

KEEMIA ÜLESANNETE LAHENDAMINE II

Loogika ülesanded

Mõelge, kuidas te lahendate keemilisi ülesandeid. Tuletage meelde kooli ülesandeid lähteainete ja produktide moolide arvutamise, liia ja puudujäägi ning lahuste valmistamise peale jne. Paljud nendest on "keemilise aritmeetika" näideteks, ning nende lahendamiseks ei ole vajalik arusaamine, vaid arvude valemisse panemise oskus. Õnneks nõuab olümpiaadide ülesannete lahendamine rohkemat, nimelt peale valemite ka loogika (olemuselt matemaatilise) kasutamist.

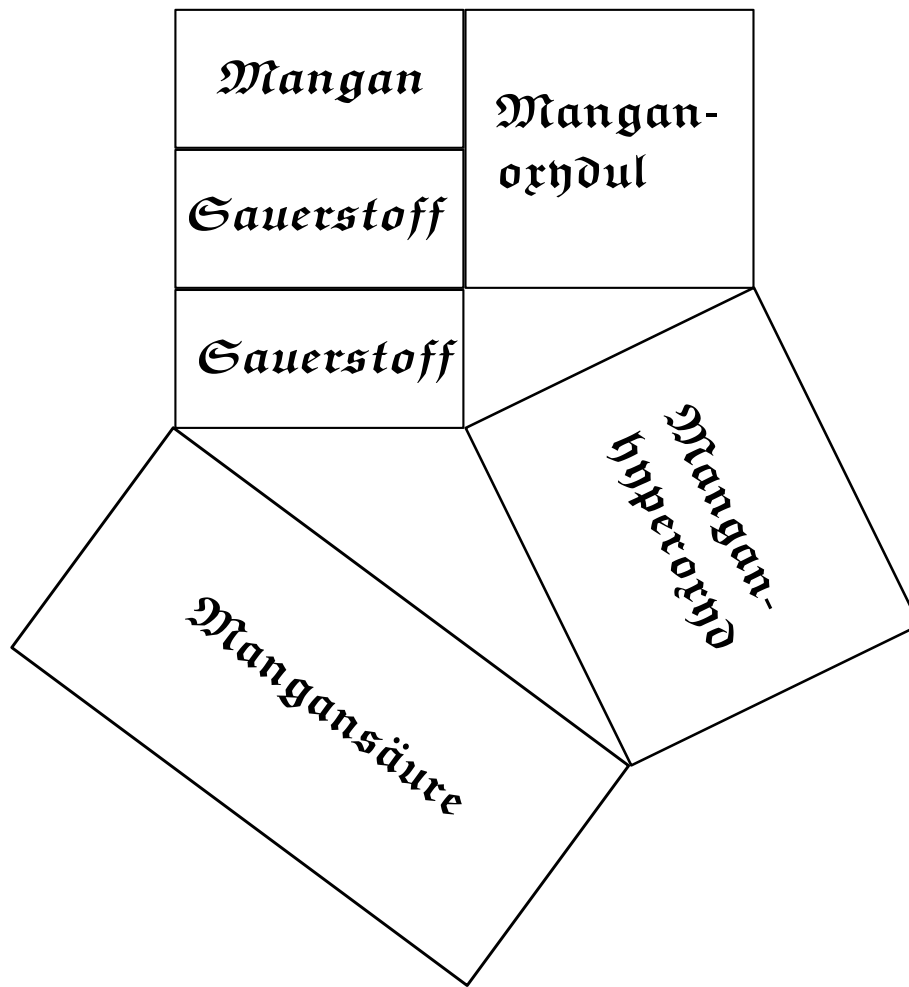
Ülesande tekstiga tutvumine

Pöördu suvalise ülesande teksti juurde. Väga tähtis on algandmete interpreteerimine. Just õige (range) keemia faktidega opereerimine tagab tekstist eduka arusaamise. Analoogselt tagab ülesande teksti õige tõlgendamine tema eduka lahendamise. Mõlemal juhul mõistetakse sõna "õige" all "loogiliselt põhjendatud".

