

Eiropas Sociālā fonda Plus projekts Nr. 4.2.2.3/1/24/I/001 "Pedagogu profesionālā atbalsta sistēmas izveide"

Kods: _____

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.

KĪMIJAS 66. OLIMPIĀDES VALSTS POSMA 12. KLASES UZDEVUMI

1. uzdevums

1 = 1 ?

11 punkti

Sadedzinot 1,000 g kāda ogļūdeņraža **A** izdalījās 1,720 L (n.a.) ogļskābās gāzes un radās 0,692 g ūdens. 1,000 g **A** reaģē ar bromu attiecībā 1:1, šīs reakcijas pilnīgai īstenošanai nepieciešams pievienot 39,34 mL bromūdens (blīvums 1,30 g/mL), kurā broma masas daļa ir 3,00 %.

1. Nosaki **A** empīrisko formulu, molekulformulu, kā arī uzraksti tā struktūrformulu! (3p)

Aprēķinam vielas empīrisko formulu:

$$n(C) = n(CO_2) = \frac{V}{V_0} = \frac{1,720}{22,4} = 0,0768 \text{ mol}$$

$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 \frac{0,692}{18,0} = 0,0768 \text{ mol}$$

Tātad vielas empīriskā formula ir **CH**. Tā kā viela reaģē ar 1 ekvivalentu bromu, varam aprēķināt vielas daudzumu, kas būs vienāds ar patērētā bromu daudzumu:

$$m_{\text{bromūd}} = d \cdot V_{\text{bromūd}} = 1,30 \cdot 39,34 = 51,14 \text{ g}$$

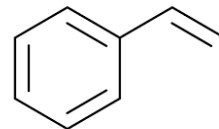
$$m_{Br_2} = w_{Br_2} \cdot m_{\text{bromūd}} = 0,0300 \cdot 51,14 = 1,534 \text{ g}$$

$$n(A) = n_{Br_2} = \frac{m_{Br_2}}{M_{Br_2}} = \frac{1,534}{159,8} = 0,00960 \text{ mol}$$

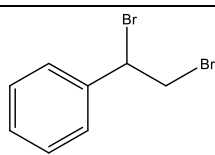
Tātad var aprēķināt, cik daudz C un H atomu ir 1 molekulā A:

$$\frac{n(C)}{n(A)} = \frac{n(H)}{n(A)} = \frac{0,0768}{0,00960} = 8$$

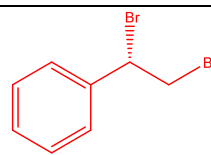
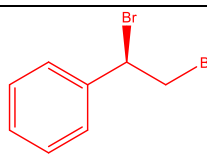
Tātad **A** molekulformula ir **C₈H₈**. No reakcijas 1 ekvivalentu Br₂ zināms, ka tas satur vienu alkēna dubultsaiti. Tik maza H:C attiecība parasti iespējama tikai ja savienojums satur benzola gredzenu, līdz ar ko tā struktūra ir šāda:



2. Uzraksti produktu **A** reakcijai ar bromūdeni. ~~Cik izomēri rodas šajā reakcijā? Uzskatāmi attēlo to struktūrformulas! (anulēts)~~ Pieņem, ka blakusreakcijas ar ūdeni nenotiek! (1p)



Anulēts: Rodas divi izomēri: R un S enantiomēri:



Atbalstītāji:

Grindex



LATVIJAS VALSTS
KOKSĒS KĪMIJAS
INSTITŪTS

kinetics



Latvijas Organiskās
sintēzes institūts



Olpha

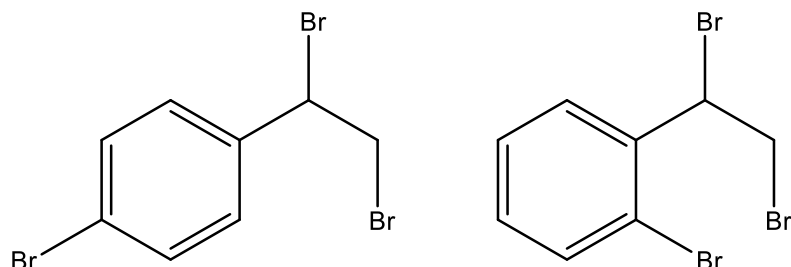
Atbilstoša katalizatora klātienē **A** reaģē ar vairākiem ekvivalentiem broma.

3. Uzraksti struktūru vielai, kura veidojas **A** reakcijā ar bromu atbilstoša katalizatora klātienē, un norādi tam piemērotu katalizatoru! (1,5p)

Der jebkurš *orto* vai *para* aizvietošanās produkts benzola gredzenā, piemēram, dotie.

Tā kā Br₂ pievienošana pie dubultsaites notiek vieglāk, tad šī reakcija arī būs notikusi.

Katalizators ir **FeBr₃**.

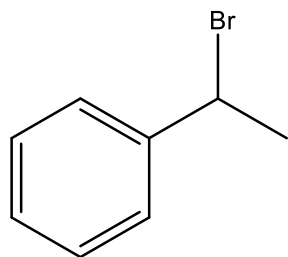


–0,5 punkti, ja broms pievienojies *meta* vietā.

A reaģē arī ar bromūdeņradi HBr.

4. Uzraksti reakcijas produktu **A** reakcijai ar bromūdeņradi HBr. (1p)

Reakcija ar bromūdeņradi notiek pie dubultsaites saskaņā ar Markovņikova likumu.



Arī sadedzinot 1,000 g **A** maisījumu ar citu ogļūdeņradi **B** izdalījās 1,720 L (n.a.) ogļskābās gāzes un radās 0,692 g ūdens. **B** ir stabils plaši izmantots savienojums, kura molmasa ir mazāka par **A** molmasu. Arī **B** reaģē ar bromūdeni. 1,000 g **A** un **B** maisījuma reakcija ar bromu bez katalizatora norit pilnībā, kad pievienoti 121,9 mL bromūdens (blīvums 1,30 g/mL), kurā broma masas daļa ir 3,00 %.

