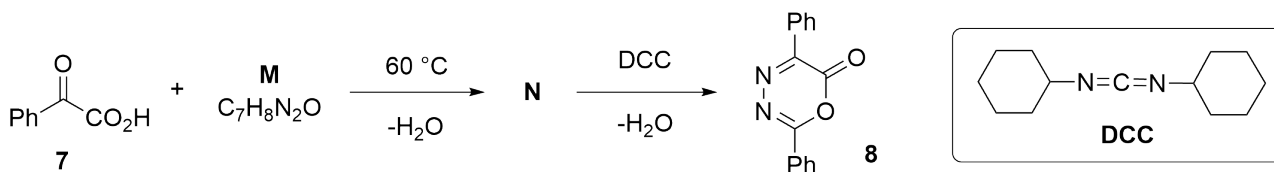
5.0pt

**2.6** Reakcijā, kas parādīta apakšpunktā **2.5**, kurš/-i apgalvojums/-i atbilst lapās apraksta CsF funkciju? 4.0pt

- $pK_a$  vērtības HF un  $\beta$ -ketoesterim **6** dimetilsulfoksīdā (DMSO) ir aptuveni 15 un 14, attiecīgi.

Diazapirona atvasinājums **8** ir noderīgs reaģents dažādu ciklisku karkasu konstruēšanai. Tā pagatavošana no fenilglioksilskābes (**7**) un izmantošana divās dažādās reakcijās ir parādīta zemāk.

- **Q** un **T** ir gāzes normālos apstākļos.
- **O** un **P** ir strukturālie izomēri.
- **Q** nav neviena signāla tā IS spektrā.
- Karsējot 1 mol **R** 85 °C, veidojas 1 mol reaģētspējīga starpsavienojuma **S**.
- Reakcijā starp **8** un diviem ekvivalentiem **S** veidojas **U**, **Q**, un **T**.

**Piezīme:**

equiv= ekvivalents

cat= katalizators

**2.7** **Nosaki** struktūras savienojumiem **M-U**.

28.0pt



## Pasaka par reaģētspējīgu starpsavienojumu

2.1 (7.0 pt)

<b>A</b>	<b>B</b>
<b>C</b>	<b>D</b>

2.2 (9.0 pt)

<p>Ņemot vērā tikai <b>A</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Savienojums 1</li><li><input type="checkbox"/> BaCO<sub>3</sub> (Batch 1)</li><li><input type="checkbox"/> Savienojums 2</li><li><input type="checkbox"/> BaCO<sub>3</sub> (Batch 2)</li></ul>	<p>Ņemot vērā tikai <b>B</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Savienojums 1</li><li><input type="checkbox"/> BaCO<sub>3</sub> (Batch 1)</li><li><input type="checkbox"/> Savienojums 2</li><li><input type="checkbox"/> BaCO<sub>3</sub> (Batch 2)</li></ul>
---	---



**2.3** (8.0 pt)

<b>E</b>	<b>F</b>
<b>G</b>	

**2.4** (16.0 pt)

<b>H</b>	<b>I</b>
<b>J</b>	<b>K</b>



**2.5** (5.0 pt)

**L**

**2.6** (4.0 pt)

- $\text{F}^-$  hidrolizē trifluormetilsulfonātu ( $\text{O}_3\text{SCF}_3$ ) savienojumā **5**.
- $\text{F}^-$  uzbrūk  $-\text{SiMe}_3$  savienojumā **5**.
- $\text{F}^-$  darbojas kā bāze, lai deprotonētu **6**.
- $\text{F}^-$  darbojas kā nukleofīls un uzbrūk esterim savienojumā **6**.



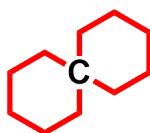
2.7 (28.0 pt)

<b>M</b>	<b>N</b>
<b>O un P</b>	<b>Q</b>
<b>R</b>	<b>S</b>
<b>T</b>	<b>U</b>



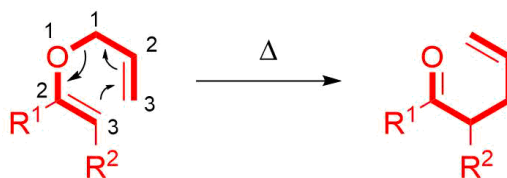
## (±)-Koerulescīns

Spiro savienojums parasti ir organisks savienojums, kura gredzeni ir savienoti ar kopīgu atomu (spiro atoms), piemēram, oglekļa atoms treknrakstā attēlā zemāk. Spiro[pirolidīn-3,3'-oksindola] ciklu sistēma ir strukturāls skelets vairāku citostatisku alkaloidu un nedabisku vielu sastāvā. Koerulescīns (**1**) un horsfilīns ir vienkāršākie šīs klases pārstāvji, kas uzrāda plašu bioloģisko aktivitāti un var tikt sintezēti, izmantojot zemāk doto shēmu.

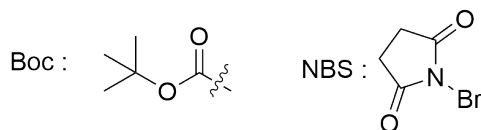
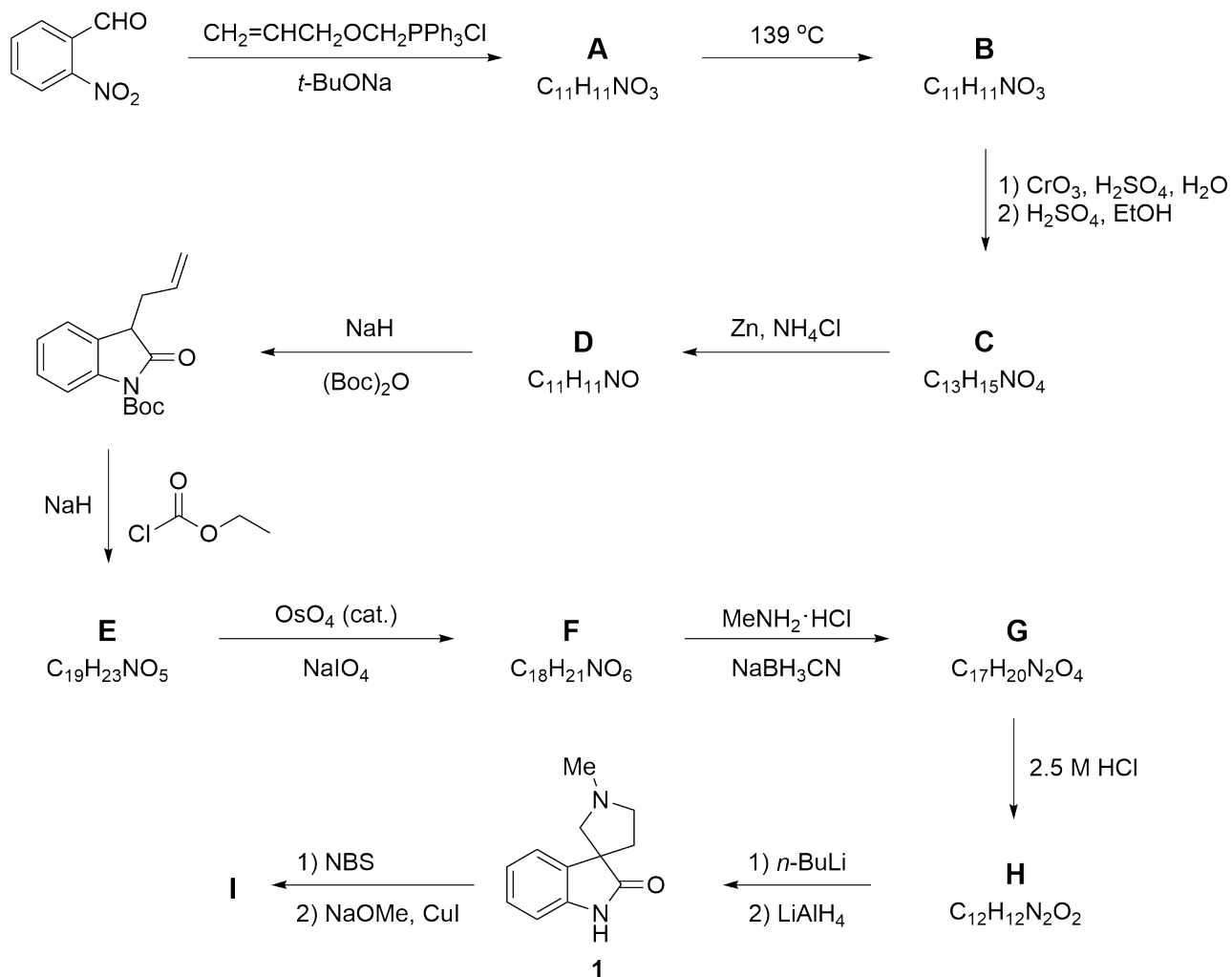


Klaizena pārgrupēšanās, kas ir [3,3]-sigmatropā pārgrupēšanās, ir lieliska oglekļa-oglekļa saišu veidošanas reakcija, kurā allil vinil ēteris tiek termiski pārveidots par nepiesātinātu karbonilsavienojumu kā parādīts shēmā zemāk. Kad savienojums **A** tiek karsēts, tas veic Klaizena pārgrupēšanos, veidojot karbonilsavienojumu **B**.

Visā šajā uzdevumā atbildes varat norādīt bez stereoķīmijas.









- 3.1 **Uzzīmē** struktūras savienojumiem **A** un **B**. 8.0pt
- **A** ir nesadalāms *cis/trans* izomēru maisījums.
  - **B** ir IS absorbcija pie  $1726\text{ cm}^{-1}$ .

- 3.2 **Uzzīmē** struktūras savienojumiem **C**, **D**, **E**, un **F**. 16.0pt
- **D-F** ir bicikliska struktūra.

- 3.3 **Izvēlies** pareizo soļu secību pārvērtībai **F** uz **G**. 4.0pt

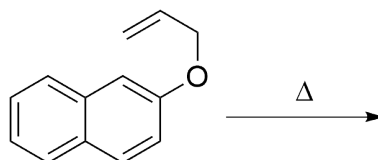
- 3.4 **Uzzīmē** struktūras savienojumiem **G** un **H** (abi spiro savienojumi). 8.0pt

- 3.5 **Uzzīmē** struktūru starpsavienojumam, kas veidojas apstrādē ar *n*-BuLi solī **H** → **koerulescīns (1)**. 5.0pt

**Koerulescīns (1)**, apstrādē ar *N*-bromsukcinimīdu (NBS), veido broma atvasinājumu, kuru karsējot ar nātrija metoksīdu vara jodīda klātbūtnē, iegūst **horsfilīnu (I)** ar 60% iznākumu.