Hea on kui ülesande tekstis on kõik selge ja kõik teada. Näiteks kui ülesandes on antud "0,1 MKCl", siis ee tähendab, et tegemist on "0,100 molaarse kaaliumkloriidi *vesilahusega*". Aga kas te teate, mida tähendab "4,87 (s, 1H)"? Kui ei tea, siis see tähendab vaid seda, et teil on õigus interpreteerida andmeid oma loogikast lähtudes. Sel juhul olete te nagu krüptograaf, kes püüab dešifreerida salastatud teadmisi.

Ülesanne 1

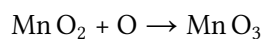
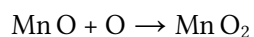
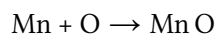
Joonisel on kujutatud mangaani ebastabiilse ühendi tekkimise etappiline protsess, mis on võetud Friedlieb Runge (XIX sajand) õpikust. Tooge protsesside tasakaalustamise võrrandid, kaasaegseid keemilisi tähistusi kasutades.



Lahendus:

Joonisel on kujutatud kolme mangaanoksiidi tekkimise etappiline protsess metallilise mangaani ja hapniku vahelise reaktsiooni tulemusena. Reagendid on tähistatud risküülikutena ning nende pindalade summa on võrdne tekkinud vastava produkti risküüliku pindalaga. Näiteks Mn O ja O vahelises reaktsioonis on nende pindalad võrdelised risküüliku Mn O_2 pindalaga.

Vastavad reaktsioonid:



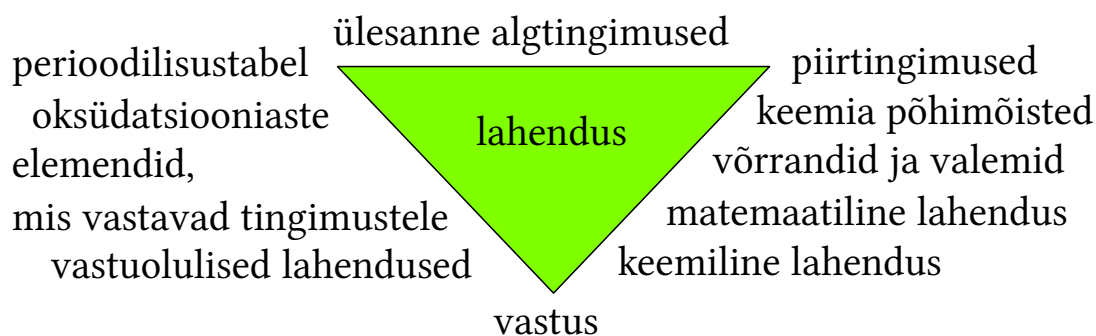
Tuleks mainida, et kuni XIX sajandi lõpuni peeti hanni monoatomiliseks gaasiks.

Väga oluline on ülesande teksti õigesti lugeda ning proovida kas või mingil määral saada sellest aru. Kui midagi on jäänud ikkagi arusaamatuks, siis tuleb üldiselt tõlkida ülesande teksti teie mõtete keelde. Vastavalt Couperi seadusele: "kui mingisuguse sõna tähendus tehnilises tekstis jääb teile tundmatuks, siis ärge pöörake sellele tähelepanu, sest tekst säilitab sisu ka ilma selleta".

Ülesande teksti analüüs

Peale lugemist peaks ülesande teksti analüüsima arusaamise lihtsustamise eesmärgiga. Analüüs seisneb ülesande peamiste komponentide selgestegemises ja süstematiseerimises: üksikud teksti osad (faktid), peamised ülesande küsimused (eesmärgid), lahendusvõtmed (need tekstide osad, millest on mõistlik alustada lahendamist).

Mustandil peaks joonistama skeemi või koostama tabeli, ning kehtestama enda jaoks *piirtingimused*. Kui ülesanded on elemendi X keemilise valemi leidmisele, siis esimesel lähenemisel piirtingimuseks oleks elemendi kuuluvus elementide perioodilisustabelisse, siis tema oksüdatsiooniaste või valentsus, ning seejärel tema keemilised ja füüsikalised omadused. Perioodilisustabel on kokkuvõtte teatud elementide gruppeerimise reeglist; erinevates ülesannetes võivad reeglid olla väga erinevad. Üldjuhul paikneb optimaalne lahendamise tee piirtingimuste piirides, pole vastuolus tuntud keemiliste faktidega (massi ja laengu jäävuse seadus, stöhhiomeetria), võib olla väljendatud matemaatiliselt valemi kujul, ning on vastavuses ülesande algtingimustega.