5. Nosaki **B** molekulformulu! Uzraksti reakcijas produktu **B** reakcijai ar bromu. (2,5p)

Dotā informācija norāda, ka arī **B** empīriskā formula ir **CH**. Vienīgais savienojums, kas atbilst aprakstam ir **acetilēns C₂H₂** (ciklobutadiēns C₄H₄ nav stabils, benzols C₆H₆ nereaģē ar bromūdeni, formulas C₃H₃, C₅H₅ un C₇H₇ atbilst joniem vai nestabilām molekulām ar nesapārotu elektronu). B reakcijā ar bromu veidojas Br₂CHCHBr₂.

6. Nosaki **A** masas daļu šajā maisījumā! (2p)

Ir zināma kopējā maisījuma masa, kā arī kopējais reakcijā patērētais broma daudzums. Jāņem vērā, ka acetilēns reaģē ar 2 ekvivalentiem broma.

$$\begin{aligned}m_{\text{bromūd}} &= d \cdot V_{\text{bromūd}} = 1,30 \cdot 121,9 = 158,47 \text{ g} \\m_{\text{Br}_2} &= w_{\text{Br}_2} \cdot m_{\text{bromūd}} = 0,0300 \cdot 158,47 = 4,754 \text{ g} \\n_{\text{Br}_2} &= \frac{m_{\text{Br}_2}}{M_{\text{Br}_2}} = \frac{4,754}{159,8} = 0,02975 \text{ mol}\end{aligned}$$

Kods: _____

$$\begin{aligned} &\begin{cases} n_A M_A + n_B M_B = 1,000 \\ n_A + 2n_B = 0,02975 \end{cases} \\ &\begin{cases} 104 n_A + 26 n_B = 1,000 \\ n_A = 0,02975 - 2n_B \end{cases} \\ &104 (0,02975 - 2n_B) + 26 n_B = 1,000 \\ &3,094 - 208 n_B + 26 n_B = 1,000 \\ &n_B = \frac{2,094}{182} = 0,0115 \text{ mol} \\ &m_B = n_B M_B = 0,0115 \cdot 26 = 0,299 \text{ g} \\ &m_A = 1,000 - m_B = 0,701 \text{ g} \end{aligned}$$

Tātad A masas daļa ir **70,1%**.

2. uzdevums

OO? – OOO!

14 punkti

Ozons ir gaiši zila gāze ar ļoti raksturīgu smaržu. Tas ir radniecisks skābeklim (O_2). Dabā ozons ir sastopams zemes atmosfērā, kur tas UV starojuma un elektrisko izlāžu rezultātā veidojas no skābekļa. Ozonam piemīt spēcīgas oksidētāja īpašības, kas vienlaicīgi padara to ļoti noderīgu gan rūpniecībā, gan sintēzē, un bīstamu.

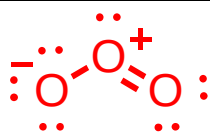
1. Kāda radniecība ir skābeklim (O_2) un ozonam?

(0,5p)

Ozons ir skābekļa alotropā forma.

2. Uzzīmē ozona Luisa formulu (neaizmirsti norādīt arī visus nedalītos elektronu pārus)!

(1,5p)



Laboratorijas apstākļos ozona iegūšanai izmanto ozona ģeneratoru, kas, izmantojot elektrisko izlādi, ļauj iegūt to no skābekļa. Ķīmiķis Ansis vēlējās sintēzē izmantot ozonu. Lai pārbaudītu, ka ozons tiek iegūts, viņš ģeneratorā iegūto gāzi izlaida caur kālija jodīdu un cieti saturošu šķīdumu, un novēroja tumši zilu krāsojumu. Pēc reakcijas nosakot šķīduma vidi ar pH indikatora papīri, viņš novēroja, ka tas iekrāsojās zilā tonī.

3. Uzraksti notikušās reakcijas vienādojumu, un izskaidro Anša novērojumus!

(2p)

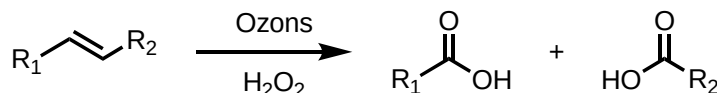


Zils krāsojums – veidojas I_2 , kas ar cieti veido zilās krāsas kompleksu.

pH papīrīts iekrāsojās zils – šķīdumam bāziska vide, kas nozīmē, ka veidojas bāze.

1 punkts par reakciju, 0,5 punkti par katra novērojuma skaidrojumu.

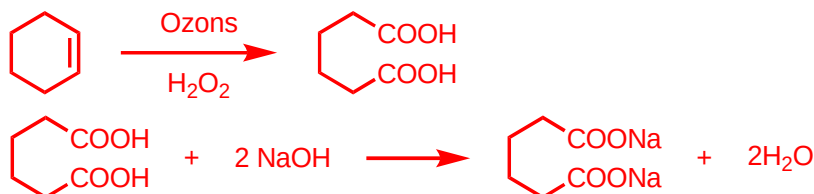
Alkēni reaģēt ar ozonu, veidojot karbonskābes. Izmanto doto vispārīgo reakcijas shēmu un atbildi uz tālākajiem jautājumiem.



Pirmo eksperimentu Ansis veica ar cikloheksēnu. Caur cikloheksēnu saturošu šķīdumu viņš burbuļoja ozonu saturošo gāzu maisījumu, pēc tam šķīdumu apstrādājis ar ūdeņraža peroksīdu. Pēc reakcijas iegūtās skābes daudzumu Ansis noteica titrējot. Vidējais trīs atkārtojumos patērētais 0,150 M NaOH šķīduma tilpums bija 22,6 mL.

4. Aprēķini, cik gramu cikloheksēna tika pārvērsti par karbonskābi! Uzzīmē iegūtās karbonskābes struktūrformulu un nosauc to atbilstoši IUPAC nomenklatūrai! (3p)

Uzraksta notiekošo reakciju vienādojumus:



Aprēķina NaOH daudzumu:

$$n_{\text{NaOH}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} = 0.15 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 22.6 \cdot 10^{-3} \text{L} = 0.00339 \text{ mol}$$

Pēc uzrakstītā vienādojuma zinām, ka 1 mols heksāndiskābes reaģē ar diviem molliem NaOH.