- 3.6 **Izvēlies** pareizo struktūru savienojumam **I**, kam atbilst šādi  $^1\text{H-KMR}$  signāli:  $\delta$  7.05 (d,  $J = 1.4\text{ Hz}$ , 1H), 6.78 (d,  $J = 8.0\text{ Hz}$ , 1H), 6.72 (dd,  $J = 8.0, 1.4\text{ Hz}$ , 1H) m.d. 5.0pt

- 3.7 Kad 2-naftola allil ēteri karsē, tiek iniciēta sigmatropiskā pārgrupēšanās. **Uzzīmē** struktūru mažorajam produktam, kas iegūts šajā reakcijā. 5.0pt





## (±)-Koerulescīns

3.1 (8.0 pt)

<b>A</b>	<b>B</b>
----------	----------

3.2 (16.0 pt)

<b>C</b>	<b>D</b>
<b>E</b>	<b>F</b>



**3.3** (4.0 pt)

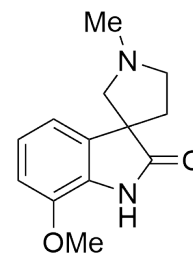
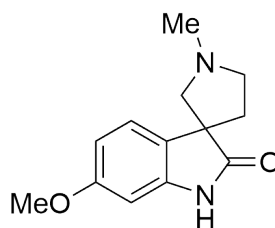
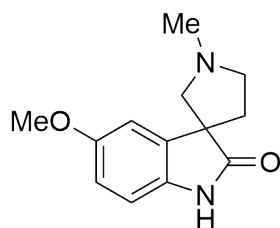
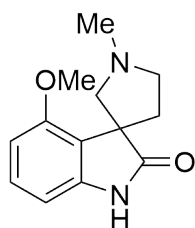
- Imīna veidošanās, tad reducēšana, tad amidēšana
- Amidēšana, tad imīna veidošanās, tad reducēšana
- Reducēšana, tad amidēšana, tad imīna veidošanās

**3.4** (8.0 pt)

**G**

**H**

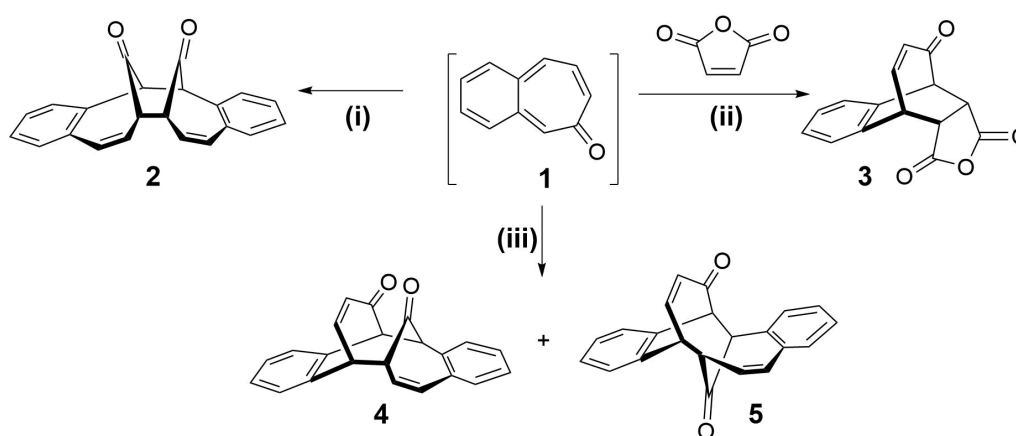
**3.5** (5.0 pt)

**3.6** (5.0 pt)**3.7** (5.0 pt)



## Simetrijai ir nozīme!

Organiskajā ķīmijā ir daudz reakciju, kuras notiek caur cikliskiem pārejas stāvokļiem un šādas reakcijas tiek klasificētas kā pericikliskas reakcijas. Vudvarda-Hofmaņa likumi, kurus izveidoja Roberts B. Vudvards un Roalds Hofmanis, tiek izmantoti, lai skaidrotu periciklisku reakciju stereoķīmiskos aspektus un aktivācijas enerģijas.



Vudvarda-Hofmaņa likumi

Elektronu skaits	Elektrocikliskas reakcijas		Ciklopievienošanās	
	Termiskas ( $\Delta$ )	Fotoķīmiskas ( $h\nu$ )	Termiskas ( $\Delta$ )	Fotoķīmiskas ( $h\nu$ )
$4n$ ( $n = 1, 2, \dots$ )	Konrotējošs (conrotatory) (con)	Disrotējošs (Disrotatory)	Neizdevīga	Izdevīga
$4n+2$ ( $n = 1, 2, \dots$ )	Disrotējošs (dis)	Konrotējošs	Izdevīga	Neizdevīga

**4.1** Aizpildi tabulu reakcijām (i)–(iii) vai produktiem 2–5:

12.0pt

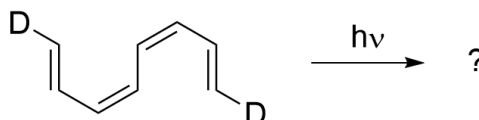
Ir trīs iespējami benzotropona izomēri. Lai gan divi benzotropona izomēri ir iegūti, 3,4-benzotropon (1) nav līdz šim iegūts. Tā nestabilitāte tiek skaidrota ar *o*-hinoidālo struktūru savienojumā 1, jo tajā nav seksteta elektronu sistēmas benzola gredzenā.

**4.2** Uzzīmē struktūras stabilajiem benzotropona izomēriem **A** (ar 6 signāliem  $^{13}\text{C}$ -KMR) un **B** (ar 11 signāliem  $^{13}\text{C}$ -KMR).

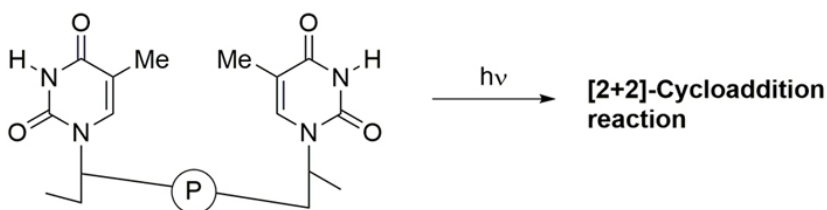
6.0pt



- 4.3 Kad zemāk esošais tetraēns reaģē fotoķīmiskos apstākļos, var veidoties simetrijas atļautais/-ie produkts/-i katram no trīs dažādajiem ciklu izmēriem, saskaņā ar Vudvarda-Hofmaņa likumiem. Atķeksē pareizo atbildi katrā rindiņā. 6.0pt

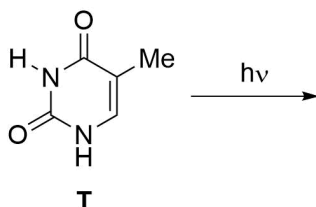


Prof. Dr. Aziz Sancar



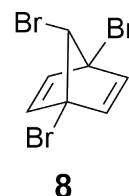
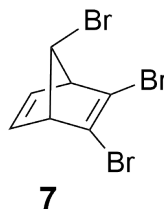
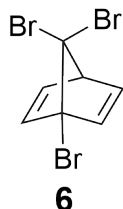
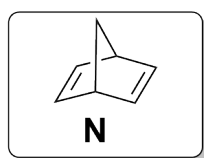
Nobela prēmiju ķīmijā 2015. gadā piešķīra turku zinātniekam Azizam Sandžaram, zviedru zinātniekam Tomasam Lindālam, un amerikāņu zinātniekam Polam Modričam par "DNS reparācijas mehānistiskiem pētījumiem". Pirimidīna bāzes DNS sastāvā var veikt fotoķīmisku **[2+2]-ciklopievienošanas reakciju** (skatīt attēlā augstāk) ar UV gaismu, kas sasniegusi cilvēka ādu, veicinot DNS bojājumus, kas var novest pie ādas vēža. Profesora Aziza Sandžara pētījumi fokusējās uz DNS reparāciju mehānismu tieši šādiem bojājumiem.

Timīns (**T**) ir viena no nukleobāzēm, kas var veikt šādu fotoķīmisku reakciju ar UV gaismu. Pieņemsim, ka ir šķīdums ar brīvu timīnu, kuru pakļauj apstarošanai ar UV gaismu.



- 4.4 Ņemot vērā stereokīmiju, uzzīmē struktūras **visiem iespējamajiem produktiem** 16.0pt reakcijā starp divām brīvām timīna (**T**) molekulām. Apvelc produktu/-us, kurš/-i ir hirāls/-i. Tikai viena enantiomēra uzzīmēšana no enantiomēru pāra ir pietiekama. Lūdzu, ņemiet vērā, ka tikai C=C saites piedalās reakcijā.

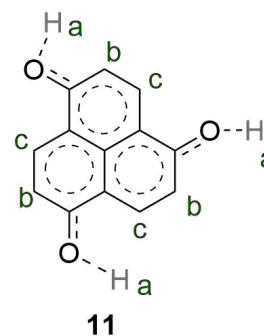
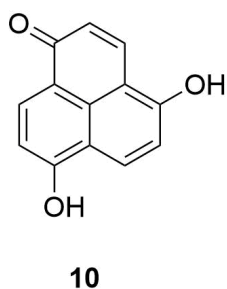
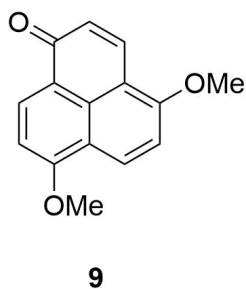
Literatūrā zināms plašs klāsts halogenētu norbornadiēna (**N**) atvasinājumu. Tribrom-norbornadiēnam ( $C_7H_5Br_3$ ) ir seši ahirāli (mezo) izomēri. Trīs no šiem izomēriem (**6**, **7**, un **8**) ir parādīti zemāk.