Vaatame näidet.

Ülesanne 2

Ühendid A–H on kõik binaarsed ained mis sisaldavad elementi X.

A laguneb toatemperatuuril aineks B ja gaasiliseks lihtaineks I. Aine C tööstuslikuks saamiseks kasutatakse kõrgrõhul vastavaid gaasilisi lihtaineid. Tahke kristallse lihtaine reageerimisel 600°C juures ainega D tekivad ained E ja binaarne ühend, mille reageerimisel lihtainega I tekib kaks samasuguse stöhhiomeetrilise koostisega gaasilist ainet. Ühend F reageerib mangaan(IV)oksiidiga moodustades gaasilise lihtaine, ühendi B ja binaarse lihtsoola. Gaasilise aine G saamiseks viiakse läbi reaktsioon kõigepealt 300°C juures tahke inertse lihtaine J ja ühendi F vahel ning selle tagajärjel tekivad ühend K ja gaasiline lihtaine. Aine K disproportsioneerumisel tekib ühend G ja binaarne sool L. Ühendite L ja B reageerimisel tekivad ühendid F ja M. Inertse oksiidi M reageerimisel ühendiga H tekib ühend B ja binaarne lihtsool.

Tehke kindlaks ühendid A–M ja element X.

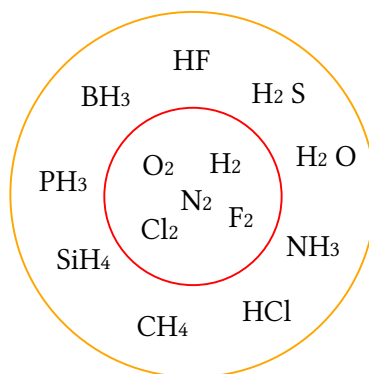
Lahendus:

Selle ülesande teksti oleks mugav üleskirjutada nimekirja kujul:

1. Ühendid **A–H** on kõik *binaarsed ained* mis sisaldavad elementi **X**.
2. **A** laguneb toatemperatuuril aineks **B** ja *gaasiliseks lihtaineks* **I**.
3. Aine **C** tööstuslikuks saamiseks kasutatakse kõrgrõhul vastavaid *gaasilisi lihtaineid*.
4. Tahke molekulaarse lihtaine reageerimisel 600°C juures ainega **D** tekivad ained **E** ja *binaarne ühend*, mille reageerimisel lihtainega **I** tekib kaks samasuguse stöhhiomeetrilise koostisega gaasilist ainet.
5. Ühend **F** reageerib mangaan(IV)oksiidiga moodustades *gaasilise lihtaine*, ühendi **B** ja *binaarse lihtsoola*.
6. Gaasilise aine **G** saamiseks reageerib kõigepealt tahke inertne lihtaine 300°C juures ühendiga **F**, mille tagajärjel tekivad ühend **K** ja *gaasiline lihtaine*. Aine **K** disproportsioneerumisel tekib ühend **G** ja *binaarne ühend* **L**. Ühendite **L** ja **B** reageerimisel tekivad ühendid **F** ja **M**. *Inertse oksidi* **M** reageerimisel ühendiga **H** tekib ühend **B** ja binaarne lihtsool.

Ülesanne eeldab päris põhjalikke teadmisi, kuid lahendus muutub oluliselt lihtsamaks, kui ära arvata, millistest binaarsetest ühenditest on juttu. Lahendusvõtmeks on element **X**, milleks on vesinik. Seda on kerge ära arvata, kuna viiendas punktis on olemas otsene vihje reaktsioonile $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$. Pealegi on intuiitiivselt mõistetav, et lahendus peaks olema lihtne: vesiniku binaarsed ühendid on lihtne lahendus.

Peaks tunnistama, et ülesande tingimustes on tihti mainitud lith- ja binaarsed ained, mida on koolikursuses suhteliselt palju. Piirtingimusteks valime lihtgaasid N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 (vääriskaasid ei sobi! miks?). Nendele vastavad siis vesinikühendid NH_3 , H_2O , HF , HCl . Laiendame piirtingimusi ning lisame vaadeldavate vesinikühendite hulka ka BH_3 , CH_4 , SiH_4 , H_2S , HBr , HI . Millised valitud ühenditest on sobivad saab teada kõrvutades ülesande tingimusi koos ainete omadustega.



