

I 1. Уколико обележимо тражени притисак са p , у складу са Далтоновим законом важи $p = p(\text{N}_2) + p(\text{O}_2) = x(\text{N}_2)p + x(\text{O}_2)p$, где су са x обележени количински удели компонената. Пошто су количински удели једнаки запреминским уделима гасова, важи $p(\text{N}_2) = 0,79p$ и $p(\text{O}_2) = 0,21p$. За сваки гас понаособ може се написати једначина идеалног гасног стања, узимајући у обзир да се оба гаса шире по целокупној идентичној запремини:

$$p(\text{N}_2)V = n(\text{N}_2)RT$$

$$p(\text{O}_2)V = n(\text{O}_2)RT$$

сабирањем једначина добија се:

$$(p(\text{N}_2) + p(\text{O}_2))V = (n(\text{N}_2) + n(\text{O}_2))RT \Rightarrow pV = n RT \quad (*)$$

где је $n_{\text{укупно}} = n(\text{N}_2) + n(\text{O}_2)$, тј. количина гаса у 1,196 g ваздуха. Из запреминских удела следи $n(\text{N}_2) = 0,79n_{\text{укупно}}$ и $n(\text{O}_2) = 0,21n_{\text{укупно}}$, односно може се добити да је:

$$n(\text{N}_2) = \frac{0,79}{0,21} n(\text{O}_2) = 3,76n(\text{O}_2) \quad (1)$$

Такође је неопходно поставити услов за масу ваздуха:

$$n(\text{N}_2)M(\text{N}_2) + n(\text{O}_2)M(\text{O}_2) = m$$

$$28n(\text{N}_2) + 32n(\text{O}_2) = 1,196 \quad (2)$$

Систем једначина (1) и (2), са две непознате, лако се решава и добија се: $n(\text{O}_2) = 8,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ и $n(\text{N}_2) = 3,28 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$, односно $n_{\text{укупно}} = 4,15 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$. Решавањем једначине (*) по p добија се:

$$p = \frac{n_{\text{укупно}}RT}{V} = \frac{4,15 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \times 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times (15,2 + 273) \text{ K}}{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 9,94 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Следи да је ово $\frac{9,94 \cdot 10^4}{1 \cdot 10^5} = 0,994 \text{ bar}$ односно **994 mbar**.

I 2. II 6. III 10. Пошто у свакој коцки постоји само један молекул, укупна запремина гаса може се изразити као Nr^3 , где је N број молекула гаса, а r^3

запремина једне коцке. Такође, треба имати у виду да је количина гаса $n = \frac{N}{N_A}$, те убацивањем ових вредности у једначину идеалног гасног стања може да се добије:

$$pNr^3 = \frac{N}{N_A} RT$$

што решавањем по r даје:

$$pNr^3 = \frac{N}{N_A} RT$$

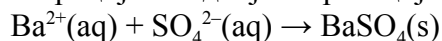
$$r = \sqrt[3]{\frac{RT}{N_A p}} = \sqrt[3]{\frac{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times (25 + 273) \text{ K}}{6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 101300 \text{ Pa}}} = \boxed{3,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$

I 3. Поштујући *Aufbau* принцип (прво попуњавање најнижих нивоа и поднивоа, уз поштовање Хундовог правила и Паулијевог принципа искључења) долази се до:

- а) 1) (конфигурација литијума у основном стању)
- б) 2) (побуђено стање сумпора), 4) (побуђено стање титанијума) и 5) (побуђено стање неона)
- в) 3) (4s орбитала не може да садржи 3 електрона).

I 4. II 15. Ако је маса гвожђа у руди m_{Fe} , број молова гвожђа је $m_{\text{Fe}}/56$, а ако претпоставимо да је целокупна количина гвожђа у облику гвожђе(III)-оксида може се написати израз за масени удео Fe_2O_3 у руди: $\omega = (\frac{1}{2} \times 160 \times m_{\text{Fe}}/56)/m = 1,0345$. Из овог изрази лако се може израчунати да је удео гвожђа у руди $m_{\text{Fe}}/m = 0,72415$. С обзиром да је руда гвожђа чиста и да се њен састав може представити формулом Fe_xO_y , следи да је $56x/(56x + 16y) = 0,72415$. Сређивањем ове једначине добија се $y/x \approx 1,3333 \approx 4/3$, односно формула руде се може представити као Fe_3O_4 .

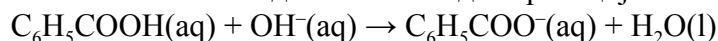
I 5. II 14. III 8. Таложна титрација се одвија по реакцији:



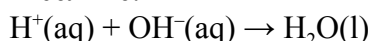
Следи
$$n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = n(\text{Ba}^{2+}) = n(\text{BaSO}_4) = \frac{0,1684 \text{ g}}{233 \text{ g/mol}} = 7,227 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$
 и

$$c = \frac{7,227 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,05000 \text{ dm}^3} = \boxed{0,01445 \text{ mol/dm}^3}$$

б) По додатку бензојеве киселине дешава се следећа реакција:



Остатак хидроксидних јона који потичу из баријум-хидроксида неутралише се додатком хлороводоничне киселине:



Укупна количина хидроксидних јона у почетном раствору је стога:

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) + n(\text{HCl}) = 0,3614 \text{ g} / 122 \text{ g/mol} + 0,00413 \text{ dm}^3 \cdot 0,05317 \text{ mol/dm}^3 \approx 3,18 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

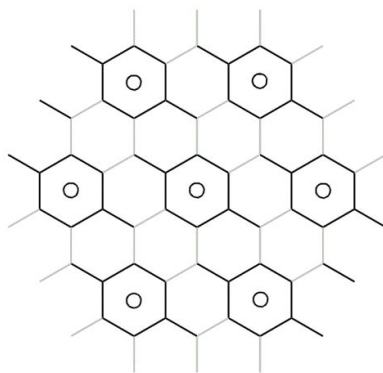
Из чега следи:

$$c(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{1}{2} n(\text{OH}^-) / V = \frac{1}{2} \cdot 3,18 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 0,05 \text{ dm}^3 \approx 0,0318 \text{ mol/dm}^3.$$

