

## GONDOLKODÓ



### Feladatok

*Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter*

A megoldásokat 2023. január 9-ig lehet a [kokel.mke.org.hu](http://kokel.mke.org.hu) honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:

#### **KÖKÉL Gondolkodó**

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A **K** feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

**K436.** Egy d-mezőbeli fém és egy nemfémes elem által alkotott, atomrácsban kristályosodó vegyület (**A**) a két elem direktszintézisével előállítható. Három eltérő beméréssel elvégezve a szintézist a táblázatban megadott mennyiségű terméket lehetne kapni. Tudjuk továbbá, hogy a vegyületben másfélszer annyi fématom található, mint nemfématom.

$m(\text{fém}) / \text{g}$	$m(\text{nemfém}) / \text{g}$	$m(\text{képződő vegyület}) / \text{g}$
400,0	100,0	416,7
250,0	100,0	328,9
100,0	100,0	131,6

A két elemnek létezik egy másik vegyülete (**B**) is. Egy ebből készült, 12,34 g tömegű mintában  $5,837 \cdot 10^{22}$  db fématom és  $1,163 \cdot 10^{23}$  db nemfématom található.

*Számítással határozd meg a vegyületek képletét! Nézz utána, hogy az **A** vegyület milyen teljesen hétköznapi felhasználással bír, és hogy ez milyen kémiai reakción alapul! Írd fel a reakció rendezett egyenletét!*

(Varga Bence)

**K437.** Violetta előző Valentin-napra egy állítólag arany–ezüst ötvözetből készült ékszert kapott. Emlékként már nem érdekli, de a kémiai összetétele igencsak. A vizsgálathoz először egy savba (**X**) tette, és a reakció teljes lejátszódása után a kapott oldatot leszűrte.

a) *Melyik sav lehet **X**? Melyik fém reagál vele? Írj reakcióegyenletet is, ha tudjuk, hogy az oldódás során közvetlenül egy vörösbarna gáz fejlődött!*

Ezután a szűrletbe konyhasót szórt, és fehér csapadék keletkezett.

b) *Mi lehet ennek az oka? Írd fel a fehér csapadék képződésének egyenletét!*

Ezután az ékszer maradékát forró szelénsavban ( $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ) oldotta fel, így egy pirosas-sárga oldatot kapott.

c) *Írd fel az oldódás egyenletét, ha a reakció során csak víz, szelénessav (ami a kénessav analógja), és a feloldódott fém +3 töltésű ionját tartalmazó szelenátsó keletkezik!*

(Nemeskéri Dániel)

**K438.** Vendel elégedetten emlékezik vissza a Halloweenre, amit kémiai kísérletekkel színesített.

A sötét teremben kimondottam szép látványt nyújtottak a zöld lángok, amelyeket a következőképpen készített elő. Egy folyékony vegyületből

(sűrűsége  $0,792 \text{ g/cm}^3$ ) kimért  $4,00 \text{ cm}^3$ -t, ehhez  $1,00 \text{ g}$  bórsavat adott, és  $1$  csepp tömény kénsavat. Az oldatot lassan melegítette, forralta, majd a keletkező gőzöket a lombikok szájánál meggyújtotta (a termék gyulladási hőmérséklete valahol  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  és  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  között van). A zöld láng ott táncolt a lombik szájánál, de csak amíg melegítette a lombikot. Ha a melegítést abbahagyta, a zöld láng alább vonult, és a folyadék égett.

(A kísérletet kizárólag laboratóriumban szabad elvégezni, kis mennyiséggel, gondosan, mert az égő folyadék kiemelten balesetveszélyes! Vendel szerencsére az iskolai laborban szervezte a partit.)

A reakció gyúlékony termékéről azt tudjuk, hogy  $10,40 \text{ m/m}\%$  bórt,  $34,68 \text{ m/m}\%$  szenet,  $46,19 \text{ m/m}\%$  oxigént tartalmaz, ezenkívül pedig hidrogént. A reakcióban vízkilépés történik, a termék égetése során pedig a bórból bór-trioxid keletkezik.