Püüdke vastata küsimustele järgmisest nimekirjast:

1. Kas vesinik ja loetletud binaarsed ühendid vastavad esimesele tingimusele? Mõelge, miks ei sobi oksiidid, nitriidid, karbiidid jne.
2. Milline aine laguned vastavalt võrrandile: $H_n Y_m \rightarrow H_n Y_{m-2x} + x Y_2$. Tuletage meelde piirtingimused.
3. Millist ainet sõnteesitakse tööstuslikes mastaabis vastavalt võrrandile: $H_2 + Z_2 \rightarrow H_n Z_m$? Ärge unustage piirtingimustest!
4. Milline molkulaarne aine võiks osaleda reaktsioonis: $H_n V_m + W_i \rightarrow H_n W_m + V_p W_q$, milles elemendid **V** ja **W** on võimelised moodustama (tõenäoliselt kõigile meile tuntud) okside VO_n ja WO_n ?
5. Kas nende tingimustega sobivad HI või HBr?
6. Milline inertne lihtaine moodustab inertse oksidi? See küsimus viitab piirtingimusele, mis eksisteerib keemiliste elementide perioodilisustabeli piirides. Mis element vastab selle ainele: B, C, N, O, Si, P, S ...?

Õiged vastused: **A** – H_2O_2 , **B** – H_2O , **C** – NH_3 , **D** – CH_4 , **E** – H_2S , **F** – HCl , **G** – SiH_4 , **H** – HF , **I** – O_2 , **K** – $SiHCl_3$, **L** – $SiCl_4$, **M** – SiO_2

Eelmises ülesandes olid üksikud tingimused vähe seotud üksteistega. Paljude ülesannete puhul täidavad ülesande üksikud tingimused teineteist. Sellepärast lahendamise jaoks on väga mugav koostada seoste skeemi.

Üldiselt tuleks lahendusele läheneda samm sammu haaval. Alustada tuleks nn võtmega, milleks on kas fakt või tingimus, mis võimaldab teiste faktide või tingimustega koos vastata ülesande küsimustele.

Ülesanne 3

Binaarne ühend **A**, mis sisaldab 62,5% elementi **X**, reageerib veega, moodustades gaasi **B** (gaasi tihedus õhu suhtes on 0,90) ja hüdroksiidi **C**. Aine **A** kuumutamisel gaasilise lihtainega **D** tekib tahke lihtaine ja aine **E** ($\%X = 50,0$), mille hüdrolüüsil moodustub gaas **F** ja valge tahke aine **G** ($\%X = 40,0$). Aine **G** reaktsioonis happega eraldub gaas **H**. Aine **H** reaktsiooni ainega **F** kasutatakse väetisena tarvitatava ühendi **I** tootmiseks. Aine **I** kuumutamisel eraldub gaas **F** ja tekib kergesti lenduv ühend **J**.

Kirjutage ainete **A–J** valemid ning elemendi **X** sümbol.

Lahendus:

Kõigepealt koostame skeemi.

Punast värvi aine on E-isomeer. Limonaad sisaldab ühendit, mis on sool. Keskmises purgis on aine, milles on kaks ühesugust molekulisest vesiniksidet. Tomati (tumepunase) värvi ühend on karotinoid. Lükopeen on vasakult esimene. Vitamiinide hulka kuuluv aine seisab arbuusis sisalduva aine kõrval. Mandlites sisalduv aine seisab karotinoidide hulka kuuluva aine kõrval. Polüfenoolide hulka kuuluv ühend sisaldab karbonüülrühma. Lükopeen seisab kollase aine kõrval. Karmosiin on asoühend. Vitamiini seisab kümnet metüülrühma sisaldava ühendi kõrval.

Lahendus:

Alustame järgmise tabeli täitmist:

	1	2	3	4	5
Värvus					
Nimetus					
Struktuur, rühm					
Aineklass					
Toiduaine					

Peale esimest lugemist näeb tabel välja järgmiselt:

	1	2	3	4	5
Värvus	tumepunane	kollane		punane	kollakas-oranž
Nimetus	lükopeen				
Struktuur, rühm			N-H...O=C	E-isomeer	
Aineklass	karotinoid				
Toiduaine		mandlid			

Võtmenõueteks olid järgmised tingimused:

Lükopeen on vasakult esimene. Lükopeen seisab kollase aine kõrval. Keskmises purgis on aine, milles on kaks ühesugust molekulisest vesiniksidet. Kollakas-oranži värvi ühendist vasakul pool on punast värvi ühend.