I 6. II 10. III 1. У структури C_xK_y наизменично се јављају слојеви калијума и угљеника. Сваки атом калијума се налази изнад једног центра C_6 прстена; тј. тих 6 угљеника „припадају“ само њему. Око сваког C_6 прстена налази се још 6 С-атома који не „припадају“ ни једном калијуму, али су истовремено у околини 3 C_6 центара. Дакле може се израчунати:

$$x = 6y + 6/3y, \text{ односно за } x / y = 8 / 1, \text{ тј. } \text{C}_x\text{K}_y = \text{C}_8\text{K}$$

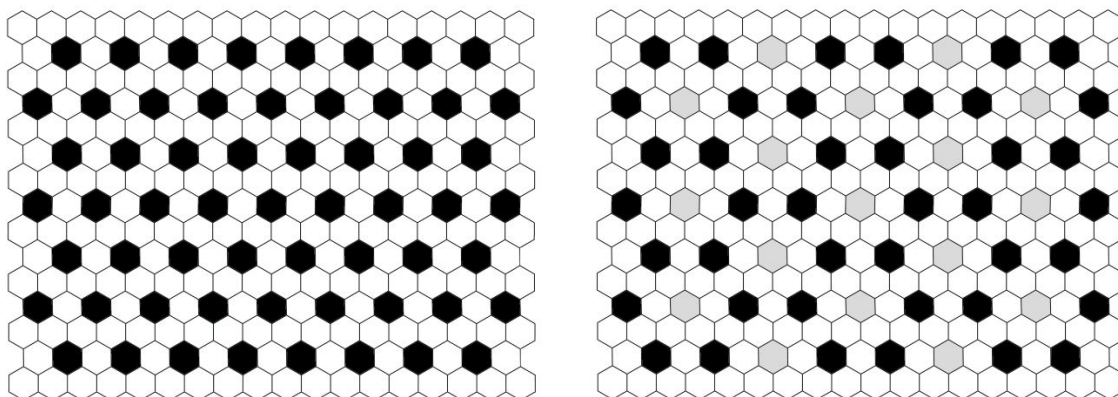
Решење се може добити и графички, „брисањем“ веза тако да се уочи понављајућа структура (слика доле, везе обојене сиво).



Графичко одређивање односа: $x / y = 8 / 1$.

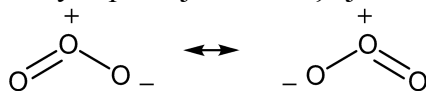
У структури C_gK_h на сваки слој калијума долази по 5 слојева угљеника. Губитак централног атома калијума представља губитак $1/3$ укупног броја атома калијума (сваки трећи калијумов атом је изгубљен из структуре, слика доле), тако да се однос g и h може израчунати према једначини:

$$(1-1/3) h = 8 \times 5 g, \text{ тј. } g / h = 60 / 1, \text{ односно } C_gK_h = C_{60}K$$



Слојеви угљеника и калијума пре (лево) и после (десно) загревања. Црни шестоуглови (C_6 прстенови) – они изнад којих се налази калијум, бели – изнад којих се не налази, сиви – са којих је уклоњен калијум загревањем.

I 7. II 16. III 9. Први услов (растојање између атома кисеоника O^1 и O^2 и O^2 и O^3 у озону, $O^1O^2O^3$, је једнако) испуњавају све три предложене структуре. У случају структура А и В, очигледно је да би $O-O$ везе требало да су еквивалентне. У случају Б, постоје две еквивалентне резонантне структуре, из којих се јасно види су поменута растојања такође једнака.



Имајући у виду да је дужина просте $O-O$ везе око $0,148 \text{ nm}$, а дужина $O=O$ везе око $0,121 \text{ nm}$, структура Б је у сагласности и са податком да дужина $O-O$ веза у озону износи $0,1278 \text{ nm}$ (краћа је од просте, а дужа од двогубе).

У цикличној структури А, сва три кисеоникова атома су еквивалентна, те она не испуњава други услов (озон има диполни момент). Напротив, овај услов

испуњавају структуре Б и В, код којих је O^2 формално различит од O^1 и O^3 , те се може очекивати да засебне O^1/O^2 и O^2/O^3 везе, као и сам молекул (због угаоне геометрије, диполни моменти појединачних веза се не поништавају), имају диполни моменат.

Трећи услов (озон нема магнетни момент) не испуњава структура В, код које су два електрона неспарена. Структуре А и Б немају неспарених електрона, те обе испуњавају овај услов.

Имајући на уму сва три услова, од понуђене три структуре, Б је једина којом се ваљано (у сагласности са експерименталним подацима) може представити молекулу озона.

а) све О-О везе у структурама А-Б су исте, тако да све наведене структуре могу да одговарају озону.

б) Б и В (структура А нема диполни момент)

в) А и Б (структура В има неспарене електроне).

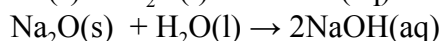
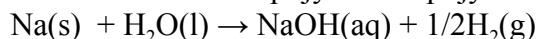
I 8. II 13. III 2.

а) израз за брзину реакције има облик $v = k[F_2]^x[ClO_2]^y$. Повећањем концентрације флуора (два пута), два пута се повећа брзина реакције, па је $x = 1$. Повећањем концентрације хлор-диоксида (четири пута), брзина се такође повећа четири пута, па је и $y = 1$. Израз за брзину је $v = k[F_2][ClO_2]$.