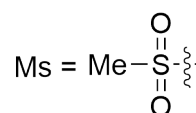
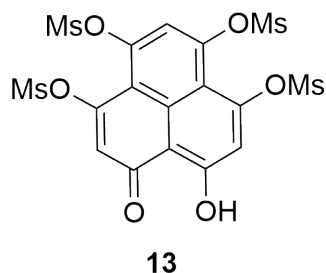
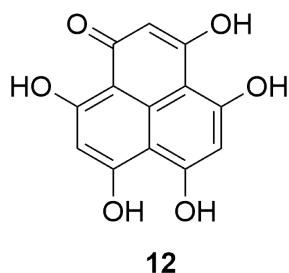
**4.5** Cik daudz signālu sagaidāt  $^{13}\text{C}$ -KMR spektros izomēriem **6**, **7**, un **8**? 9.0pt  
**Aizpildiet** kastītes.

**4.6** **Uzzīmējiet** struktūras pārējiem ahirālajiem (mezo) tribrom-norbornadiēna ( $\text{C}_7\text{H}_5\text{Br}_3$ ) izomēriem (**C**, **D**, un **E**) neskaitot **6–8** pa virsu dotajiem attēliem laukumos.

Ētera **9** KMR spektrs ir sarežģīts. Divas MeO- grupas ir atšķirīgas, tāpat kā visi ūdeņraži pie gredzeniem. Savukārt difenola **10** KMR spektrs ir ļoti vienkāršs un tajā ir tikai trīs tipu protoni (marķēti kā a, b, un c). Saprātīga vidējā struktūra, kas atbildīga par visām rezonanses struktūrām un to simetriju ir parādīta kā **11**.



**4.7** Cik daudz signālus sagaidāt  $^{13}\text{C}$ - un  $^1\text{H}$ -KMR spektros savienojumiem **12** un **13**? 8.0pt





**Simetrijai ir nozīme!****4.1** (12.0 pt)

Reakcija	Produkts	[? + ?] ciklopievienošana	$\Delta$ vai $h\nu$
<b>i</b>	<b>2</b>		
<b>ii</b>	<b>3</b>		
<b>iii</b>	<b>4</b>		
	<b>5</b>		

**4.2** (6.0 pt)**A****B**

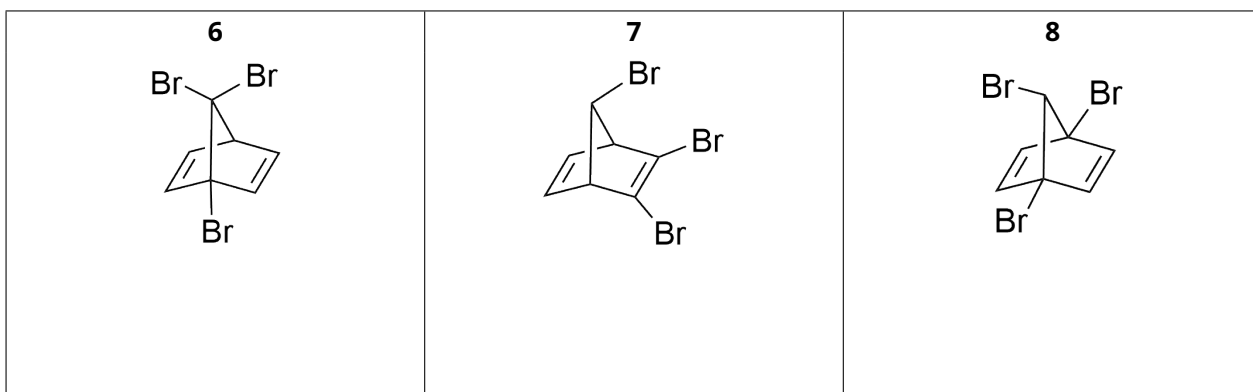
**4.3** (6.0 pt)

<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

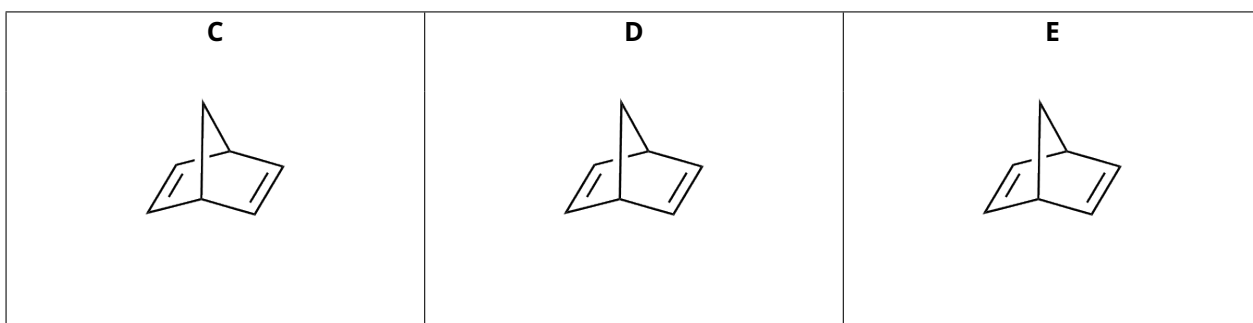
**4.4** (16.0 pt)



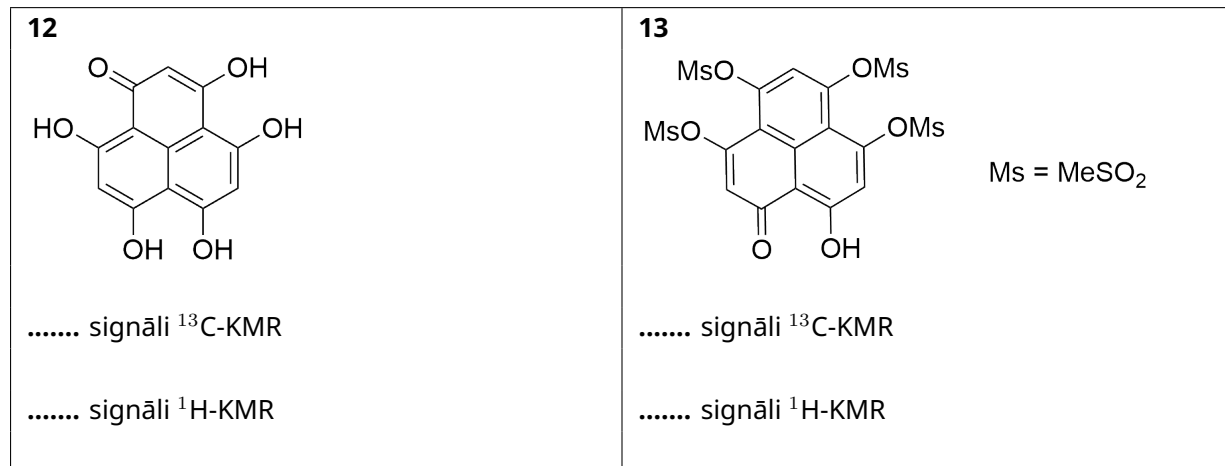
4.5 (9.0 pt)



4.6 (9.0 pt)

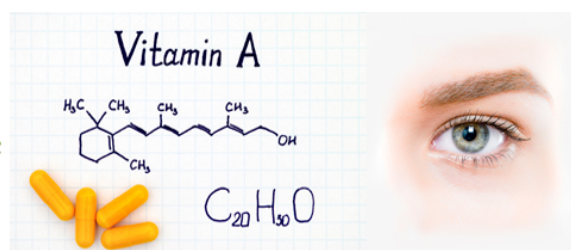


4.7 (8.0 pt)





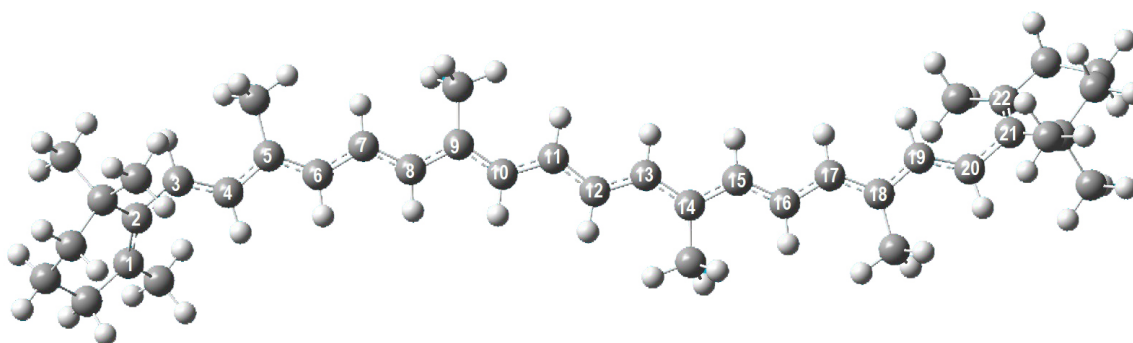
## Konja, burkāni, beta karotīns, A vitamīns, imūnsistēma, redze



Mevlana (Rumi) bija liels mistiķis un Sufi dzejnieks, kurš dzīvoja Konjā 13. gadsimtā. Konja saražo 65% no Turcijas burkāniem, tādējādi netieši sasaistot šo pilsētu ar ķīmiju, jo no šiem burkāniem tiek iegūts viens no cilvēkam nepieciešamajiem vitamīniem (A vitamīns).

Burkāni ir svarīgs  $\beta$ -karotīna avots, kurš burkāniem piešķir to oranžo krāsu. Šī molekula ir oranžsarkans pigments, kas dabiski atrodams augos un augļos, kā arī ir A provitamīns karotinoīds. Tas tiek pārvērst par A vitamīnu, kurš ir svarīgs normālai augšanai un attīstībai, imūnsistēmai un redzes darbībai.

$\beta$ -Karatīns sastāv no 22 oglekļa atomu garas poliēna ķēdes. Tā ir konjugēta  $\pi$ -sistēma, kura satur vienkāršās un dubultās saites pamīšus. Šī savienojuma eksperimentāli nomērītais absorbcijas viļņa garuma maksimums ( $\lambda_{max}$ ) ir 455 nm. Mēs pieņemam, ka visas saites starp  $C_1$  un  $C_{22}$  ir konjugētas. Molekulā ir 22  $\pi$ -elektroni (1. attēls).



**1. attēls.**  $\beta$ -Karatīna shematisks attēlojums ar lodītēm un stienīšiem. Pelēkās lodītes - oglekļa atomi un baltās lodītes - ūdeņraža atomi. Numurētie oglekļa atomi ir daļa no molekulas lineāri konjugētā  $\pi$ -segmenta.