Aprēķina heksāndiskābes daudzumu:

$$n_{\text{skābe}} = \frac{1}{2} \cdot n_{\text{NaOH}} = \frac{1}{2} \cdot 0.00339 \text{ mol} = 0.00170 \text{ mol}$$

No daudzuma var aprēķināt masu

$$m_{\text{skābe}} = n_{\text{skābe}} \cdot M_{\text{skābe}} = 0.00170 \text{ mol} \cdot 146 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0.248 \text{ g}$$

Skābes IUPAC nosaukums – heksāndiskābe

0,5 punkti par katru reakciju; 0,5 par katru aprēķina darbību, 0,25 par IUPAC nosaukumu un 0,25 par struktūrformulu.

Tālāk Ansis vēlējās izmantot ozonu, lai noteiktu nezināmas polinepiesātinātas karbonskābes formulu. Ansis ņēma 0,100 molu šīs karbonskābes un veica tās reakciju ar ozonu un ūdeņraža peroksīdu. Kad visa skābe bija izreaģējusi Ansis bija ieguvis karbonskābju maisījumu. Lai neitralizētu šo skābju maisījumu viņš patērēja 0,700 molus KOH.

5. Cik karbonskābes grupas saturēja visi reakcijas produkti kopā? (1p)

Lai neitralizētu vienu karbonskābes grupu ir nepieciešama viena molekula KOH. Sākotnēji bija tikai 0,1 mol karbonskābes grupas un to neitralizēšanai vajadzētu 0,1 mol, bet pēc reakcijas patērēja 0,7 mol, kas ir 7 reizes vairāk. Tātad karbonskābes grupas bija palikušas 7 reizes vairāk jeb produkti saturēja 7 karbonskābes grupas.

6. Nosaki, cik dubultsaites saturēja Anša analizētā polinepiesātinātā karbonskābe? (1p)

Zinām, ka no 7 karbonskābes grupām viena jau bija izejvielā, tāpēc ir veidojušās 6 karbonskābes grupas. Atbilstoši no vispārīgās shēmas no vienas dubultsaites veidojas 2 karbonskābes grupas. Tā kā mums ir veidojušās 6 šīs grupas, tad molekulā bija $6/2 = 3$ dubultsaites.

Ansis noskaidroja, ka iegūtais maisījums sastāv no 3 dažādām karbonskābēm. Veicot reakciju atkārtoti ar 2,025 g polinepiesātinātās skābes, viņš ieguva 0,515 g skābes **A**, 2,27 g skābes **B** un 0,890 g skābes **C**. Zināms, ka organiskā skābe **A** ir vienvērtīga un sadzīvē plaši izmantota, ar raksturīgu asu smaku. Savukārt, skābes **B** daudzums (moli) bija 2 reizes lielāks nekā **A** vai **C** daudzums. Iegūtās skābes **A** neitralizēšanai patērēja 4,01 g 12,0 % KOH šķīduma.

7. Nosaki kādas skābes **A**, **B** un **C** Ansis bija ieguvis! (4p)

Sākotnēji nosakām skābes **A** identitāti.

Kods: _____

Zināms, ka 0.515 g tās neutralizēšanai patērēja 4,01 g 12 % KOH šķīduma.

Aprēķina KOH masu:

$$m_{KOH} = w\%_{KOH} \cdot m_{KOH \text{ šķ.}} = \frac{12}{100} \cdot 4,01 = 0,4815 \text{ g}$$

No KOH masas aprēķina tā daudzumu:

$$n_{KOH} = \frac{m_{KOH}}{M_{KOH}} = \frac{0,4815 \text{ g}}{56 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,00858 \text{ mol}$$

Tā kā dots, ka skābe A ir vienvērtīga, tad tā ar KOH reaģēs attiecībā 1:1 un tās daudzums būs vienāds ar KOH.

Aprēķina skābes A molmasu:

$$M_{Skābe A} = \frac{m_{Skābe A}}{n_{Skābe A}} = \frac{0,515 \text{ g}}{0,00858 \text{ mol}} = 60 \text{ g/mol}$$

Balstoties uz iegūto molmasu un aprakstu nosaka ka skābe A ir etiķskābe.

Pēc apraksta secina, ka skābes A (etiķskābes) un skābes C daudzumi ir vienādi, bet skābes B divreiz lielāks.

Aprēķina skābju molekulmasas.

Skābe C:

$$M_{Skābe C} = \frac{m_{Skābe C}}{n_{Skābe C}} = \frac{m_{Skābe C}}{n_{Skābe A}} = \frac{0,89 \text{ g}}{0,00857 \text{ mol}} = 104 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Skābe B:

$$M_{Skābe B} = \frac{m_{Skābe B}}{n_{Skābe B}} = \frac{m_{Skābe B}}{2 \cdot n_{Skābe A}} = \frac{2,27 \text{ g}}{2 \cdot 0,00857 \text{ mol}} = 132 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Pēc iepriekšējiem punktiem zināms, ka veidojās 7 karboksilgrupas. Viena no tām ir etiķskābē pārējās 6 ir skābēs B un C.

Skābe B ir divreiz vairāk par C, tāpēc sanāk, ka

6 karboksilgrupas = $2 \cdot x + y$, kur x un y ir attiecīgi karbonskābju grupu skaits skābē B un C. Var noteikt, ka vienīgais atbilstošais atrisinājums šim ir, ja abas skābes ir diskābes.

Balstoties uz to ka katra ir diskābe nosaka to formulas:

$$M_{C \text{ alkilķēde}} = M_C - 2M_{COOH} = 104 - 2 \cdot 45 = 14 \text{ g/mol}$$

14 g/mol atbilst fragmentam CH_2 , tāpēc skābes C formula ir $HO_2CCH_2CO_2H$ un tā ir malonskābe.

$$M_{B \text{ alkilķēde}} = M_B - 2M_{COOH} = 132 - 2 \cdot 45 = 42 \text{ g/mol}$$

42 g/mol atbilst trīs fragmentiem CH_2 , tāpēc skābes B formula ir $HO_2C(CH_2)_3CO_2H$ un tā ir glutārskābe.

Par skābes A noteikšanu 1 punkti; Par katras skābes formulas aprēķināšanu 1,5 punkti.