б) $k = v[F_2]^{-1}[ClO_2]^{-1} = 1,2 \text{ dm}^3\text{mol}^{-1}\text{s}^{-1}$

в) $v = 2,4 \times 10^{-4} \text{ moldm}^{-3}\text{s}^{-1}$

I 9. II 9. III 12. Натријум и натријум-оксид са водом реагују на следећи начин:



Укупна маса раствора (m_r) након растварања ће бити једнака збиру маса воде (50 g) и смеше натријума и натријум-оксида ($m(H_2) + m(Na_2O) = 2 \text{ g}$), умањена за масу ослобођеног водоника ($m_r = 52 - m(H_2)$). Уколико је почетна смеша натријума и натријум-оксида садржала n_1 молова натријума ($M_r = 23$) и n_2 молова натријум-оксида ($M_r = 62$), важи да је $23n_1 + 62n_2 = 2 \text{ g}$ ($n_2 = (2 - 23n_1) / 62$). Поред тога, на основу једначина горе датих реакција, $m(H_2) = 2n(H_2) = 2n_1/2 = n_1$, а $m(NaOH) = 40(n_1 + 2n_2)$ ($M_r(H_2) = 2$, $M_r(NaOH) = 40$).

Масени удео раствора је $\omega = 0,054 = m(NaOH) / m_r = 40(n_1 + 2n_2) / (52 - n_1)$. Преуређивањем овог израза, добија се да је $2,808 - 0,054n_1 = 40(n_1 + 2n_2)$. Увођењем замене $n_2 = (2 - 23n_1) / 62$, следи да је $2,808 - 0,054n_1 = 40(n_1 + (2 - 23n_1) / 31)$, односно $n_1 = 0,02191 \text{ mol}$, а $m_1 = 0,0504 \text{ g}$. Одавде следи да је $\omega(Na) = 100m_1 / 2 \approx 25\%$, а $\omega(Na_2O) = 100 - 25 \approx 75\%$.

I 10. Све тврдње су тачне.

I 11. II 20. Ако концентрације CO_2 и CF_4 у равнотежи износе x , на основу стехиометрије реакције, концентрација COF_2 је $0,1-2x$. Из једначине $x^2/(0,1-2x)^2 = 2$ се добија $x \approx 0,0369 \text{ moldm}^{-3}$, а концентрација COF_2 износи $0,0261 \text{ moldm}^{-3}$. Број молова COF_2 у реактору је $0,0261 \text{ moldm}^{-3} \cdot 5 \text{ dm}^3 \approx 0,131 \text{ mol}$.

I 12. II 17. Смртоносна доза за човека дате тежине је $65,3 \text{ kg} \cdot 0,37 \text{ g/kg} = 24,161 \text{ g}$. Количина натријум-хлорита (NaClO_2) износи $24,161 \text{ g} / 90,5 \text{ g/mol} = 0,267 \text{ mol}$, ова количина се налази у следећој запремини раствора: $0,267 \text{ mol} / 4,30 \text{ mol/dm}^3 \approx 62,1 \text{ cm}^3$.

I 13. По услову задатка, маса фосфора у једињењу А мора бити 155 g. Пошто једињење А садржи 18,5% (масених) фосфора, маса једињења А узета за ову реакцију је $155 \text{ g} / 0,185 \approx 838 \text{ g}$.

I 14. Чисте чврсте и течне супстанце које учествују у хетерогеној равнотежи са гасовима, као што случај у реакцији:

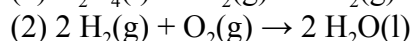
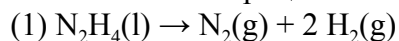


где се PCl_5 налази у чврстом стању, се не укључују у израз за константу равнотеже (њихова концентрација је константна, односно активитет једнак јединици), те она гласи: $K = [\text{PCl}_3] [\text{Cl}_2]$. Одавде закључујемо да додаток PCl_5 не утиче на концентрацију Cl_2 и PCl_3 . Како се ради о затвореном реактору константне запремине (и запремина чврстог додатог пентахлорида је занемарљива) и да не долази до промене концентрације PCl_3 , неће доћи ни до промене његове количине.

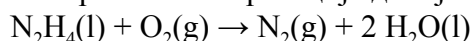
а) 3

б) 3

I 15. II 7. III 3. Процес се састоји из две реакције, (1) и (2):



Сабирањем ових реакција добија се укупна реакција процеса:



Стандардна реакциона енталпија је $\Delta_r H^\circ = 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) - \Delta_f H^\circ(\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})) = 2 \cdot (-285,8 \text{ kJ}) - 50,6 \text{ kJ mol}^{-1} = -622,2 \text{ kJ mol}^{-1}$, што значи да производња 2 mol воде ослобађа 622,2 kJ топлоте. У једном литру воде налази се $1000 \text{ g} / 18 \text{ g mol}^{-1} \approx 55,56 \text{ mol}$ воде, тако да је количина ослобођене топлоте приликом стварања једног литра воде $(622,2 \text{ kJ}) \cdot (55,56 \text{ mol} / 2 \text{ mol}) \approx 17285 \text{ kJ} \approx 17,3 \text{ MJ}$, односно тражена вредност је 17,3 MJ/L. Ово је велика вредност, тако да је мало вероватно да би се овакав процес могао заправо извести на безбедан начин у условима какве је користио Вотни.

I 16. II 4. У раствору има $0,09 \cdot 50 \text{ g} = 4,5 \text{ g}$ натријум-хлорида. Раствор масеног удела те соли 5,0%, а који садржи ту масу NaCl треба да има масу $4,5 \text{ g} / 0,05 = 90 \text{ g}$. То значи да 9,0% раствор треба разблажити са $90 \text{ g} - 50 \text{ g} = 40 \text{ g}$ воде.