Varam veikt rupju pieņēmumu, ka elektroni C-2Pz orbitālēs (kuras ir perpendikulāras molekulas plaknei) kustās visā molekulas garumā, neiedarbojoties viens ar otru. Tos var apskatīt kā neatkarīgas daļiņas, kas ir noslēgtas molekulas  $x$ -ašī vienā dimensijā. Šīs īpašības ļauj mums  $\pi$ -elektronus apskatīt ar visvienkāršāko modeli - **daļiņa viendimensionālā kastē**.

Viļņu funkciju un kvantizēto līmeņu enerģijas elektronam, kurš kustas starp bezgalīga potenciāla sienām raksturo sekojošie vienādojumi:

$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n\pi x}{L} \quad (\text{Vien.1})$$



kur  $n$  ir kvantu skaitlis,  $n=1,2,3,4,\dots, \infty$ , un  $L$  ir kastes garums.

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8m_e L^2} \quad (\text{Vien.2})$$

Divās dimensijās, saglabājot pieņēmumu, ka daļiņas neiedarbojas viena ar otru, viļņu funkciju var aprakstīt kā viendimensionālu viļņu funkciju reizinājumu, bet enerģiju kā viendimensionālu enerģiju summu. Enerģijas līmeņus divdimensionālā taisnstūrveida kastē apraksta šāds vienādojums:

$$E_{n_x, n_y} = \left[ \frac{n_x^2}{L_x^2} + \frac{n_y^2}{L_y^2} \right] \left\{ \frac{h^2}{8m_e} \right\} \quad (\text{Vien.3})$$

kur  $n_x, n_y$  ir kvantu skaitļi, kas ir pozitīvi veseli skaitļi.  $L_x, L_y$  ir kastes dimensijas 2D modelī. Tie ir pozitīvi skaitļi.

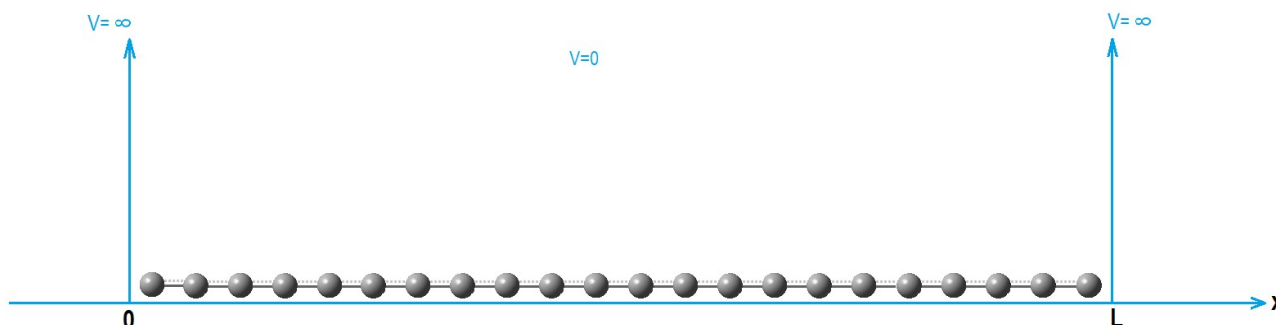
- 5.1** Kuri divi no zemāk dotajiem teikumiem ir patiesi? Atzīmējiet tikai vienu atbildi 13.0pt  
atbilžu lapā, norādot, kuri no teikumiem ir patiesi.

**$\beta$ -Karotīna molekula ir oranžā krāsā, jo:**

- i) tā absorbē elektromagnētiskā spektra redzamajā reģionā.  
 ii) HOMO – LUMO pāreja notiek absorbējot IS fotonu.  
 iii) enerģijas līmeņu starpība starp 22. un 23. enerģijas līmeņiem ir vienāda ar IS fotonu oranžajā viļņa garumā.  
 iv) tā absorbē zaļo/zilo gaismu un laiž cauri sarkano/dzelteno krāsu.  
 v) Tā absorbē UV-Vis reģionā, jo molekulai nav dipola momenta.

Lai arī tas nav diezko reālistiski, pieņemam, ka konjugēto molekulas segmentu varam aprakstīt ar viendimensionālu daļiņa kastē modeli kā norādīts 2. figūrā. Tādā gadījumā kastes garumu varam aptuveni noteikt  $L=1.40 \times n_C$  (izteiktu Å), kur  $n_C$  norāda oglekļa atomu skaitu, kas ir konjugētajā segmentā.

**Izmantojot šo informāciju, atrisiniet 5.2–5.5.**



**2. figūra.**  $\beta$ -Karotīna konjugētā segmenta shematisks attēlojums viendimensionālā kastē ar garumu  $L$ .

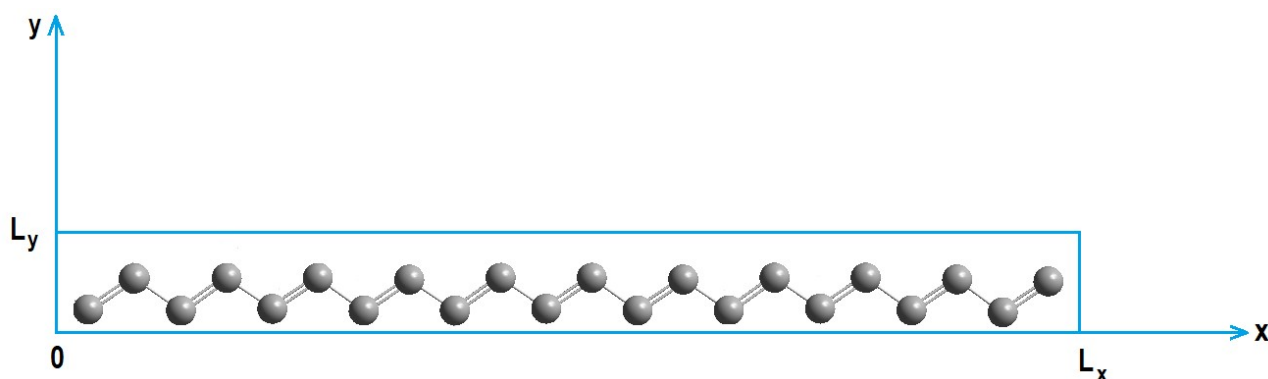
- 5.2** Aprēķiniet enerģiju (izteiktu J) diviem zemākajiem enerģijas līmeņiem. 13.0pt

- 5.3** Uzzīmējiet viļņu funkcijas diviem zemākajiem enerģijas līmeņiem, skaidri aprakstot x-asi. 15.0pt



- 5.4** **Uzskicējiet** enerģijas līmeņu diagrammu līdz un ieskaitot  $n = 4$ , parādot relatīvās līmeņu atšķirības. 8.0pt
- 5.5** Kāda ir kopējā  $\pi$ -enerģija (izteikta J) molekulai? 12.0pt
- 5.6** **Izrēķiniet** viļņa garumu (izteiktu nm), pie kura notiek pāreja no augstākā aizpildītā līmeņa uz zemāko neaizpildīto enerģijas līmeni. 10.0pt

Izmantojiet divdimensionālas kastes modeli, lai atbildētu jautājumiem 5.7–5.8.



**3. figūra.**  $\beta$ -Karoīna konjugētā segmenta shematisks attēlojums divdimensionālā kastē.

Pieņemiet, ka konjugētais segments sastāv no oglekļa atomiem, kur visi ir *trans* viens pret otru.  $\pi$ -elektronu kustība tiek apskatīta divdimensionālā kastē ar malu garumiem  $L_x = 26.0 \text{ \AA}$ ,  $L_y = 3.0 \text{ \AA}$  (3. Figūra).

- 5.7** **Aprēķiniet** enerģijas (izteiktas J) augstākajam aizpildītajam enerģijas līmenim un zemākajam neaizpildītajam enerģijas līmenim, kā arī viļņa garumu (izteiktu nm), pie kura notiek pāreja starp šiem līmeņiem. 17.0pt
- 5.8** Kādai būtu jābūt  $L_x$  vērtībai (izteiktai  $\text{\AA}$ ), lai molekula absorbētu pie eksperimentāli nomērītā viļņa garuma  $\lambda_{max} = 455 \text{ nm}$ , ja  $L_y$  ir  $3.0 \text{ \AA}$ . (Pieņemiet, ka HOMO un LUMO ir tie paši kas jautājumā 5.7.) 12.0pt



## Konja, burkāni, beta karotīns, A vitamīns, imūnsistēma, re- dze

5.1 (13.0 pt)

- |                                       |                                      |                                     |                                       |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> a) i un ii   | <input type="checkbox"/> b) i un iii | <input type="checkbox"/> c) i un iv | <input type="checkbox"/> d) i un v    |
| <input type="checkbox"/> e) ii un iii | <input type="checkbox"/> f) ii un iv | <input type="checkbox"/> g) ii un v | <input type="checkbox"/> h) iii un iv |
| <input type="checkbox"/> j) iii un v  | <input type="checkbox"/> k) iv un v  |                                     |                                       |

5.2 (13.0 pt)

Aprēķini:

5.3 (15.0 pt)



**5.4** (8.0 pt)

**5.5** (12.0 pt)





**5.6** (10.0 pt)

aprēķini:

**5.7** (17.0 pt)

aprēķini:



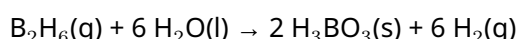
**5.8** (12.0 pt)



## Termodinamika caur starpzvaigžņu ceļojumu

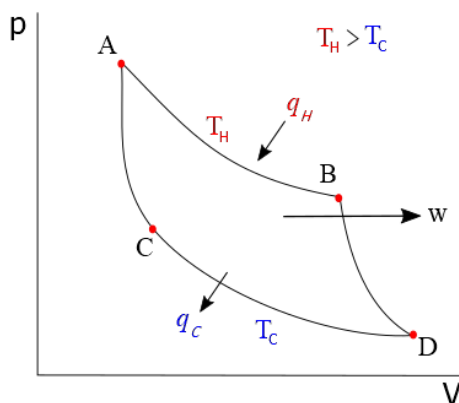
### 1. daļa

Hipotētiskā visumā, nezināms daudzums diborāna iesaistās dotajā reakcijā:



Pieņemiet, ka šajā hipotētiskajā visumā,  $\text{H}_3\text{BO}_3(\text{s})$ , kas tika iegūts no šīs reakcijas tika pilnībā sublimēts pie 300 K. Sublimācijai nepieciešamā enerģija tika iegūta, izmantojot **vienu ciklu** no ideāla siltumdzinēja, kurā viens mols monoatomiskas ideālas gāzes izplūst cauri ciklam, kurš attēlots p-V (spiediens-tilpums) diagrammā zemāk:

- A → B; izotermāla atgriezeniska izplešanās, kurā tiek uzņemti 250 J siltumpārnēsē ( $q_H$ ) pie 1000 K ( $T_H$ ) no karstā rezervuāra.
- B → D; atgriezeniska adiabatiska izplešanās.
- D → C; izotermāla atgriezeniska saspiešanās pie 300 K ( $T_C$ ) zaudējot siltumpārnēsē ( $q_C$ ) aukstajā rezervuārā.
- C → A; atgriezeniska adiabatiska saspiešanās.