8. Balstoties uz noteiktajām skābēm, piedāvā vismaz vienu variantu, kāda varētu būt Anša analizētās skābes struktūrformula! (1p)

Analizētā polinepiesātinātā karbonskābe varētu būt šāda:



3. uzdevums

Binārie

14 punkti

Elementi **X** un **Y** veido dažādus binārus savienojumus, populārākie no kuriem ir **A**, **B** un **C**. Tabulā dota **X:Y** masas attiecības savienojumos **A – C**. **A** ir plaši lietota gāze ar asu smaku, savukārt **B** un **C** – gaistošas šķidras vielas (**B** viršanas temperatūra ir 114 °C un **C** tā ir 37 °C). **A** un **B** ūdens šķīdumā ir vājas bāzes, bet savienojums **C** – vāja skābe.

Sav.	m _X :m _Y
A	1:4,67
B	1:7,00
C	1:42,0

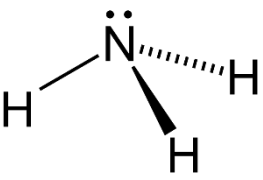
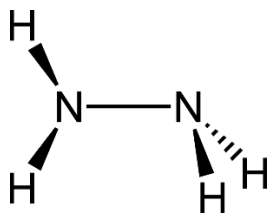
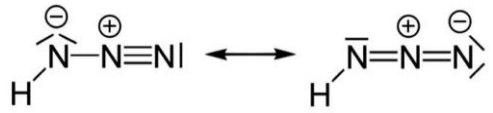
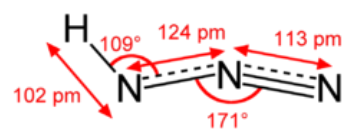
1. Uzraksti savienojumu **A – C** ķīmiskās formulas.

(3p)

Atrisinājumam iespējams pieiet dažādi. Viena no pieejām ir ievērot, ka a) viena no elementiem molmasa ir nozīmīgi lielāka par otra elementa molmasu (visos savienojumos masas daļa būtiski lielāka), un b) fakts, ka visas ir viegli virstošas vielas, liek domāt, ka **X** un **Y** ir nemetāli. Sākot ar vieglāko no elementiem, ūdeņradi **H**, kā **X**, atrodam, ka kā otrs elements **Y** der slāpeklis **N**, šādā gadījumā **A** = **NH₃** (14:3 = 4,67), **B** = **N₂H₄** (28:4 = 7,00) un **C** = **HN₃** (42:1 = 42,0).

2. Attēlo savienojumu **A – C** Luisa struktūrformulu, skaidri parādi to telpisko uzbūvi! Vienai no molekulām ir iespējamas 2 stabilas rezonanses struktūras. Attēlo abas!

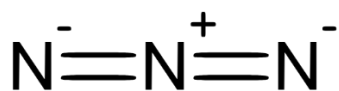
(4p)

NH ₃	N ₂ H ₄	HN ₃
		
-0,5 punkti, ja nav telpiskā forma	-0,5 punkti, ja telpiskā forma <i>Der arī nedaudz nekorekta formula, kurā NH₂ grupa ir pagriezusies pret otru.</i>	-0,5 punkti, ja lineāra un/vai N-N-N ķēde ir leņķiska. P.S. Faktiski slāpekļa atomu ķēde nav ideāli lineāra: 

3. Savienojuma **C** sāļi satur anjonu **CAn**. Uzraksti tā ķīmisko formulu un uzzīmē tā Luisa struktūrformulu!

(1p)

C anjona formula N₃⁻



Savienojuma **C** sāļus izmanto, lai ātri iegūtu gāzveida vielu **D**. Sadaloties 10,0 gramiem kāda vienvērtīga metāla skābes **C** sāļa **E** radās 5,17 L (n.a.) gāzes **D**.

4. Uzraksti savienojumu **D** un **E** ķīmiskās formulas un **E** sadalīšanās reakcijas vienādojumu! (2p)

Sadaloties azīdiem, rodas slāpeklis (**D** = N₂)



Kods: _____

$$n(N_2) = \frac{V}{V_0} = \frac{5,17}{22,4} = 0,231 \text{ mol}$$

$$n(E) = \frac{n(N_2)}{1,5} = 0,154 \text{ mol}$$

$$M(E) = M(Me) + 3 \cdot 14,0$$

$$M(E) = \frac{m(E)}{n(E)} = \frac{10,0}{0,154} = 64,9 \text{ g/mol}$$

$$M(Me) = 94,9 - 42,0 = 22,9 \text{ g/mol}$$

Tātad Me = Na un E = NaN₃.

Savienojums A ir vāja bāze, kura bāzes disociācijas konstante K_b ir 1,78·10⁻⁵.

5. Uzraksti A sajūgtās (konjugētās) skābes ķīmisko formulu! (0,5p)

NH₃ + H₂O → NH₄⁺ + OH⁻ Tātad konjugētā skābe ir NH₄⁺ jons.

6. Aprēķini pH šķīdumam, kurā A koncentrācija pirms disociācijas bija 0,0200 M! (3,5p)

Izmantojam rekaicijas vienādojumu un to, ka pirms disociācijas NH₃ koncentrācija ir 0,0200 M, uzrakstām kādas būtu koncentrācijas pēc līdzsvara iestāšanās

	NH ₃	NH ₄ ⁺	OH ⁻
c ₀	0,0200	0	0 (korektāk)
Izmaiņa	-x	+x	+x
C līdzsv	0,0200 - x	x	x
(korektāk x + 1,0 · 10 ⁻⁷ ≈ x)			

Izmantojam bāzes disociācijas konstantes vienādojumu un atrodam x, kas atbilst OH⁻ koncentrācijai:

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$K_b = \frac{x^2}{c - x}$$

$$x^2 + K_b x - K_b c = 0$$

$$x = \frac{-K_b + \sqrt{K_b^2 + 4K_b c}}{2} = \frac{-1,78 \cdot 10^{-5} + \sqrt{(1,78 \cdot 10^{-5})^2 + 0,0800 \cdot 1,78 \cdot 10^{-5}}}{2} = 5,88 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{5,88 \cdot 10^{-4}} = 1,70 \cdot 10^{-11} \text{ M}$$

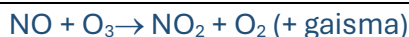
$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(1,70 \cdot 10^{-11}) = 10,77$$

P.S. Pieņemot, ka c - x ≈ c, un lietojot no tā izrietošu vienādojumu K_b = $\frac{x^2}{c}$ iegūst faktiski sakrītošu pH vērtību 10,78.