I 17. II 8. III 13. Из масе калијум-перхлората, 0,3112 g, може се израчунати број молова калијум-перхлората ($n(\text{KClO}_4)$; $M_r=138,5$), који је једнак броју молова калијум-хлорида ($n(\text{KCl})$; $M_r=74,5$), односно 2 пута већи од броја молова K_2O ($n(\text{K}_2\text{O})$; $M_r=94$), тј. $n(\text{KClO}_4) = n(\text{KCl}) = 2n(\text{K}_2\text{O}) = 0,3112/138,5 = 0,002247 \text{ mol}$. Маса KCl је онда $m(\text{KCl}) = 0,002247 \times 74,5 = 0,1674 \text{ g}$, а маса K_2O : $0,002247 \times 94 / 2 = 0,10561 \text{ g}$. На основу услова задатка следи да је $m(\text{NaCl}) + m(\text{KCl}) = 0,2156 \text{ g}$, односно $m(\text{NaCl}) = 0,2156 - 0,1674 = 0,0482 \text{ g}$ ($M_r=58,5$), а маса Na_2O ($M_r=62$) $m(\text{Na}_2\text{O}) = 1/2 m(\text{NaCl}) \times 62 / 58,5 = 0,25542 \text{ g}$. Из маса Na_2O и K_2O се лако може

израчунати удео ових оксида у силикату: $\omega(\text{Na}_2\text{O}) = m(\text{Na}_2\text{O}) / 0,8617 = 0,02964$ (2,96%), $\omega(\text{K}_2\text{O}) = m(\text{K}_2\text{O}) / 0,8617 = 0,12256$ (12,26%)

I 18. Li^+ јон има електронску конфигурацију $1s^2$, односно стабилну конфигурацију племенитог гаса-хелијума. Зато је за јонизацију наредног електрона из попуњеног енергетског нивоа потребна веома велика количина енергије.

Ne^+ , F^+ и N^+ јони имају конфигурацију: $1s^2 2s^2 2p^x$, где је x редом 5, 4 и 2. Како је у питању исти (2p) подниво из кога ће се извршити наредна јонизација (до Ne^{2+} , F^{2+} и N^{2+}), а ови атоми имају различит број протона у језгру – различита је и привлачна сила која делује на електроне из овог поднивоа. Она ће бити највећа код Ne^{2+} , па ће и енергија јонизације бити највећа за формирања Ne^{2+} (10 протона у језгру), мања за формирање F^{2+} (9 протона), а најмања код N^{2+} (7 протона).

$\text{N} < \text{F} < \text{Ne} < \text{Li}$

I 19. II 18. а), в) и г)

Централни C-атоми су sp хибридитовани у CO_2 и HCN граде по две π везе - ови молекули су линеарни. Ве из $\text{BeH}_2(\text{g})$ је такође sp хибридитован, а молекул BeH_2 линеаран, но за разлику од претходна два молекула нема додатних π веза.

Познато је да молекул H_2O има угаону геометрију захваљујући sp^3 хибридизацији кисеоника. Централни атом у угаоном NO_2 , азот, sp^2 је хибридитован, односно поред две σ везе са кисеоничима и једне делокализоване π везе, има и један неспарени електрон у p орбитали.

BeH_2 је електрон-дефицитарна честица, односно нема задовољено октетно правило, те у чврстом агрегатном стању формира кристалну решетку где се атом Ве налази између 4 водоника - у центру тетраедра.

I 20. II 12. Температура топљења метала зависи од јачине везе којом се атоми метала међусобно повезују - металне везе, односно од броја (валентних) електрона и енергетског нивоа на коме се они налазе.

а) натријум или калијум

Исти број валентних електрона, али су електрони натријума на нижим енергетским нивоима (главни квантни број је нижи за један).

б) натријум или алуминијум

За формирање металне везе код алуминијума на располагању су три електрона, због чега он има већу тачку топљења од натријума (само један). Поред тога електрони алуминијума су на нивоима нешто нижим од оних код натријума (већи број протона у језгру, али исти главни квантни број).

в) гвожђе или магнезијум

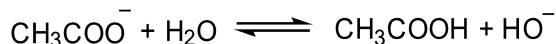
Већи број валентних електрона гвожђа (овде и d електрони учествују у грађењу металне везе).

г) цинк или бакар

Иако Zn ([Ar]4s²3d¹⁰) има један валентни електрон више од Cu ([Ar]4s¹3d¹⁰), њихове конфигурације сугеришу да стварање метане везе код цинка нарушава порпуно попуњене 4s и 3d поднивоe. Одавде следи да ће, поредбено, у гасној фази атом цинка бити стабилнији него атом бакра, а метални бакар бити стабилни (имати вишу тачку топљења) од металног цинка.

II 1. III 6. Константа базности натријум-ацетата је:

$$K_b = [\text{OH}^-][\text{CH}_3\text{COOH}]/[\text{CH}_3\text{COO}^-]$$



Знајући да је $K_b \times K_a = K_w = 10^{-14}$ (K_a – константа киселости сирћетне киселине, $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$; K_w – јонски производ воде), следи да је $K_b = 10^{-14} / 1,8 \times 10^{-5} = 5,556 \times 10^{-10}$. Имајући у виду да је аналитичка концентрација натријум-ацетата $c = 0,020 \text{ mol/dm}^3$, а равнотежна концентрација хидроксидних јона (која је једнака равнотежној концентрацији сирћетне киселине) $[\text{OH}^-]$, следи да је равнотежна концентрација ацетата $0,020 - [\text{OH}^-]$. Заменом ових и вредности за K_b у горе дати израз, следи да је $5,556 \times 10^{-10} = [\text{OH}^-]^2 / (0,020 - [\text{OH}^-])$. Преуређењем овог израза се добија квадратна једначина $[\text{OH}^-]^2 + 5,556 \times 10^{-10} \times [\text{OH}^-] - 1,111 \times 10^{-11} = 0$, чијим решавањем се добија да је концентрација OH^- јона, $[\text{OH}^-] = 3,33 \times 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$ (друго решење квадратне једначине је негативно). Из овога следи да је $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 5,5$, односно да је $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 8,5$.

II 2. III 14. 1) $\overset{+2}{\text{Cu}}\overset{0}{\text{Cl}}_2 + \overset{0}{\text{Zn}} \rightarrow \overset{0}{\text{Cu}} + \overset{+2}{\text{Zn}}\overset{0}{\text{Cl}}_2$; бакар(II) се редукује до бакра(0), редукионо средство је Zn.

2) $\overset{+2}{\text{Cu}}\overset{-1}{\text{Cl}}_2 + \overset{-1}{\text{Na}}\overset{0}{\text{I}} \rightarrow \overset{+1}{\text{Cu}}\overset{0}{\text{I}} + \overset{0}{\text{I}}_2 + \overset{0}{\text{Na}}\overset{0}{\text{Cl}}$; бакар(II) се редукује до бакра(I), редукионо средство је NaI (или само I⁻).