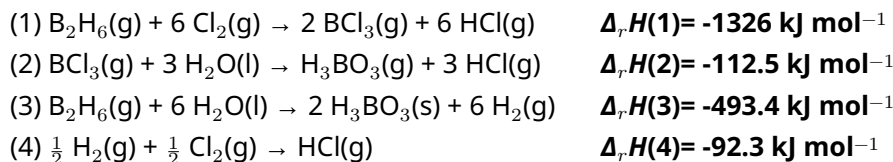


Pēc siltumpārnēsēm palikušī enerģija tiek izmantota darbā ( $w$ ). Zināms, ka  $q_H$  un  $q_C$  ir saistīti ar  $T_C$  un  $T_H$  dotajā veidā:

$$\frac{|q_H|}{|q_C|} = \frac{T_H}{T_C}$$

Cikla efektivitāti raksturo cikla veiktā darba ( $w$ ) attiecība pret siltumu, kas tika uzņemts ( $q_H$ ).

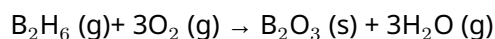
Jums ir dotas šādas entalpijas izmaiņas dažādām reakcijām pie 300 K.



6.1	<b>Aprēķiniet</b> $\text{H}_3\text{BO}_3$ sublimācijas molāro entalpiju (izteiktu $\text{kJ mol}^{-1}$ ) pie 300 K.	5.0pt
6.2	<b>Aprēķiniet</b> $\Delta_r U$ (iekšējo enerģiju) izteiktu $\text{kJ mol}^{-1}$ pie 300 K reakcijām (2) un (4), kas ir dotas augstāk. (pieņemiet, ka visas gāzes ir ideālas).	12.0pt
6.3	<b>Aprēķiniet</b> kopējo darbu, ko rada siltumdzinējs ( $ w $ ) izteiktu J un siltuma daudzumu, kas tika pārnesti uz auksto rezervuāru ( $ q_C $ ) izteiktu J.	6.0pt
6.4	<b>Aprēķiniet</b> siltumdzinēja efektivitāti, kā tas ir aprakstīts augstāk.	3.0pt
6.5	<b>Aprēķiniet</b> entropijas izmaiņu ( $\Delta S$ ) siltumdzinēja procesiem $A \rightarrow B$ un $D \rightarrow C$ izteiktu $\text{J K}^{-1}$ .	6.0pt
6.6	<b>Aprēķiniet</b> Gibbsa enerģijas izmaiņu ( $\Delta G$ ) izteiktu J siltumdzinēja procesiem $A \rightarrow B$ un $D \rightarrow C$ .	6.0pt
6.7	<b>Aprēķiniet</b> attiecību spiedienam punktā A pret spiedienu punktā B dotajā ciklā (standartspiediens: 1 bar).	5.0pt
6.8	<b>Aprēķiniet</b> daudzumu $\text{H}_2(\text{g})$ (molos), kas radies uzdevuma sākumā dotajā reakcijā, pēc viena dzinēja cikla.	3.0pt

## 2. daļa

Starpzvaigžņu ceļojumi var tikt veikti, izmantojot diborānu kā raķešu degvielu. Diborāna sadegšanas vienādojums dots zemāk:



Diborāna sadegšanas eksperimentu veica 100 L lielā noslēgtā traukā pie dažādām temperatūrām, nosakot līdzsvara apstākļus.



	8930 K	9005 K
B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	0.38 mol	0.49 mol
H <sub>2</sub> O(g)	0.20 mol	0.20 mol

O<sub>2</sub> (g) partiālspeidiens tika turēts nemainīgs - 1 bar. Pieņemiet, ka šajā hipotētiskajā visumā;  $\Delta_r S^\circ$  un  $\Delta_r H^\circ$  nav atkarīgi no temperatūras, molārā standartentropija ( $S^\circ$ ) B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(s) nav atkarīga no spiediena, visas gāzes ir ideālas, un visas vielas nemaina fāzi, kā arī nesadalās tālāk pirms vai pēc reakcijas, tad pie abām temperatūrām:

<b>6.9</b>	<b>Aprēķiniet</b> $K_p$ (līdzsvara konstante spiedieniem) pie 8930 K un 9005 K.	8.0pt
<b>6.10</b>	<b>Aprēķiniet</b> $\Delta_r G^\circ$ reakcijai izteiktu kJ mol <sup>-1</sup> pie 8930 K un 9005 K. (Ja jums neizdevās atrast $K_p$ , izmantojiet $K_p$ (8930 K) = 2, $K_p$ (9005 K) = 0.5)	6.0pt
<b>6.11</b>	<b>Aprēķiniet</b> $\Delta_r G^\circ$ (izteiktu kJ mol <sup>-1</sup> ), $\Delta_r H^\circ$ (izteiktu kJ mol <sup>-1</sup> ), un $\Delta_r S^\circ$ ((izteiktu J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ) sadegšanas reakcijai pie 298 K. (Ja jums neizdevās atrast $K_p$ , izmantojiet $K_p$ (8930 K) = 2, $K_p$ (9005 K) = 0.5)	6.0pt
<b>6.12</b>	<b>Atzīmējiet</b> tabulā pareizās atbildes par sadegšanas reakciju notikšanu pie dotajām temperatūrām pie standartspiediena (1 bar).	8.0pt
<b>6.13</b>	<b>Aprēķiniet</b> H <sub>2</sub> O(g) $\Delta_f H^\circ$ ( kJ mol <sup>-1</sup> ) un $S^\circ$ ( kJ mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ), izmantojot vērtības no zemāk dotās tabulas. ( $\Delta_f H^\circ$ = veidošanās entalpija, $S^\circ$ = standartentropija) (Ja jums nav izdevies atrast $\Delta_r H^\circ$ un $\Delta_r S^\circ$ sadegšanai, izmantojiet $\Delta H^\circ = 1000$ kJ mol <sup>-1</sup> , $\Delta S^\circ = 150$ J K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup> )	6.0pt

	$\Delta_f H^\circ$ (298 K)	$S^\circ$ (298 K)
B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	36.40 kJ mol <sup>-1</sup>	0.23 kJ mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
O <sub>2</sub> (g)	0.00 kJ mol <sup>-1</sup>	0.16 kJ mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1273 kJ mol <sup>-1</sup>	0.05 kJ mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>



## Termodinamika caur starpzvaigžņu ceļojumu

**6.1** (5.0 pt)

Aprēķinu gaita:

**6.2** (12.0 pt)

Aprēķinu gaita:

**6.3** (6.0 pt)

Aprēķinu gaita:



**6.4** (3.0 pt)

Aprēķinu gaita:

**6.5** (6.0 pt)

Aprēķinu gaita:

**6.6** (6.0 pt)

Aprēķinu gaita:



**6.7** (5.0 pt)

Aprēķinu gaita:

**6.8** (3.0 pt)

Aprēķinu gaita:





**6.9** (8.0 pt)

Aprēķinu gaita:



**6.10** (6.0 pt)

Aprēķinu gaita:

**6.11** (6.0 pt)

Aprēķinu gaita:



**6.12** (8.0 pt)

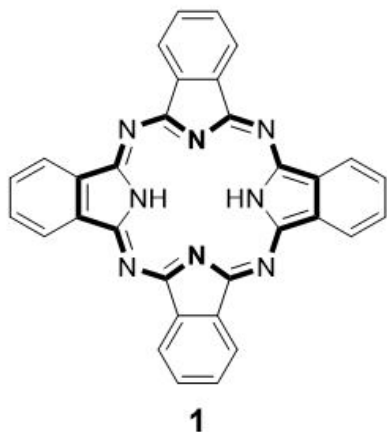
	izdevīga	neizdevīga
298 K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8930 K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9005 K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9100 K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**6.13** (6.0 pt)

Aprēķinu gaita:



## Ftalocianīns

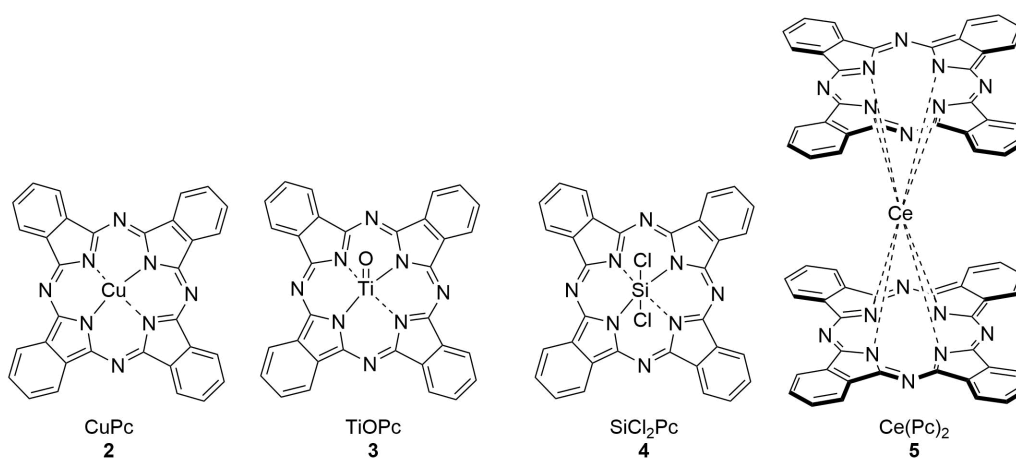


*Emeritus Professor Özer  
Bekaroğlu*

Termins ftalocianīns (Pc) ir cēlies no grieķu vārdiem "naphtha", kas nozīmē - akmeņu eļļa, un "cyanine", kas nozīmē - tumši zils. Turku zinātnieks Özer Bekaroğlu var tikt uzskatīts par Pc ķīmijas aizsācēju Turcijā.