Seejärel tuleks leida järeldused või välistused. Näiteks värvidest on jäänult ainult sinine (teised on välistatud), mis vastab kolmandale pükstile. Kirjutame selle vastavuse järgmiselt: "Indigokarmiin on sinist värvi (3)". Analoogselt: Kurkum (maitseaine) sisaldab kurkumiini (4 või 5); Riboflaviin sisaldab nelja OH-rühma (2 või 5); Limonaad sisaldab ühendit, mis on sool (3, 4 või 5); Vitamiinide hulka kuuluv aine on arbuusis sisalduva aine kõrval (2, 3, 4 või 5); Polüfenoolide hulka kuuluv ühend sisaldab karbonüülrühma (2 või 5); Karmosiin on asoühend (4!); Vitamiin seisab kümnet metüülrühma sisaldava ühendi kõrval (2 või 4).

Karmosiin asub kolmandas anumas, kuna teises ja viiendas peaksid sisalduma riboflaviin ja polüfenoolide hulka kuuluv aine. Seega vitamiin asub teises anumas. Järelikult polüfenool viiendas. Jne...

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Värvus	tumepunane	kollane	sinine	punane	kollakas-oranž
Nimetus	lükopeen	riboflaviin	indigokarmiin	karmosiin	kurkumiin
Struktuur, rühm	-CH ₃	-OH	N-H...O=C	<i>E</i> -isomeer	C=O
Aineklass	karotinoid	vitamiin	sool	asoühend	polüfenool
Toiduaine	arbuus	mandlid	limonaad		kurkum

Martsipanis sisaldub karmosiin!

Lahenduskäik

Viimase ülesande lahendamiseks ei ole tarvis omada keemia faktilisi teadmiseid, vaid väga tähtis on kasutada loogikat. Üllatuseks on keemias väga palju ülesandeid, millede lahendamiseks ei ole vaja näiteks kirjutada keemiliste reaktsioonide võrrandeid või teada aine mingeid füüsikalisi-keemilisi omadusi. Niisuguste loogika ülesannete hulka kuulub ühendite spektrite dešifreerimine. Kuna spektroskoopiaülesanded nõuavad mõningaid selle ala teadmisi, me võime nendega kokku puutuda alles rahvusvahelistel olümpiaadidel. Kuid aga viimasega sarnased ülesanded võimaldavad avastada õpilasi, kes oskavad loogiliselt mõelda, mis tähendab, et nad on võimelised lahendada erisuguseid keemilisi ülesandeid, mis on teaduslikele lähedased, nagu need on spektroskoopia ülesanded.

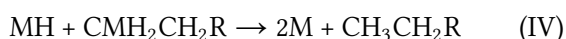
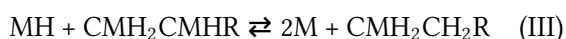
Oluline on õppida mängu reegleid vastu võtma: ülesande teksti analüüsida, leida faktid ning teha nende põhjal järeldusi, ehk siis eeldada, ettearvata ja prognoosida mingit tulemust selles valdkonnas, millega te varem ei ole isegi kokku puutunud.

Lõpuks vaatleme ülesannet, mis tundub esmapilgul suhteliselt raske, aga sisuliselt on loogiline ja kerge.

Ülesanne 5

H – prootium on vesiniku isotoop, mille molekulmass on 1, D – deuterium on isotoop molekulmassiga 2.

Tänu adsorptsioonile toimub metalli pinnal propaani molekulides prootium ja deuteriumi aatomite vahetus. Selleks, et leida vahetusreaktsiooni mehhanismi, oletage et propaan reageerib vastavalt skeemile (**M** – metalli aatom pinnal, R = C¹H₃, I etapis võib pinnale adsorbeeruda nii ¹H₂ kui ka D₂, mis seejärel reageerib propaaniga C¹H₃C¹H₂R):