3) $\overset{+1}{\text{Cu}}\overset{-1}{\text{Cl}} + \overset{-1}{\text{K}}\overset{0}{\text{Cl}} + \overset{0}{\text{F}}_2 \rightarrow \overset{+3}{\text{K}}_3\overset{-1}{\text{Cu}}\overset{0}{\text{F}}_6 + \overset{0}{\text{Cl}}_2$; бакар(I) се оксидује до бакра(III), оксидационо средство је F₂ (хлор се такође оксидује).

4) $\text{CuCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS} + \text{NaCl}$; ово није редокс процес, већ реакција метатезе.

5) $\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{BaCO}_3 + \overset{+2}{\text{Cu}}\overset{0}{\text{O}} + \overset{0}{\text{O}}_2 \rightarrow \overset{+7/3}{\text{YBa}}_2\overset{-2}{\text{Cu}}_3\overset{0}{\text{O}}_7 + \overset{-2}{\text{C}}\overset{0}{\text{O}}_2$; просечно оксидационо стање бакра у производу је $+7/3 \approx +2,67$, што је веће од оксидационог стања у реактанту (+2), тако да се барем део бакра(II) оксидује, а оксидационо средство је O₂. Оксидационо стање од +7/3 је просечно оксидационо стање атома бакра, нпр. на два атома која су у оксидационом стању +2, један би био у оксидационом стању +3, тј. $(2+2+3)/3 = 7/3$.

Имајући ово у виду, тачни одговори су:

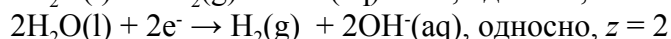
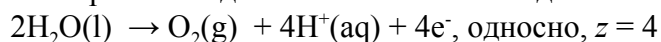
а) F₂, O₂

б) Zn, NaI (или I⁻)

II 3. III 7. До смањења масе раствора долази услед а) издвајања гасовитих водоника и кисеоника, насталих електролизом воде и б) таложења калцијум-нитрата-тетрахидрата (последича смањења количине воде).

Количине, односно масе водоника и кисеоника издвојене на електродама, могу се израчунати на основу Фарадејевог закона ($n = Q / zF = It / zF$, $m = nM_r = M_r It / zF$; F -Фарадејева константа, z – број електрона који учествује у процесу, I – јачина струје, t – време, Q – укупна количина наелектрисања). Према условима задатка, $It / F = 5 \text{ A} \times 43200 \text{ s} / 96500 \text{ C mol}^{-1} = 2,2383 \text{ mol}$.

Електролиза воде се може описати следећим полуреакцијама:



Имајући ово на уму, следи да је $m(\text{H}_2) = nM_r = M_r Q / zF = (2 \times 2,2383) / 2 = 2,2383 \text{ g}$, а $m(\text{O}_2) = nM_r = M_r Q / zF = (32 \times 2,2383) / 4 = 17,9067 \text{ g}$.

На основу овога следи да се разложило укупно $17,9067 + 2,2383 = 20,1450 \text{ g}$ воде. Како је маса раствора смањена за укупно $41,9 \text{ g}$, следи да се након електролизе воде издвојило $41,900 - 20,1450 = 21,755 \text{ g}$ калцијум-нитрата-тетрахидрата.

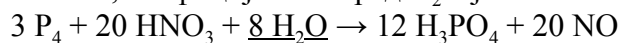
Како је молекулска маса калцијум-нитрата 164 , а молекулска маса калцијум-нитрата-тетрахидрата 236 , следи да се из раствора издвојило $21,755 \times 164 / 236 = 15,118 \text{ g}$ калцијум-нитрата, односно $21,755 - 15,118 = 6,637 \text{ g}$ воде. Ово даље значи да је у раствору заостало $160 - 20,1450 - 6,637 = 133,218 \text{ g}$ воде и

$100 - 15,118 = 84,882 \text{ g}$ ($0,5176 \text{ mol}$) калцијум-нитрата. Дакле, маса калцијум-нитрата-тетрахидрата у раствору је $0,5176 \times 236 = 122,1536 \text{ g}$, а маса воде у којој је он растворен је $133,218 - 4 \times 18 \times 0,5176$ (маса воде која је формално део калцијум-нитрата-тетрахидрата) $= 95,95 \text{ g}$. Другим речима, у $95,95 \text{ g}$ воде, растворено је $122,1536 \text{ g}$ калцијум-нитрата-тетрахидрата. Прерачунато на 100 g воде, растворљивост калцијум-нитрата-тетрахидрата је $100 \times 122,1536 / 95,95 = 127,3 \text{ g}$.

II 5. III 5. У реакцији концентроване азотне киселине и неког слабог редукционог средства као што је бели фосфор, азотна киселина се редукује до оксида азота (NO или NO_2), заједно означених са NO_x . Тако би онда једначина реакције била:



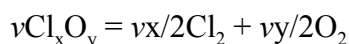
за $x = 1$, коефицијент испред H_2O је негативан, па је



за $x = 2$



II 11. III 4. Једначина реакције разлагања оксида хлора А (Cl_xO_y), запремине v , може се записати као



Према условима задатка, новодобијена смеша има запремину $3v/2$, односно $3v/2 = vx/2 + vy/2$ (збир запремина хлора и кисеоника). Када се из добијене смеше апсорбује хлор помоћу раствора калијум-јодида, заостали гас заузима запремину v . Другим речима, запремина кисеоника једнака је v , из чега следи да је $y = 2$ ($vy/2 = v$). Заменом вредности за y у израз $3v/2 = vx/2 + vy/2$, добија се да је $x = 1$. Емпиријска формула оксида А је онда ClO_2 (хлор-диоксид). Жуто-зелени хлор-диоксид, који кристалише на -59°C у виду наранџастих кристала, јако је оксидационо средство и користи се за дезинфекцију воде и као избелјивач.