Bezmetāla ftalocianīns (**1**, H<sub>2</sub>Pc) ir liels planārs makrocikliskais savienojums ar formulu (C<sub>8</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>)<sub>4</sub>H<sub>2</sub>.

**7.1** Cik  $\pi$ -elektronu ir izceltajā reģionā H<sub>2</sub>Pc molekulai **1**. savienojumā, kurš norādīts 4.0pt augstāk?





Pcs, kuri satur vienu vai divus metāla jonus, tiek saukti par metallo-ftalocianīniem (MPcs) un tiem ir dažādas ģeometrijas, kā norādīts augšējā attēlā.

**7.2** **Aizpildiet** tabulu jūsu atbilžu lapā, nosakot koordinācijas skaitļus centrālajiem joniem **2.-5.** savienojumam. 8.0pt

**7.3** **Aizpildiet** tabulu jūsu atbilžu lapā, nosakot oksidācijas pakāpi katram metālam (Cu, Ti, un Ce) **2., 3., un 5.** savienojumā. 6.0pt

**7.4** **Aizpildiet** tabulu jūsu atbilžu lapā, nosakot ģeometriju **2.-5.** savienojumam. 8.0pt

**7.5** **Aizpildiet** tabulu jūsu atbilžu lapā, nosakot magnētiskās īpašības **2.-5.** savienojumam. 8.0pt

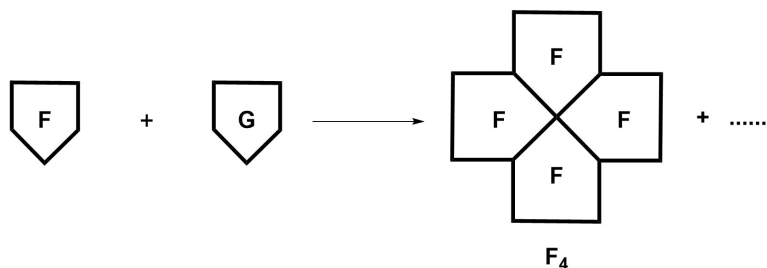
- Izmantojiet burtu "**p**" paramagnētiskām īpašībām un burtu "**d**" diamagnētiskām īpašībām.

**7.6** **Uzrakstiet** pamatstāvokļa elektronu konfigurāciju silīcija (Si) jonam **4.** savienojumā, un **nosakiet** visus kvantu skaitļus 2p elektroniem pamatstāvoklī. 14.0pt

Bezmetāla ftalocianīns (**1**, H<sub>2</sub>Pc) visbiežāk tiek veidots ftalonitrilu ciklotetramerizācijā. Turpretī, Pcs ar dažādiem aizvietotājiem ir asimetriski, un tiek veidoti ar statistisku ciklizāciju no diviem dažādiem ftalonitriliem. Šajā metodē nav selektivitātes, tādējādi produkts rodas kā vairāku iespējamo izomēru maisījums.

**7.7** **Uzzīmējiet** iespējamus produktus, kas var rasties statistiskās ciklizācijas metodē, izmantojot **F** un **G**. Ja veidojas stereoizomēri, nosauciet tos ar *cis*- vai *trans*-. 19.0pt

- F** un **G** apzīmē divus dažādus simetriskus ftalonitrilus.
- Viens no iespējamiem produktiem **F<sub>4</sub>** ir norādīts zemāk.
- Uzzīmējiet citus produktus līdzīgā stilā, kā dots **F<sub>4</sub>**.



Pcs var tikt izmantoti kā fotosensibilizatori (photosensitizer) fotodinamiskajā pretvēža terapijā (PDT), to stiprās absorbcijas un augsta molārā absorbcijas koeficienta dēļ. PDT veido trīs nepieciešami elementi: **fotosensibilizators**, gaisma, un skābeklis. Neviens no šiem elementiem individuāli nav toksisks, bet kopā tie iniciē fotoķīmisko reakciju, kas veido citotoksisko singleta skābekli (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>) kurš var iznīcināt vēža



šūnas.

(multiplicitāte)  $^1\text{O}_2$

- Enerģijas līmeņu multiplicitāte ir definēta kā  $2S+1$
- Ja divi spini ir paralēli ( $\uparrow\uparrow$ ),  $S = 1$ , bet ja divi spini ir anti-paralēli ( $\uparrow\downarrow$ ),  $S = 0$ .

**7.8** **Uzzīmējiet** molekulāro orbitāļu (MO) diagrammu zemākās enerģijas singleta diskābeklim ( $^1\text{O}_2$ ) un aprēķiniet saites kārtu.  
• Šajā stāvoklī nav nesapārotu elektronu! 12.0pt

**7.9** Zinot, ka viļņa garums, kas nepieciešams, lai ierosinātu tripleta skābekli par singleta skābekli ir 1270 nm, **aprēķiniet** enerģiju (izteiktu kJ uz molu), kas nepieciešama šim procesam. 6.0pt



## Ftalocianīns

7.1 (4.0 pt)

$\pi$ -elektronu skaits  $H_2Pc$ :

7.2 (8.0 pt)

Centrālais jons	Vara jons	Titāna jons	Silīcija jons	Cērija jons
Koordinācijas skaitlis				

7.3 (6.0 pt)

Metāls savienojumā	2	3	5
Oksidācijas pakāpe			

7.4 (8.0 pt)

Ģeometrija	Savienojums
Oktaedrs	
Regulāra četrstūra prizma	
Regulāra četrstūra piramīda	
Regulārs četrstūris	







7.7 (19.0 pt)

Produkti:



# A7-4

Latvian (Latvia)

**7.8** (12.0 pt)

MO diagramma:

Saites kārta:

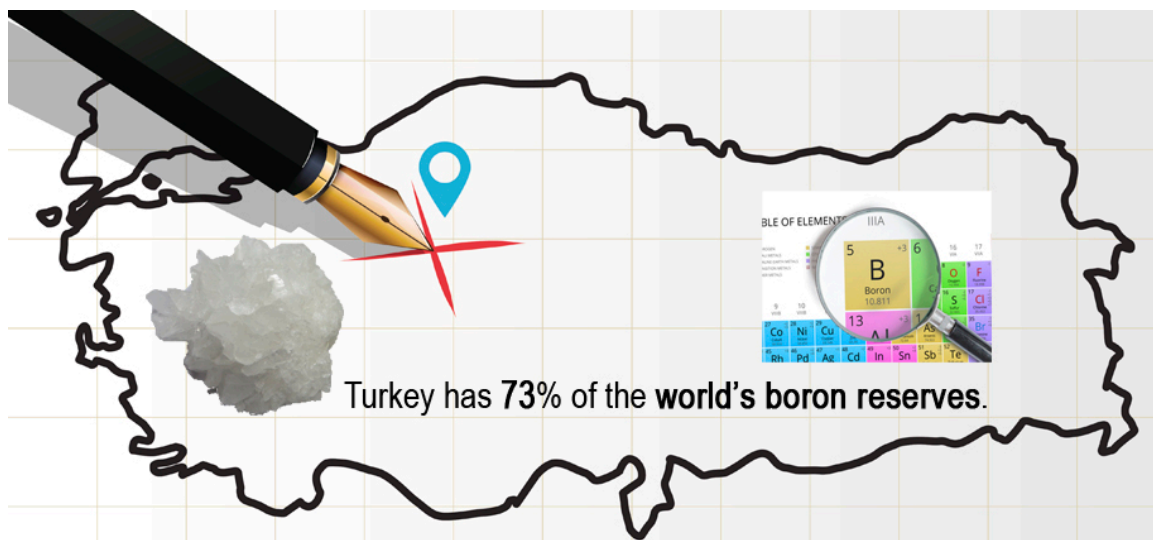
**7.9** (6.0 pt)

Aprēķinu gaita:

Energija = ..... kJ/mol



## Bora savienojumi un ūdeņraža uzglabāšana



Nātrija borhidrīds ( $\text{NaBH}_4$ ) un amonija borāns ( $\text{BNH}_6$ ) ir biežāk pētītie ūdeņraža uzglabāšanas materiāli. Šajā jautājumā tiks apskatīta bora ķīmija un bora savienojumu pielietojums ūdeņraža uzglabāšanas materiālam.

Boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) ir bora minerāls, ko Turcijā iegūst kalnrūpniecības uzņēmums ETI.  $\text{NaBH}_4$  tiek iegūts no bezūdens boraka, reducējot to ar metālisku nātriju, ūdeņraža atmosfērā silīcija dioksīda klātienē pie  $700\text{ }^\circ\text{C}$  un augsta spiediena, šo procesu sauc par Bayer procesu. Šajā procesā viss ūdeņradis tiek noglabāts  $\text{NaBH}_4$ . Turpretī, amonija borānu ( $\text{BNH}_6$ ) var iegūt  $\text{NaBH}_4$  reakcijā ar amonija sulfātu sausā tetrahidrofurānā (THF) pie  $40\text{ }^\circ\text{C}$  (**Padoms:**  $\text{BNH}_6$  sintēze ir jāveic labi ventilētā velkmes skapī, jo kā viens no blakus produktiem izdalās viegli uzliesmojoša gāze).  $\text{NaBH}_4$  ir jonisks savienojums, bet amonija borāns ir Luisa skābes-bāzes adukts.

**8.1** **Uzrakstiet** vienādotu ķīmiskās reakcijas vienādojumu  $\text{NaBH}_4$  sintēzei no bezūdens boraka. 3.0pt

**8.2** **Uzrakstiet** vienādotu ķīmiskās reakcijas vienādojumu amonija borāna sintēzei no  $\text{NaBH}_4$ . 3.0pt

**8.3** **Uzzīmējiet** molekulāro ģeometriju  $\text{BH}_4^-$  jonam un  $\text{BNH}_6$  molekulai. 4.0pt

**8.4** **Izrēķiniet** ūdeņraža saturu  $\text{NaBH}_4$  un  $\text{BNH}_6$  izteiktu kā masas daļu (masas%). 4.0pt

Noglabātais ūdeņradis var tikt atbrīvots hidrolīzes reakcijā atbilstoša katalizatora klātbūtnē, istabas temperatūrā. Pēc hidrolīzes reakcijas tika atbrīvoti 4 un 3 moli  $\text{H}_2$  gāzes no, atbilstoši, 1 mola  $\text{NaBH}_4$  un  $\text{BNH}_6$ , papildus reakcijās rodas metaborāts - anjons, kurš satur B-O saites.