4. uzdevums*Par gaišāku nākotni!***9 punkti**

Jaunajai Ķīmiķei Janai patīk izziņāt reakcijas, kurās novēro luminiscenci jeb gaismas enerģijas izdalīšanos. Pētot literatūru, viņa uzgāja avotu, kas aprakstīja, kā slāpekļa (II) oksīda noteikšanai var izmantot tā reakciju ar ozonu, izmantojot novēroto luminiscenci.

1. Uzraksti kāda ķīmiskā reakcija notiek starp slāpekļa (II) oksīdu un ozonu! (1p)



Zināms, ka no katras izreaģējušās slāpekļa (II) oksīda molekulas veidojas viens fotons (gaismas kvants). Šo sakarību Jana izmantoja analīzes veikšanai. Jana caur fotonu detektoru laida slāpekļa un slāpekļa (II) oksīda maisījumu ar plūsmas ātrumu $2,00 \mu\text{L}/\text{min}$. Šajā laikā detektētā fotonu plūsmas vidējā vērtība bija $2,025 \cdot 10^{12}$ fotoni/s.

2. Nosaki cik liels tilpums gāzu maisījuma izplūda caur detektoru, ja eksperimenta ilgums bija 5 sekundes! (1p)

Zinām, ka gāzes plūsmas ātrums ir $2 \mu\text{L}/\text{min}$. Tas nozīmē, ka 1 sekundē caur detektoru izplūst:

$$V_{gāze} = \frac{v_{gāzei}}{t} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ mL}}{60 \text{ s}} = 3,33 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mL}}{\text{s}}$$

Tālāk aprēķina izplūdušās gāzes tilpumu 5 sekundēs:

$$V_{gāze} = 3,33 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mL}}{\text{s}} \cdot 5 \text{ s} = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ mL}$$

3. Nosaki slāpekļa (II) oksīda tilpumdaļu gāzu maisījumā! (3p)

Tā kā no vienas NO molekulas rodas 1 fotons, tad to skaits būs vienāds.

$$N_{\text{NO}} = N_{\text{fotoni}} = 5 \cdot 2,025 \cdot 10^{12} = 1,0125 \cdot 10^{13} \text{ molekulas}$$

No tā varam aprēķināt NO daudzumu un tad tilpumu:

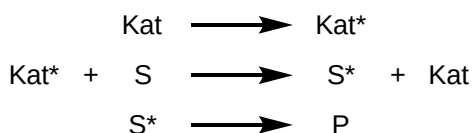
$$n_{\text{NO}} = \frac{N_{\text{NO}}}{N_A} = \frac{1,0125 \cdot 10^{13}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 1,68 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$$

$$V_{\text{NO}} = n_{\text{NO}} \cdot V_0 = 1,68 \cdot 10^{-11} \cdot 22,4 = 3,76 \cdot 10^{-7} \text{ mL}$$

Zinot izplūdušā gāzu maisījuma tilpumu, nosakām NO tilpumdaļu:

$$V\%_{\text{NO}} = \frac{V_{\text{NO}}}{V_{\text{gāzu mais.}}} = \frac{3,76 \cdot 10^{-7} \text{ mL}}{1,67 \cdot 10^{-4} \text{ mL}} \cdot 100\% = 0,226 \%$$

Jānim, savukārt, patīk gaismu izmantot reakciju veikšanai. Īpašas vielas – fotokatalizatorus (shēmā – “Kat”) – apstarojot ar gaismu, var panākt to aktivēšanu (“Kat*”). Šīm īpaši aktivētājām daļiņām tālāk piemīt spēja nodot enerģiju citai molekulai, substrātam “S”, pārvēršot to par “S*”, ar kuru tālāk notiek kāda reakcija, veidojot produktu “P”.



Tomēr ne vienmēr visa absorbētā enerģija tiek patērēta lietderīgi. Daļa nonāk atpakaļ vidē kā siltums vai citas formas enerģija. Jānis vēlējās salīdzināt trīs dažādu fotokatalizatoru spēju nodrošināt kādas reakcijas norisi. Savstarpējai salīdzināšanai kā skaitlisku vērtību var izmantot kvantu iznākumu (Φ). To aprēķina izmantojot sekojošo vienādojumu.

$$\Phi = \frac{N_{\text{produkts}}}{N_{\text{fotoni}}} \cdot 100\%$$

Kods: _____

Visos gadījumos viņš reakcijas veica 15 minūtes un šajā laikā vidējā fotonu plūsma no lampas bija $25 \cdot 10^{16}$ fotoni/s. Katrā no reakcijām Jānis izmantoja atšķirīgu izejvielas daudzumu.

4. Aprēķini, cik fotoni šajā laikā apstaroja reakcijas maisījumu! (1p)

Zinot, ka 1 sekundē tiek izdalīti $25 \cdot 10^{16}$ fotoni, var aprēķināt to skaitu 15 minūtēs.

15 minūtes = 15 · 60 sekundes = 900 sekundes

Fotonu skaits:

$$N_{\text{fotoni}} = \nu_{\text{fotoni}} \cdot t = 25 \cdot 10^{16} \cdot 900 = 2,25 \cdot 10^{20} \text{ fotoni}$$

5. Produktu iznākumu ar katru katalizatoru pēc 15 minūtēm Jānis apkopoja tabulā. Aprēķini katra fotokatalizatora kvantu iznākuma vērtību! (2p)

Katalizators	Izejvielas daudzums, mmol	Produkta iznākums, %
[Ir(ppy) ₃]	0,182	36 %
[Ru(bpy) ₃ Cl ₂]	0,096	21%
4CzIPN	0,431	16 %

Sākmā aprēķina katram katalizatoram viedotā produkta molekulu skaitu.