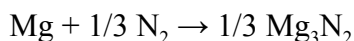
II 19. III 11. Магнезијум сагорева према следећој једначини реакције:



Дакле, повећање масе лончића након сагоревања би требало да представља масу кисеоника који се веза за магнезијум. Емпиријску формулу би одредили на основу следеће једначине:

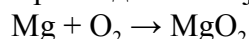
$$\frac{m(\text{траке})}{M(\text{Mg})} \cdot \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{m(\text{траке})}{M(\text{Mg})} \cdot \frac{m_2(\text{лончић}) - m_1(\text{лончић})}{M(\text{O})},$$

где је $m(\text{траке}) = m_1(\text{лончић са траком магнезијума}) - m_0(\text{празан лончић})$, а $m_2(\text{лончић са магнезијум-оксибом})$. Ученикова емпиријска формула показује да је други члан односа у горњој једначини био мањи него што би требало да буде, односно да је привидно мања маса везаног кисеоника. Овоме не могу бити узроци в и г. Део магнезијума реагује са атмосферским азотом према једначини реакције:



Пошто 1 mol магнезијума везује 0,5 mol $\text{O}_2 = 16 \text{ g}$ кисеоника, али 0,333 mol $\text{N}_2 = 9,333 \text{ g}$ азота, укупно повећање масе би било мање, а тиме и претпостављена маса која одговара кисеонику.

Са друге стране, ако би настао пероксид магнезијума:

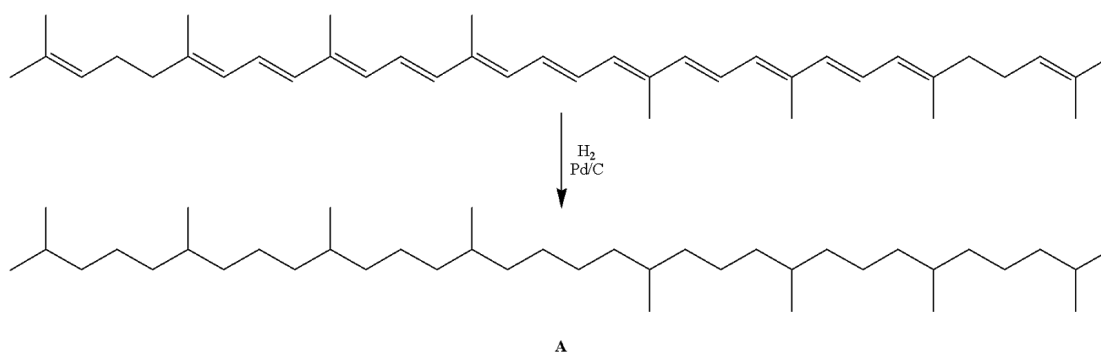


тада би маса везаног кисеоника била већа, јер по овој једначини 1 mol магнезијума реагује са 1 mol $\text{O}_2 = 32 \text{ g}$ кисеоника.

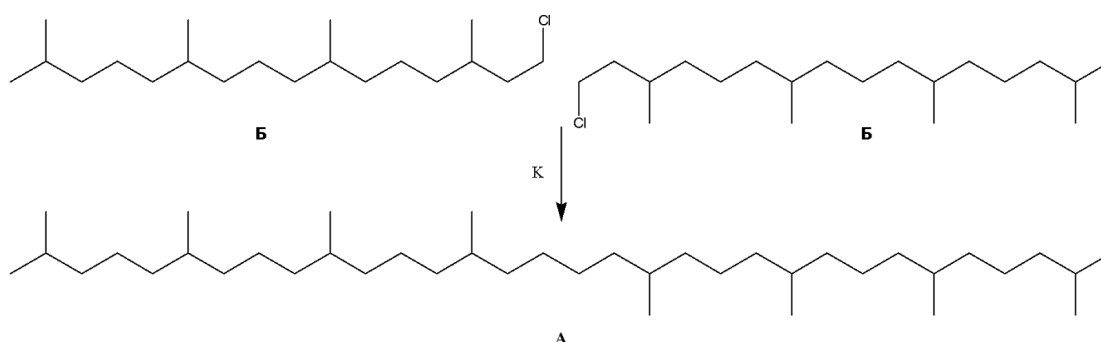
За разматрање одговора под д), маса траке је у ствари једнака збиру маса елементарног магнезијума и онечишћења магнезијум-оксида. Након сагоревања само магнезијум реагује (везује) кисеоник, а како га има мање, везаће и мању количину кисеоника, тј. изгледаће као да постоји мањак кисеоника у односу на укупну масу магнезијума. И ово је могућ узрок лошег формуле у којој постоји мањак кисеоника у односу на формулу магнезијум-оксида.

Могући разлози су под: а и д.

III 15. Једињење А је производ потпуне каталитичке хидрогенизације:

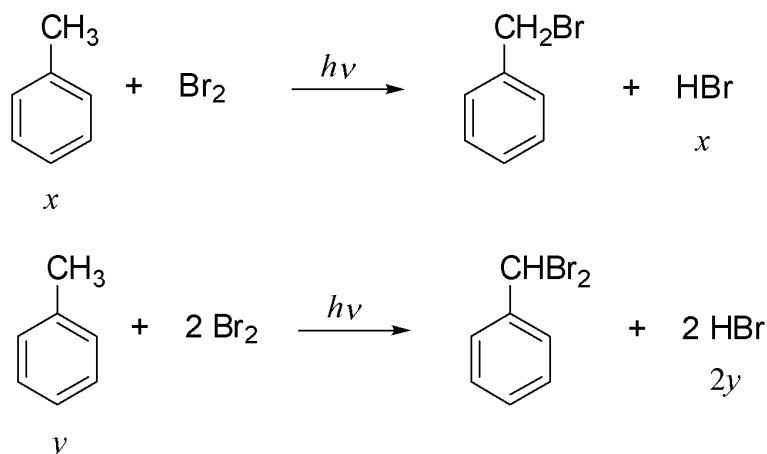


Једињење А је симетричан рачvasti алкан који се може добити из одговарајућег алкил-хлорида, бромида или јодида Вирцовом реакцијом са металним калијумом:



Међутим, на основу услова молекулске масе, у овом задатку то може једино да буде хлорид, тј. 1-хлор-3,7,11,15-тетраметилхексадекан (Б).