**8.5** **Uzrakstiet** vienādotus ķīmisko reakcijas vienādojumus  $\text{NaBH}_4$  and  $\text{BNH}_6$  hidrolīzēm. 4.0pt

Viens no vienkāršākajiem stabilajiem borātiem ir dibora trioksīds ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ). Augstākas kārtas borāti, piemēram,  $\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$  veido cikliskas struktūras ar B-O saitēm. Tā kā  $\text{B}_2\text{O}_3$  ir skābs savienojums, tas viegli reaģē ar ūdeni, veidojot borskābi ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ). Turpretī, augstās temperatūrās pie liela spiediena  $\text{B}_2\text{O}_3$  reakcijā ar amonjaku veidojas divdimensionāls bora nitrīds, kas sastāv no grafitam līdzīgām plāksnēm, kur B un N atomi ir izvietoti pamīšus.

**8.6** **Uzrakstiet** vienādotus ķīmisko reakciju vienādojumus borskābes un bora nitrīda sintēzei. 4.0pt

**8.7** **Uzzīmējiet** molekulārās struktūras  $\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$  jonam, borskābei, un vienai divdimensionālai bora nitrīda plāksnei. **Padoms:** uzrādiet vismaz 10 B atomus bora nitrīda struktūrā. 6.0pt

B-H savienojumi, borāni, ir svarīga bora savienojumu klase. Vienkāršākais stabils borāns ir diborāns ( $\text{B}_2\text{H}_6$ ), un daudzi augstākas kārtas borāni var tikt iegūti diborāna pirolīzes rezultātā. Diborānu var iegūt metatēzes reakcijā starp bora halīdu un hidrīda avotu.

**8.8** **Uzrakstiet** vienādotu ķīmiskās reakcijas vienādojumu diborāna sintēzei no  $\text{BF}_3$  un  $\text{LiBH}_4$ . **Padoms:** abi reakcijas produkti ir bora savienojumi 3.0pt

**8.9** **Uzzīmējiet** diborāna molekulāro ģeometriju. **Padoms:** molekulā nav B-B saites 2.0pt

$\text{BH}_3$  (borāns) ir nestabila un reaģētspējīga molekula. Tādējādi, to nav iespējams izolēt kā  $\text{BH}_3$  parastos apstākļos. Tomēr to var stabilizēt, izmantojot tā reakciju ar oglekļa monoksīdu, kā rezultātā rodas borāna karbonils ( $\text{BH}_3\text{CO}$ ) - savienojums, kurš ir borāna adukts.  $\text{BH}_3\text{CO}$  iegūšana ir nozīmīga borānu ķīmijas izpētei, jo šis savienojums ļauj spriest par borāna molekulas iespējamību.

**8.10** **Uzzīmējiet** Luisa struktūru  $\text{BH}_3\text{CO}$  molekulai, uzrādot formālos lādiņus. 3.0pt

**8.11** Kurš no atbilžu lapā dotajiem teikumiem vislabāk apraksta notiekošo C-O saitē, veidojoties saitei starp  $\text{BH}_3$  un  $\text{CO}$ ? **Atzīmējiet** pareizo kastīti. 2.0pt

Borazīns sastāv no vienkārši un divkārši saistītām cikliskām B-N vienībām, ar ūdeņražiem pie katra atoma, tā molekulārā formula ir  $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$  un tas ir izostrukturāls ar benzolu. Borazīns ir iegūstams divu soļu sintēzē - sintezējot simetriski trīsaizvietotu borazīna hlora atvasinājumu ( $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$ ), reakcijā starp amonija hlorīdu un bora trihlorīdu, un pēc tam reducējot  $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_3\text{Cl}_3$  ar  $\text{LiBH}_4$ , izmantojot THF kā šķīdinātāju.



**8.12** **Uzrakstiet** vienādotus ķīmisko reakciju vienādojumus aprakstītajam divu soļu borazīna sintēzes procesam, sākot no amonija hlorīda THF (tetrahidrofurāna) šķīdumā. **Padoms:** THF stabilizē vienu no produktiem, veidojot Luisa skābes-bāzes aduktu. 4.0pt

**8.13** **Uzzīmējiet** borazīna un tā simetriskā trīsaizvietotā hlora atvasinājuma molekulu lāro struktūru. 4.0pt

Katalizatori ir vielas, kas paātrina reakciju norises ātrumu, atļaujot reakcijai notikt pa zemākas enerģijas trajektoriju. Katalītisko aktivitāti paraksti raksturo katalizatora produktivitāte (turnover frequency - TOF), kuru rēķina, izdalot produkta daudzumu molos uz katalizatora daudzumu molos un laiku ( $\text{TOF} = \text{produkta daudzums} / (\text{katalizatora daudzums} \times \text{laiks})$ ). Tika veikta  $\text{BNH}_6$  hidrolīze 10.0 mL ūdens, izmantojot 100.0 mM  $\text{BNH}_6$  un 5.0 mg CuPt/C katalizatora (CuPt sakausējuma nanodaļiņas uz ogle ar 8.2 masas% Pt atomu). 5 minūtēs izdalījās 67.25 mL ūdeņraža.

**8.14** Pieņemot, ka reakcija veikta standartapstākļos (1 atm un 273.15 K), **izrēķiniet** TOF ( $\text{min}^{-1}$ ) CuPt/C katalizatoram, **ņemot vērā tikai Pt atomus**,  $\text{BNH}_6$  hidrolīzē, izmantojot izdalītā ūdeņraža tilpumu. 4.0pt

Ar detalizētām kristalogrāfiskajām analīzēm sintezētajām  $\text{Cu}_x\text{Pt}_y$  sakausējuma nanodaļiņām ( $x$  un  $y$  norāda molārās atomu daļas sakausējumā) tika noteikts, ka tās ir bāzētas uz Pt atomu veidotu malās centrētu kubisku (fcc) režģi, bet Pt atomi, kas atrodas režģa malās, ir aizvietoti ar Cu atomiem, veidojot  $\text{Cu}_x\text{Pt}_y$  aizvietota sakausējuma nanodaļiņas. Izmantojot doto informāciju, atbildiet uz jautājumiem.

**8.15** **Nosakiet** sakausējuma nanodaļiņu sastāvu, atrodot  $x$  un  $y$   $\text{Cu}_x\text{Pt}_y$  sastāvā. 2.0pt

**8.16** **Uzzīmējiet** kristāla elementāršūnu  $\text{Cu}_x\text{Pt}_y$  sakausējuma nanodaļiņām, parādot atomus elementāršūnā. 2.0pt

**8.17** Citam sakausējumam ir  $\text{Cu}_2\text{Pt}_1$  saturs. Pieņemiet, ka arī šim sakausējumam ir malās centrēta kubiska (fcc) elementāršūna ar malas garumu 380 pm, taču Cu un Pt atomi ir izvietoti nejauši. **Isrēķiniet** sakausējuma blīvumu izteiktu  $\text{g/cm}^3$ . 4.0pt



## Bora savienojumi un ūdeņraža uzglabāšana

**8.1** (3.0 pt)

**8.2** (3.0 pt)

**8.3** (4.0 pt)

**8.4** (4.0 pt)



8.5 (4.0 pt)

8.6 (4.0 pt)

8.7 (6.0 pt)

$B_3O_6^{3-}$	Borskābe	Bora nitrīds



**8.8** (3.0 pt)

**8.9** (2.0 pt)

**8.10** (3.0 pt)





8.11 (2.0 pt)

- Tā kļūst garāka, jo notiek  $\pi$ -atpakaļdonēšana no  $\text{BH}_3$  uz  $\text{CO}$ .
- Tā kļūst garāka, jo  $\text{CO}$  donē  $\pi$ -saistošos elektronus uz  $\text{BH}_3$ .
- Nav vai neliela izmaiņa, jo  $\text{CO}$  donē lielākoties nesaistošos elektronus uz  $\text{BH}_3$ .
- Tā kļūst īsāka, jo  $\text{CO}$  donē  $\pi^*$  irdinošos elektronus uz  $\text{BH}_3$ .

8.12 (4.0 pt)

8.13 (4.0 pt)

8.14 (4.0 pt)



**8.15** (2.0 pt)

**8.16** (2.0 pt)

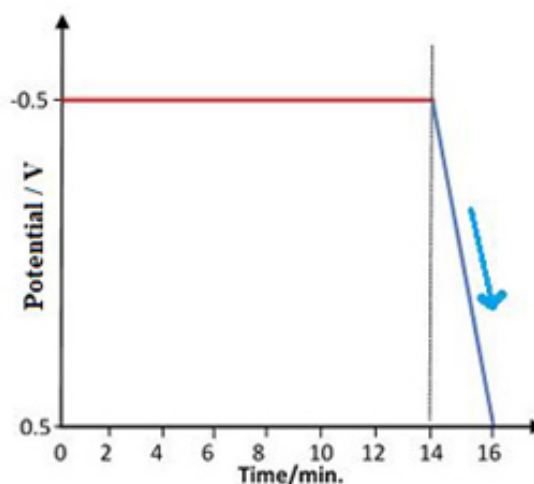
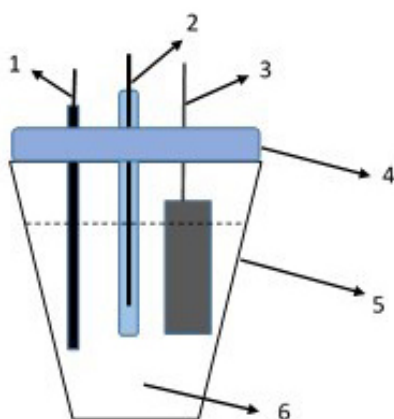
**8.17** (4.0 pt)



## Smago metālu jonu daudzuma noteikšana

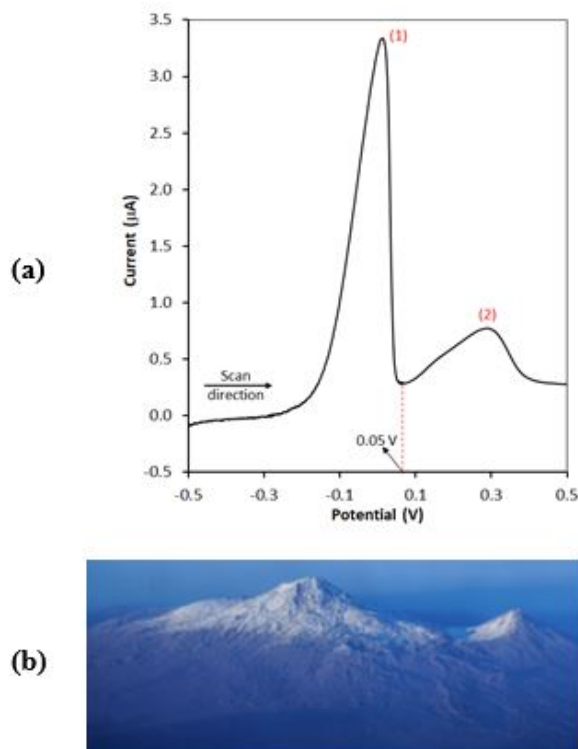
Lai noteiktu smago metālu jonu daudzumu rūpnīcas notekūdeņu baseinā, analītiķis veica sekojošus soļus (pie 298K):