$$N_{\text{produkts(Ir)}} = n_{\text{izejviela}} \cdot \text{iznākums} \cdot N_A = 0,182 \cdot 10^{-3} \cdot 0,36 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,942 \cdot 10^{19}$$

$$N_{\text{produkts(Ru)}} = n_{\text{izejviela}} \cdot \text{iznākums} \cdot N_A = 0,096 \cdot 10^{-3} \cdot 0,21 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,213 \cdot 10^{19}$$

$$N_{\text{produkts(4CzIPN)}} = n_{\text{izejviela}} \cdot \text{iznākums} \cdot N_A = 0,431 \cdot 10^{-3} \cdot 0,16 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,151 \cdot 10^{19}$$

Tālāk izmantojot augstāk doto vienādojumu aprēķina kvantu iznākumu, katrai reakcijai.

$$\Phi_{\text{Ir}} = \frac{N_{\text{produkts}}}{N_{\text{fotoni}}} \cdot 100\% = \frac{3,942 \cdot 10^{19}}{2,25 \cdot 10^{20}} \cdot 100\% = 17,5 \%$$

$$\Phi_{\text{Ru}} = \frac{N_{\text{produkts}}}{N_{\text{fotoni}}} \cdot 100\% = \frac{1,213 \cdot 10^{19}}{2,25 \cdot 10^{20}} \cdot 100\% = 5,38 \%$$

$$\Phi_{\text{4CzIPN}} = \frac{N_{\text{produkts}}}{N_{\text{fotoni}}} \cdot 100\% = \frac{4,151 \cdot 10^{19}}{2,25 \cdot 10^{20}} \cdot 100\% = 18,5 \%$$

1 punkts par iegūto produktu molekulu skaita aprēķinu; 1 punkts par kvantu iznākuma aprēķinu.

6. Kurš no katalizatoriem visefektīvāk veica Jāņa apskatīto transformāciju? Pamato! (1p)

Transformācija šajā gadījumā notika visefektīvāk ar fotokatalizatoru – 4CzIPN. Par to liecina iegūtais augstākais kvantu iznākums. Tas norāda, ka lielāka daļa no radītajiem fotoniem tiek patērēta lietderīgam procesam.

0,5 punkti par pareizu katalizatoru, 0,5 punkti par skaidrojumu.

5. uzdevums**Kompleksā mistērija****10 punkti**

Komplekso savienojumu **A** un **B** ķīmiskais sastāvs ir identisks, taču to ķīmiskās un fizikālās īpašības ir atšķirīgas. **A** ir tumši zaļa viela, kuru karsējot novēro 13,5% masas zudumu, kas saistīts ar kādas bināras normālos apstākļos šķīdņas vielas **C** zaudēšanu. **A** šķīdumā ātri reaģē ar sudraba (I) nitrātu attiecībā 1:1, veidojot baltas nogulsnes **D**. Savukārt līdzīgos apstākļos karsējot violeto vielu **B** masas zudumu nenovēro, bet tā šķīdumā ar sudraba (I) nitrātu reaģē attiecībā 1:3, arī veidojot nogulsnes **D**. Tāpat zināms, ka **A** ūdens šķīdumā maina krāsu no tumši zaļas uz gaiši zaļu un visbeidzot violetu, veidojoties **B**. Gaiši zaļās krāsas parādīšanās saistās ar starpprodukta **E** veidošanos.

Augstā temperatūrā gan **A**, gan **B**, zaudējot vielu **C** (atbilstošais masas zudums 40,6%), pārvēršas binārā vielā **F**, kurā metāla masas daļa ir 32,83%, un kurš arī reaģē ar sudraba (I) nitrātu attiecībā 1:3, veidojot nogulsnes **D**. Ilgstoši glabājot gaisā **F**, tas pārvēršas par **A**.

1. Uzraksti **A – F** ķīmiskās formulas!

(8p)

No dotā apraksta var secināt, ka viela **C** visticamāk ir H_2O un viela **D** $AgCl$. Tātad binārā viela **F** ir metāla hlorīds, kurā visticamāk ietilpst 3 hlora atomi. Pārbaudām šo teoriju:

$$w_M = \frac{A_M}{A_M + 3A_{Cl}}$$
$$A_M = \frac{3w_M A_{Cl}}{1 - w_M} = \frac{3 \cdot 0,3283 \cdot 35,45}{1 - 0,3283} = 51,98 g/mol$$

Tātad metāls ir Cr un **F** = $CrCl_3$. Top skaidrs, ka **A**, **B** un arī **E** ir hroma (III) hlorīdi, kuros dažādi saistījušās ūdens molekulas. Tas ir iespējams kompleksajos savienojumos. Aprēķinām, kopējo A un B ietilpstošo ūdens molekulu skaitu:

$$w_{deh} = \frac{xM_{\bar{u}d}}{M_{CrCl_3} + xM_{\bar{u}d}}$$
$$x = \frac{w_{deh}M_{CrCl_3}}{(1 - w_{deh})M_{\bar{u}d}} = \frac{0,406 \cdot 158,35}{(1 - 0,406) \cdot 18,0} = 6,0$$

Tātad vispārīgā formula ir $CrCl_3 \cdot 6H_2O$. Tā kā **A** daļu no ūdens molekulām zaudē viegli, daļa no tās ir kristalizācijas ūdens molekulas, savukārt **B** tās visas ir koordinējušās ap hromu, veidojot kompleksu jonu, tātad **B** formula ir $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$.

Aprēķinām **A** vielā viegli zaudēto ūdens molekulu skaitu:

$$w_{dehA} = \frac{xM_{\bar{u}d}}{M_{CrCl_3} + 6M_{\bar{u}d}}$$
$$x = \frac{w_{deh}(M_{CrCl_3} + 6M_{\bar{u}d})}{M_{\bar{u}d}} = \frac{0,135 \cdot 266,35}{18,0} = 2,0$$

Tātad šajā vielā 2 no ūdens molekulām ir kristalizācijas ūdens, savukārt vakantās 2 vietas koordinācijas sfērā aizpilda hlorīdjoni, līdz ar ko **A** formula ir $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl \cdot 2H_2O$ kas izskaidro, kādēļ viela ar $AgNO_3$ reaģē attiecībā 1:1.

Ūdens šķīdumā jonā $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$ notiek apmaiņas reakcija, koordinētajiem hlorīdiem tiekot aizstātiem ar ūdens molekulā, veidojoties $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$, šajā reakcijā starpproduktam esot $[Cr(H_2O)_5Cl]^{2+}$ jonam, tātad **E** ir $[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2$ (atbilstošais hidrāts $[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2 \cdot H_2O$)

2 p par A un par B noteikšanu, 1 p par katru no pārējām vielām.