III 16. Реакција која се одвија је слободно-радикалска супституција метил-групе толуена, а не електрофилна ароматична супституција бензеновог језгра. Радикалском супституцијом бензилних водоника бромом добија се, поред бензил- и бензал-бромида, бромоводоник, за чији раствор, пошто је јака киселина, важи $c(\text{HBr}) = [\text{H}^+] = 10^{-1,7} = 0,02 \text{ mol/dm}^3$. Количина бромоводоника је $n(\text{HBr}) = c(\text{HBr}) \cdot V = 0,04 \text{ mol}$. Са друге стране, количина толуена је $(2,76 \text{ g})/92 \text{ g mol}^{-1} = 0,03 \text{ mol}$. Однос количине толуена и бромоводоника је $3:4 = 1:1,33$. Када је овај однос 1:1 настаје монобромсупституисани производ, када је 1:2 настаје дибромсупституисани производ, итд. Пошто је однос између 1:1 и 1:2, и пошто су настала само два производа, један мора бити монобромсупституисани, а други дибромсупституисани, а реакције њиховог настајања су:

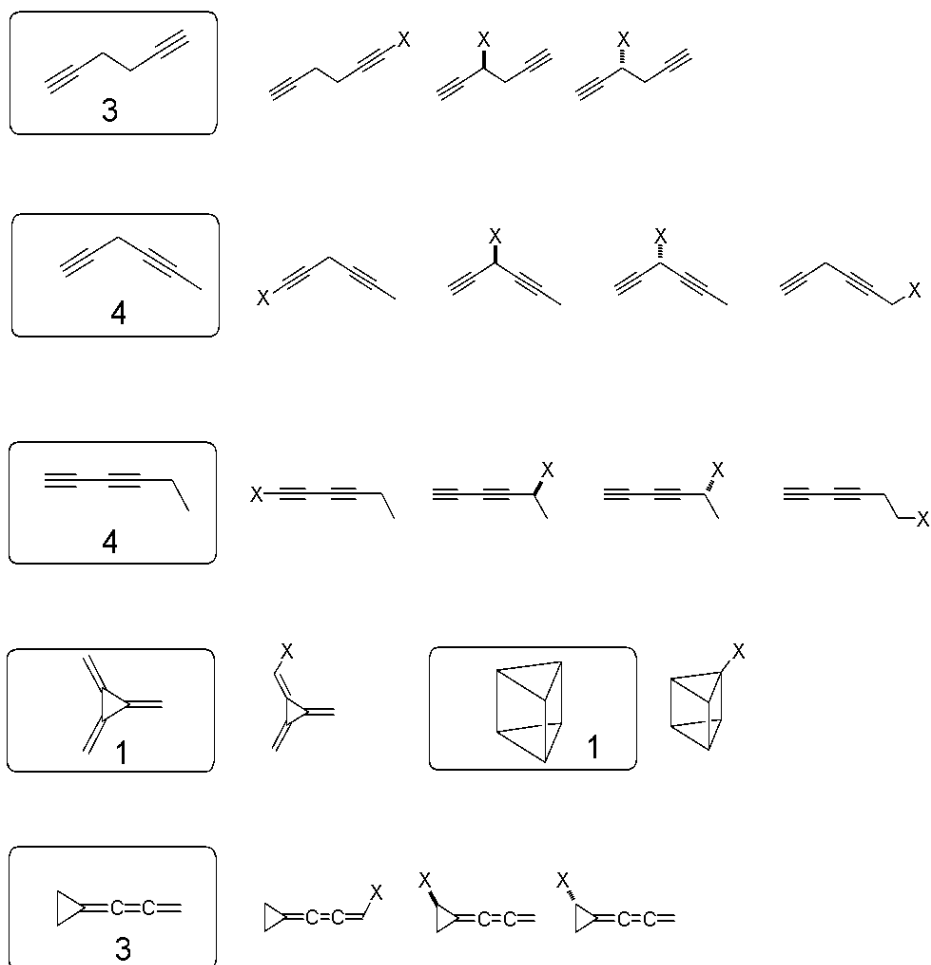


Решења система једначина $x + y = 0,03$ и $x + 2y = 0,04$ су $x = 0,02$ и $y = 0,01$, тако да је маса монобром-производа $m(\text{C}_7\text{H}_7\text{Br}) = xM(\text{C}_7\text{H}_7\text{Br}) = 3,42 \text{ g}$ и $m(\text{C}_7\text{H}_6\text{Br}_2) = yM(\text{C}_7\text{H}_6\text{Br}_2) = 2,5$.

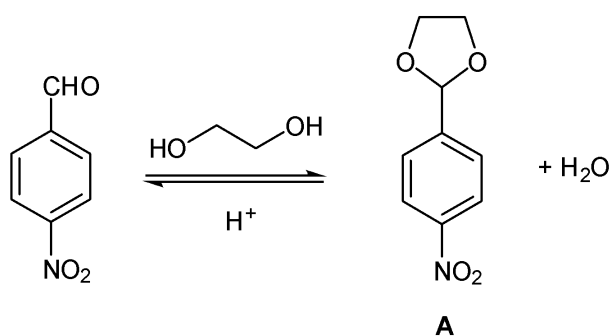
III 17. Густина гаса (гасне смеше) према водонику је $D(\text{H}_2) = \rho_{\text{гас}} / \rho(\text{H}_2)$ (густине истих количина гаса мерене при истим вредностима притиска и температуре, у судовима исте запремине). Знајући да је $\rho = m / V = nM / V$, лако се добија да је $D(\text{H}_2) = M_{\text{гас}} / M(\text{H}_2) = M_{\text{гаса}} / 2$. Према условима задатка $5 < M_{\text{смеша}} / 2 < 10$, односно $10 < M_{\text{смеша}} < 20$. Како се зна да се смеша састоји од по 1 мола непознатог алкана А и водоника (молски удео сваког од гаса у смеси је 0,5), $M_{\text{смеша}} = 0,5 \times M_A + 0,5 \times M(\text{H}_2) = 0,5 \times M_A + 1$. Заменом овог израза у горе дату неједначину, добија се да је $18 < M_A < 38$. Једини алкан који испуњава овај услов је етан ($M_r(\text{метан}) = 16$, $M_r(\text{етан}) = 30$, $M_r(\text{пропан}) = 44 \dots$). Дакле, непознати алкан А је етан.