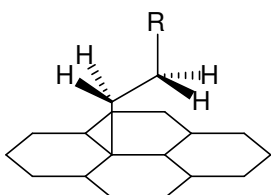
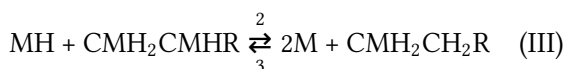
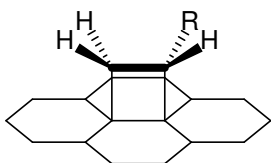
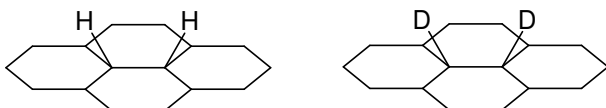
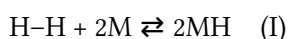
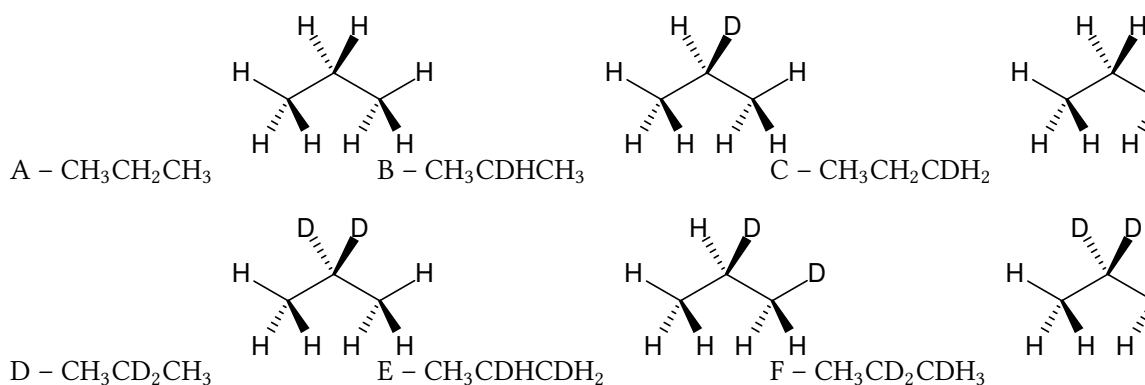
* (I) ja (III) reaktsioon on pöörduvad: vesiniku aatom võib vahetuda mitu korda.

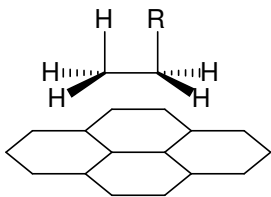
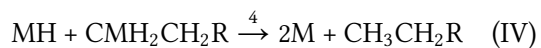
Mitu propaani saadust võib tekkida toodud skeemi põhjal?

Lahendus:

Kooliprogrammi raames teil ei jutunud lahendada sellist tüüpi ülesandeid. Tõenäoliselt te ei ole kunagi sellist näinud ning ei ole ka midagi kuulnud isotoopse vahetuse kohta. Kuid ei tasu hirmuda! Niisiis, te lugesite ülesande teksti läbi, tutvusite definitsioonide ja tähistustega, püüdsite aru saada tekstist tõlkides selle enda mõtete keelde ning saite aru, mida tuleb leida.

Nüüd kui te saite selle keemia "mängu" reeglitest aru tõenäoliselt tulete mõtte peale, et toodud skeemis võib **MH** asemel olla ka **MD**. See fakt ongi lahenduse võtmeks ning tähendab, et üldjuhul tomuvad reaktsioonid: $\text{MX} + \text{MR} \rightarrow \text{MM} + \text{XR}$ ning vastupidi $\text{XR} + \text{MM} \rightarrow \text{MR} + \text{MX}$, s.t. et toimub pöörduv reaktsioon $\text{MX} + \text{MR} \rightleftharpoons \text{MM} + \text{XR}$, kus X on prootium või deuteerium. Loogikat kasutades on lihtne leida isomeere:





Kui esimeses reaktsioonis osaleb $^1\text{H}_2$, siis reaktsioonides (II–IV) tekib ainult ühend **A**.

Ühendid **B–F** tekivad siis kui I reaktsioonis osalevad nii $^1\text{H}_2$ kui ka D_2 . **B** tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. etapis. **C** tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 4. etapis. **D** tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. etapis (kordub kaks korda). **E** tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. ja 4. etapis. **F** tekkimisel vahetatakse H välja D vastu 2. (kordub kaks korda) ja 4. etapis.