Zināms, ka **A** patiesībā var pastāvēt divu izomēru **A1** un **A2** veidā.

2. Uzzīmē šo izomēru **A1** un **A2** katjonu telpiskās struktūras, kā arī savienojumu **B** un **E** katjonu telpiskās struktūras!

(2p)

Kods: _____

Visos šajos kompleksajos katjonos ir oktaedrisks ligandu izvietojums. Ja divi no ligandiem ir atšķirīgi no pārējiem četriem, tie var izvietoties divos veidos – blakus viens otram (*cis* izomērs) un pretī viens otram (*trans* izomērs):

A1 (<i>cis</i>)	A2 (<i>trans</i>)	E (Cl novietojums nav būtisks)	B

6. uzdevums

A³ un Tu

9 punkti

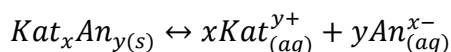
Četri ķīmijas entuziasti Alma, Alvis, Alens un tu nolēma doties kopīgā ceļojumā uz Alpiem, lai ļautos ziemas priekiem. Par laimi jūs neaizmirsāt līdzī paņemt savas ķīmijas zināšanas!

Baudot Alpu neskarto pusi jūs nogriezāties nepareizi un apmaldījāties. Kamēr Alma pētīja līdzpaņemtās kartes, kā tikt atpakaļ līdz naktsmītnēm, viņa stipri nosaldēja rokas. Tu atceries, ka vienreizējie roku sildītāji patiesībā ir tikai kāds sāls un ūdens. Par laimi Alvis nekur nedodas bez savas mīļāko vielu kolekcijas – NaCl, CaCl₂, NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄ un urīnvielas. Savukārt, Alens bez senas termodinamisko datu rokasgrāmatas.

1. Diemžēl senajā grāmatā šķīšanas entalpiju lapa sāļiem bija pazudusi. Palīdzi ceļa biedriem tās sarēķināt!

(2p)

Padoms! Šķīšanas procesa aprakstīšanai izmanto vienādojumu:



Savukārt, reakcijas entalpijas aprēķināšanai:

$$\Delta H_{\text{reakc.}}^{\circ} = \sum n \Delta H_f^{\circ}(\text{produkti}) - \sum m \Delta H_f^{\circ}(\text{izejvielas})$$

Sāls	ΔH_f° , kJ/mol	Jons	ΔH_f° , kJ/mol	Viela	$\Delta H_{\text{šķīš.}}^{\circ}$, kJ/mol
NaCl _(s)	-411,0	Na ⁺ _(aq)	-239,7	NaCl	
CaCl _{2(s)}	-795,0	Ca ²⁺ _(aq)	-543,0	CaCl ₂	
NH ₄ NO _{3(s)}	-365,1	NH ₄ ⁺ _(aq)	-132,8	NH ₄ NO ₃	
(NH ₄) ₂ SO _{4(s)}	-1180,9	Cl ⁻ _(aq)	-167,4	(NH ₄) ₂ SO ₄	
		NO ₃ ⁻ _(aq)	-206,6	L-alanīns	+9,50
		SO ₄ ²⁻ _(aq)	-907,5	Etiķskābe	-1,51
				Glicerīns	-8,50
				Urīnviela	+15,39

Izmantojot augstāk doto vispārīgo vienādojumu uzraksta katram sālim šķīšanas vienādojumu. Balstoties uz to un entalpijas aprēķina formulu aprēķina katram sālim šķīšanas entalpiju.

Piemērs:



$$\Delta H_{reakc.}^{\circ} = (\Delta H_f^{\circ}(Na^{+}) + \Delta H_f^{\circ}(Cl^{-})) - (\Delta H_f^{\circ}(NaCl)) == (-239,7 + (-167,4)) - (-411,0) = 3,9 \text{ kJ/mol}$$

Sāls	ΔH_f° , kJ/mol	Jons	ΔH_f° , kJ/mol	Vielā	$\Delta H_{šķīš.}^{\circ}$, kJ/mol
NaCl	-411,0	Na ⁺	-239,7	NaCl	3,9
CaCl ₂	-795,0	Ca ²⁺	-543,0	CaCl ₂	-82,8
NH ₄ NO ₃	-365,1	NH ₄ ⁺	-132,8	NH ₄ NO ₃	25,7
(NH ₄) ₂ SO ₄	-1180,9	Cl ⁻	-167,4	(NH ₄) ₂ SO ₄	7,8
		NO ₃ ⁻	-206,6		
		SO ₄ ²⁻	-907,5		

2. Kuru no sāļiem izmantosiet, lai pagatavotu roku sildītāju? Pamato atbildi! Ja nesarēķini šķīšanas entalpijas sāļiem, izvēlies kuru organisko vielu izmantosiet! (2p)

Roku sildītāja pagatavošanai vispiemērotākais būs CaCl₂, jo tā šķīšanas reakcija ir viseksotermiskākā.
1 punkts par sāls izvēli un 1 punkts par skaidrojumu.

3. Cik gramus šī sāļa ņemsiet, lai 100 g ūdens uzsildītu līdz vismaz 80 °C, ja ūdens sākotnējā temperatūra bija 10 °C! (Visos uzdevuma punktos pieņem, ka, lai 1 grama ūdens temperatūra izmainītos par 1 °C, tam jāpievada vai jāaizvada 4,09 J enerģijas) Ja nesarēķini šķīšanas entalpijas sāļiem, aprēķini izvēlētajās organiskās vielas masu! (3p)

Sākotnēji jāaprēķina, par cik grādiem jāizmaina ūdens temperatūra.

$$\Delta T = T_{beigu} - T_{sākuma} = 80 - 10 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Tālāk aprēķina, cik enerģijas būs nepieciešams pievadīt, lai 100 g ūdens uzsildītu par 70 °C.

$$Q_{\text{ūdens}} = m_{\text{ūdens}} \cdot c_{\text{ūdens}} \cdot \Delta T = 100 \cdot 4,09 \cdot 70 = 28,63 \text{ kJ}$$

Zinot nepieciešamo siltumu, var aprēķināt daudzumu, kas nepieciešams CaCl₂, izmantojot proporciju.

$$n_{CaCl_2} = \frac{Q_{\text{ūdens}}}{\Delta H_{šķīš.}^{\circ}} = \frac{28,63}{82,8} = 0,346 \text{ mol}$$

Zinot vielas daudzumu, aprēķina CaCl₂ masu.

$$m_{CaCl_2} = n_{CaCl_2} \cdot M_{CaCl_2} = 0,346 \cdot 111 = 38,4 \text{ g}$$

Tālumā jūs ieraugiet kādu pamestu būdiņu un nolemjiet doties tās virzienā, lai patvertos no sniega vētras. Pa ceļam Alvis nepamana akmens grēdu un pret to atsita celi. Jūs nolemiet pagatavot Alvim aukstuma kompresi.