Ако се број молова етена који је додат у смешу обележи са x , а број молова етена који је подлегао хидрогенизацији y (толико је и молова водоника изреаговало, а молова етана добијено), добија се да је број молова почетне гасне смеше (пре хидрогенизације) $n_1 = n_{\text{етан}} + n(\text{H}_2) + x = 2 + x$, а крајње (након успостављања равнотеже) $n_2 = (n_{\text{етан}} + y) + (n(\text{H}_2) - y) + (x - y) = 2 + x - y$ (након успостављања равнотеже, $n_{\text{етана}} = 1 + y$, $n(\text{H}_2) = 1 - y$, а $n_{\text{етен}} = x - y$). Како се количина гасовите фазе након хидрогенизације смањила за 20%, следи да је $(n_1 - n_2) / n_1 = 0,2$, односно $y / (2 + x) = 0,2$ (једначина 1). Из константе реакције хидрогенизације K_x следи да је $\chi_{\text{етан}} / (\chi_{\text{етен}} \times \chi(\text{H}_2)) = (1 + y) / n_2 / ((1 - y)(x - y) / n_2 \times n_2) = 20$ (χ молски удео супстанце у гасовитој смеси). Преуређењем овог израза, и заменом вредности за n_2 , добија се да је $(1 + y)(2 + x - y) = 20(1 - y)(x - y)$ (једначина 2). Полазећи од једначина 1 и 2, лако се могу добити вредности за x и y : $x_1 = 1,333 \text{ mol}$ и $y_1 = 0,667 \text{ mol}$, односно $x_2 = 1,571 \text{ mol}$ и $y_2 = 0,714 \text{ mol}$. Оба решења за x испуњавају услов да је додато мање од 2 mol етена. Дакле, у смешу је додато $x_1 = 1,333 \text{ mol}$ или $x_2 = 1,571 \text{ mol}$ етена.

III 18. Сви моносупституисани деривати (укључујући и стереоизомере) разматраних структура налазе се на слици доле. X-супституент.



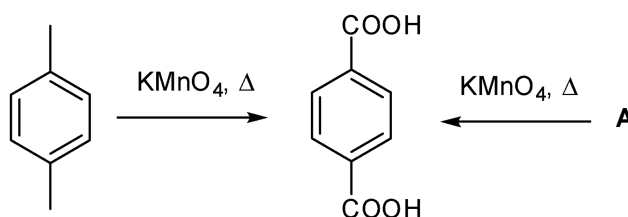
III 19. У току реакције долази до грађења ацетала 4-нитробензалдехида (једињење А). Ово је повратна реакција, а равнотежа је померена на страну алдехида, те је из тог разлога неопходно одводити воду из система.



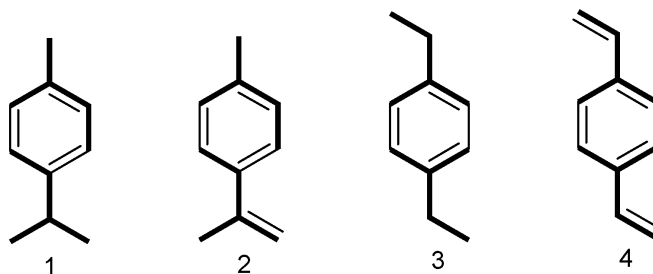
Један део издвојене воде (маса m_1) потиче из додатог монохидрата 4-толуенсулфонске киселине ($p\text{TC}$), а други (маса m_2) настаје у реакцији грађења ацетала. Маса воде која потиче из $p\text{TC}$ је једнака $m_1 = n(p\text{TS}) \times 18 = 0,4 \times 18 / 190 = 0,03789 \text{ g}$. Како је укупно издвојено $0,7538 \text{ cm}^3$ односно $0,7538 \text{ g}$ воде, следи да је у реакцији ацетализације настало $m_2 = 0,7538 - 0,03789 = 0,7159 \text{ g}$, односно $0,03977 \text{ mol}$ воде. Истовремено, награђено је $0,03977 \text{ mol}$ ацетала ($7,76 \text{ g}$), што је и максимална количина овог једињења која се из реакционе смеше може изоловати. За реакцију је одмерено $7,56 \text{ g}$ ($0,05 \text{ mol}$) 4-нитробензалдехида, из којих је теоријски било могуће добити $9,76 \text{ g}$ ацетала

(додато је и 0,055 mol етилен-гликола, дакле мали вишак). На основу овога, следи да је принос ацетала био $7,76 / 9,76 = 0,795$, односно 79,5%.

III 20. Како су монотерпени састављени од две повезане изопренске јединице (2-метил-1,3-бутадиен), следи да непознато једињење (А) садржи 10 угљеникових атома. Оксидација и једињења А и *p*-ксилена раствором калијум-перманганата уз загревање даје исто једињење Б. Под овим условима се алкил-супституенти (сем *tert*-алкил-група), везани за бензеново језгро, преводе у карбоксилне функционалне групе, дакле, Б је терефтална киселина (бензен-1,4-дикарбоксилна киселина, видети слику доле).



Из овога следи да једињење А садржи *p*-супституисано бензеново језгро. Имајући на уму укупан број С-атома у А, 4 једињења испуњавају претходни услов:



Ипак, структуре 2 и 4 нису у сагласности са чињеницом да, при благим условима, једињење А не подлеже каталитичкој хидрогенизацији (обе садрже двогубе везе у бочним низовима, које се могу хидрогенизовати под благим условима).

Иако би се, формално, и код структуре 1 и код структуре 3 могла уочити по два изопренска фрагмента (обележена су масним линијама), већина монотерпена настаје „глава – реп“ повезивањем изопренских јединица:



Овај услов испуњава само структура 1 (у случају структуре 3, повезивање би било „глава – глава“). Тако, једињење А је 1-изопропил-4-метилбензен (*p*-цимен).