- 1. solis)** No piecām dažādām vietām, notekūdeņu baseinā, tika savākti 10-mL paraugi un sajaukti kopā 100-mL vārglāzē, pēc tam iegūtais paraugs tika maisīts ar magnētisko maisītāju 5 minūtes.
- 2. solis)** No 100-mL vārglāzes tika paņemti 10-mL šķīduma, kam, maisot ar magnētisko maisītāju, tika pievienots 142 mg  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , kas pēc tam tika pārņemts uz trīs elektrodu elektroķīmisko šūnu norādītu 1.a attēlā. Elektroķīmiskā šūna satur Pt stieplīti, Ag/AgCl (3 M KCl), un Pt plāksnīti, kas respektīvi darbojas kā darba, atskaites un palīgelektrodi (counter electrode).
- 3. solis)** Šie elektrodi tika pievienoti potenciostatam un nemainīgs potenciāls  $-0.50$  V salīdzinot ar Ag/AgCl tika pielikts 14 minūtes, kā norādīts 1.b attēlā (horizontālā līnija). Pieņemam, ka 14 minūtes ir pietiekami ilgs laiks, lai pilnībā notiktu sagaidāmās elektroķīmiskās reakcijas.



- 1. attēls. a)** Elektroķīmiskās šūnas shēma; 1) Darba elektrods (Pt stieplīte), 2) atskaites elektrods (Ag/AgCl, 3M KCl), 3) palīgelektrods (Pt plāksnīte), 4) šūnas vāks, 5) elektroķīmiskā šūna, 6) 10-mL ņemtā parauga. **b)** Darba elektroda potenciāla izmaiņa kā funkcija no laika. y-ass: potenciāls/V salīdzinot ar Ag/AgCl, x-ass: laiks/min.

- 4. solis)** Elektrodi tika noskaloti ar destilētu ūdeni un ievietoti citā elektroķīmiskajā šūnā, kas saturēja 1-mL 0.1M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  šķīduma, un potenciāls tika skenēts starp  $-0.50$  līdz  $+0.50$  V kā parādīts 1.b attēlā (lejupejošā līnija, kas turpinās 2 minūtes). Elektriskās strāvas atkarība no potenciāla ir attēlota 2.a attēlā, kas atgādina lielisko skatu uz Ararata kalniem (*Ağrı Dağı*), lielākajiem kalniem Turcijā (2.b attēls).

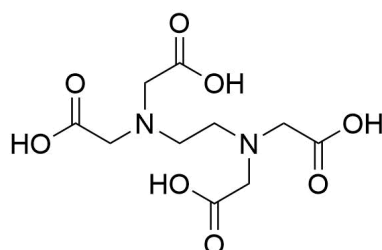


**2. attēls.** a) Darba elektroda potenciāla skenēšana kā funkcija no elektriskās strāvas 0.1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  šķīdumā pēc konstantās -0.5V potenciāla pievienošanas 10-mL parauga, kā norādīts 1.b attēlā (horizontālā līnija). y-ass: elektriskā strāva/ $\mu\text{A}$ , x-ass: potenciāls/V vs Ag/AgCl, b) Skats uz Lielā un Mazā Ararata virsotnēm.

**5. solis)** Tika paņemts jauns 10-mL paraugs, un sagatavots, kā aprakstīts 1. solī. Pēc tam jauno paraugu apstrādāja kā aprakstīts 2. un 3. solī. Elektrodi tika noskaloti ar destilētu ūdeni un turēti pie konstanta +0.05V sprieguma 14 minūtes. Pieņemam, ka 14 minūtes ir pietiekami ilgs laiks, lai pilnībā notiktu sagaidāmās elektroķīmiskās reakcijas.

**6. solis)** Pēc 5. soļa elektroķīmiskās šūnas šķīdums tika ievietots krāsnī un iztvaicēts 150 °C temperatūrā līdz sausiai cietvielai.

**7. solis)** 6. solī iegūtajai cietvielai tika pievienoti 5-mL etilēndiamīntetraetiķskābes (EDTA,  $\text{H}_4\text{Y}$ ) (3. attēls) un sakratīts līdz viela pilnībā izšķīda. Ir zināms, ka 1-mL EDTA šķīduma atbilst 3.85 mg/mL  $\text{BaCO}_3$ . Iegūtā šķīduma pH tika izmainīts līdz 10.0. Pāri palikušais EDTA tika titrēts ar standartizētu 0.0010 M  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  šķīdumu - tika novērots, ka līdz titrēšanas beigu punktam tika patērēti 95.60 mL  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  šķīduma.



**3. attēls.** EDTA ķīmiskā struktūra ( $\text{H}_4\text{Y}$ ).



- Ar  $\text{H}_2\text{S}$  piesātinātam ūdenim, līdzsvara koncentrācija  $[\text{H}_2\text{S}]$  ir 0.1 M.
- $K_{sp}(\text{NiS}) = 4.0 \times 10^{-20}$ ;  $K_{sp}(\text{CuS}) = 1.0 \times 10^{-36}$
- $K_{a1}(\text{H}_2\text{S}) = 9.6 \times 10^{-8}$ ;  $K_{a2}(\text{H}_2\text{S}) = 1.3 \times 10^{-14}$

Reakcija	$E^\circ / \text{V}$ (pie 298 K)
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0.83
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.24
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0.34
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+0.80
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1.23

**9.1** Kas no dotā var tikt attiecināts uz 1. pīķi un uz 2. pīķi 2.a Figūrā? **Atzīmējiet** 5.0pt  
pareizo kastīti atbilžu lapā.

**9.2** Kurš no dotajiem apgalvojumiem tiek gaidīts, ja tiek pielietots -1.2V potenciāls, -0.5V potenciāla vietā 1. reģionā (horizontālā līnija) 1.b attēlā? **Atzīmējiet** 5.0pt  
pareizo kastīti atbilžu lapā.

**9.3** **Izrēķiniet** skenēšanas ātrumu 2.a attēlā norādītajiem datiem izteiktu mV/s pie 298 K. 8.0pt

Dotā galvaniskā elementa potenciāls ir 0.437 V.

$\text{Pt}, \text{H}_2 (0.92 \text{ bar}) | \text{HCl} (1.50 \times 10^{-2} \text{ M}), \text{AgCl}(\text{sat}) | \text{Ag}$

**9.4** **Izrēķiniet** elektroda standartpotenciāla vērtību (izteiktu V) pusreakcijai 16.0pt  
 $\text{AgCl}(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$  at 298 K.  
*Norāde:* Parādiet visu aprēķinu gaitu.

**9.5** Kuri no dotajiem teikumiem apraksta 5. soļa mērķi šajā analizē? **Atzīmējiet** 5.0pt  
pareizo kastīti atbilžu lapā.

**9.6** Atbilžu lapā **uzrakstiet** kopējos jonu vienādojumus kompleksācijai un attitrēšanas reakcijai, kas dota 7. solī. 6.0pt

**9.7** **Izrēķiniet**  $\text{Ni}^{2+}$  koncentrāciju izteiktu mg/L rūpnīcas notekūdeņos. *Norāde:* Parādiet visu aprēķinu gaitu. 25.0pt



Q9-4

Latvian (Latvia)

- 9.8** **Izrēķiniet** minimālo pH vērtību, no kuras sākas  $\text{Ni}^{2+}$  jonu izgulsnēšanās 5. solī iegūtajā šķīdumā, ja cauri šķīdumam laižam  $\text{H}_2\text{S}$  gāzi līdz piesātināšanai. Gadījumā, ja neizdevās atrisināt **9.7**, šajā uzdevumā izmantojiet, ka paraugs satur  $20 \text{ mg/L Ni}^{2+}$ . *Norāde:* Parādiet visu aprēķinu gaitu. 30.0pt



## Smago metālu jonu daudzuma noteikšana

9.1 (5.0 pt)

- 1. pīķis: Ni elektroķīmiskā reducēšana / 2. pīķis: Cu elektroķīmiskā reducēšana
- 1. pīķis: Cu elektroķīmiskā reducēšana / 2. pīķis: Ni elektroķīmiskā reducēšana
- 1. pīķis: Ni elektroķīmiskā reducēšana / 2. pīķis: Cu elektroķīmiskā oksidēšana
- 1. pīķis: Ni elektroķīmiskā oksidēšana / 2. pīķis: Cu elektroķīmiskā oksidēšana
- 1. pīķis: Cu elektroķīmiskā oksidēšana / 2. pīķis: Ni elektroķīmiskā oksidēšana

9.2 (5.0 pt)

- NO izdalīšanās
- NO<sub>2</sub> izdalīšanās
- Slāpekļa izdalīšanās
- Skābekļa izdalīšanās
- Ūdeņraža izdalīšanās

9.3 (8.0 pt)

Aprēķinu gaita:

Skenēšanas ātrums = ..... mV/s



**9.4** (16.0 pt)

Aprēķinu gaita:

Elektroda standartpotenciāls = ..... V

**9.5** (5.0 pt)

- Pt stieplītes apklāšana ar Ni-Cu slāni
- Pt stieplītes apklāšana ar Ni slāni
- Cu un Ni elektroķīmiskā noņemšana no Cu-Ni-apklātās Pt stieplītes
- Cu elektroķīmiskā noņemšana no Cu-Ni-apklātās Pt stieplītes
- Ni elektroķīmiskā noņemšana no Cu-Ni-apklātās Pt stieplītes

**9.6** (6.0 pt)

Kompleksēšana:

Attitrēšana:





9.7 (25.0 pt)

Aprēķinu gaita:

Ni<sup>2+</sup> koncentrācija: ..... mg/L:



**9.8** (30.0 pt)

Aprēķinu gaita:

Minimālā pH vērtība: .....