4. Kuru no sāļiem izmantosiet un cik g tā ņemsiet, lai pagatavotu kompresi no 200 mL ūdens, kuras temperatūra būtu 0 °C (Ūdens sākotnējā temperatūra ir 10 °C)? Ja nesarēķini šķīšanas entalpijas sāļiem, uzraskti kuru organisko vielu un kādu tās masu izmantosiet! (2p)

Visendotermiskākā šķīšanas reakcija ir NH₄NO₃, tāpēc tas būs vispiemērotākais.

Sākmā aprēķinām ūdens masu. Tā kā ūdens blīvums ir 1 g/mL, tad ūdens masa šajā gadījumā ir 200 g. Tad aprēķina, cik enerģijas būs nepieciešams aizvadīt, lai 200 g ūdens atdzesētu par 10 °C:

$$Q_{\text{ūdens}} = m_{\text{ūdens}} \cdot c_{\text{ūdens}} \cdot \Delta T = 200 \cdot 4,09 \cdot 10 = 8,18 \text{ kJ}$$

Zinot nepieciešamo enerģijas daudzumu, aprēķinām NH₄NO₃ daudzumu:

$$n_{NH_4NO_3} = \frac{Q_{\text{ūdens}}}{\Delta H_{šķīš.}^{\circ}} = \frac{8,18}{25,7} = 0,318 \text{ mol}$$

No daudzuma aprēķina masu:

Kods: _____

$$m_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = n_{\text{NH}_4\text{NO}_3} \cdot M_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 0,318 \cdot 80 = 25,4 \text{ g}$$

1 punkts par katru darbību (4 darbības)

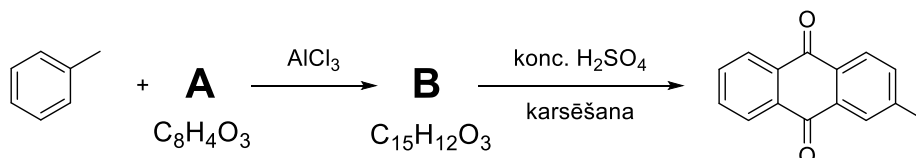
Par laimi nonākot būdīnā jūs sazinieties ar patruļas vienību un paspējat nokļūt atpakaļ tieši laikā uz Valsts ķīmijas olimpiādi!

7. uzdevums

Sentēvu ķīmija

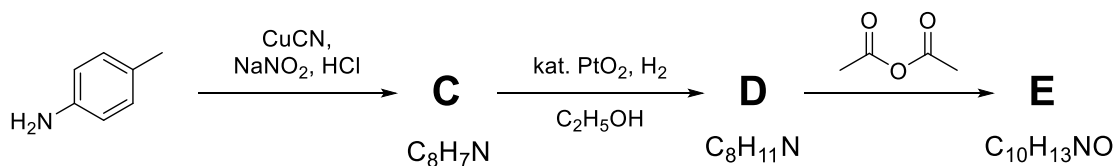
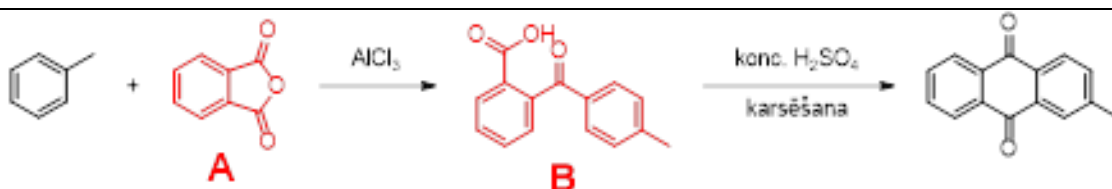
12 punkti

Šajā uzdevumā apskatīsim organiskās sintēzes metodes, kuras tika publicētas tieši pirms 100 gadiem – 1925.gadā!



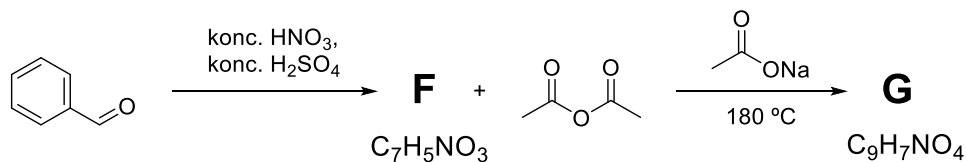
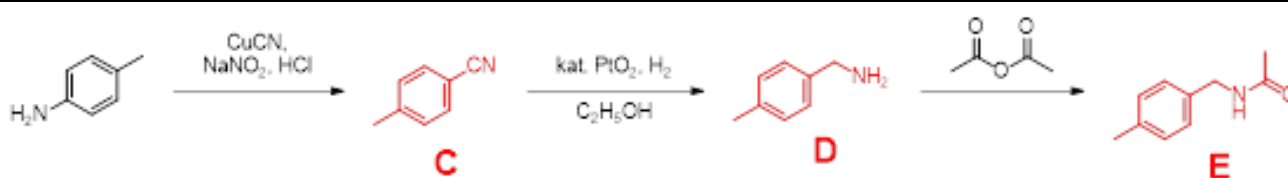
1. Uzzīmē vielu **A** un **B** struktūras.

(3p)



2. Uzzīmē vielu **C** - **E** struktūras.

(5p)



3. Uzzīmē vielu **F** un **G** struktūras.

(4p)