- a) *Add meg a termék képletét, és annak a folyadéknak a képletét, amely oldószer és reakciópartner is volt a kísérletben!*
- b) *Írd fel az égés egyenletét!*

(Borbás Réka)

**K439.** Vendel szerint nagyon viccesre sikerült az „önfaragó töklámpás” is. Előre kivájta a tök belsejét, kivágta a szemét-orrát-száját, majd a kivágott darabokat ügyesen visszailllesztette, mintha nem is lenne még kifaragva. A tök hátulján bevezetett egy vezeték, és beépített egy szikra előállítására alkalmas kis berendezést. A tök belsejébe egy műanyag tálkába  $50,0 \text{ cm}^3$  vizet helyezett, majd a partin ebbe beledobott kalciumkarbidot, és némi idő elteltével szikrával begyújtotta a fejlődő gázt. A berobbanás folytán az előre kivágott darabok kirepültek a tökből, és kísérletes lánggal égett a szikra hatására időnként belobbanó láng.

- a) *Írd fel a tök belsejében lejátszódó reakciók egyenletét!*

A tök belső terének térfogata kb.  $1,5 \text{ dm}^3$ , és az égés során keletkező gáz hőmérséklete kb.  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  lehet Vendel becslése szerint. Ugyan felelőtlenül robbantgatott, de annyira mégsem volt felelőtlen, hogy ne számolja ki előre, hogy mennyi karbiddal nem fog biztosan nagy kárt okozni. A reakcióval maximálisan előállítható gázmennyiség teljes elégeése és a

helyükre beragadó kivágások esetén is legfeljebb ötszörös túlnyomást megengedve számolt.

b) *Mennyi karbidot mert bemérni Vendel?*

(Borbás Réka)

**K440.** Vendel a partin a sejtelmes hangulatot ködgéppel fokozta. Beszerzett egy olyan készüléket, amely néhány  $\mu\text{m}$  átmérőjű cseppecskékké porlasztja a beletöltött folyadékot. A készülékhez ajánlottak egy olyan folyadék halmazállapotú keveréket, amiről Vendel kiszámolta, hogy 46,8 tömegszázaléka oxigén. A keverék összetevői a propán-1,2-diol (sűrűsége  $1,036 \text{ g/cm}^3$ ) és víz. Ennek segítségével sűrű és belégzés-kor is ártalmatlan ködöt lehet készíteni, de ha a víztartalma nagyobb, akkor hamarabb eloszlik a köd.

a) *Mi a keverék tömegszázalékos összetétele?*

Ha  $2 \mu\text{m}$  átmérőjű cseppecskékké porlasztja a köd gép a folyadékot, akkor  $468 \text{ mm/h}$  sebességgel ülepsznek ki a cseppek, ami elég lassúnak tűnt ahhoz, hogy Vendel a köd gépet  $2,00 \text{ cm}^3/\text{perc}$  folyadékfelhasználásra állítsa be. Ezen beállítás mellett a köd gépen percenként  $24 \text{ m}^3$  levegő halad át.

b) *Mekkora lesz a fajlagos felülete (az egy tömegegységre jutó összfelülete) a ködcseppeknek?*

c) *Mekkora lesz a sűrűsége az így „ködösített” levegőnek  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on? A folyadékkeverék sűrűségét vehetjük  $1,0 \text{ g/cm}^3$ -nek.*

(Borbás Réka)

**K441\*.** A Halloween-parti egyik fénypontja a gömblombikban zajló óra-reakció volt. Ehhez Vendel a következő oldatokat készítette el:

A oldat:  $4,00 \text{ g}$  keményítőt elkevert egy kevés vízzel, majd hozzáadta a pasztát  $500 \text{ cm}^3$  forrásban lévő vízhez. Miután szobahőmérsékletre lehűlt az oldat,  $13,7 \text{ g}$  nátrium-metabiszulfidot ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) oldott fel benne, és kiegészítette  $1,00 \text{ dm}^3$ -re az oldatot.

B oldat:  $3,00 \text{ g}$  higany(II)-kloridból  $1,00 \text{ dm}^3$  oldatot készített.

C oldat:  $15,0 \text{ g}$  kálium-jodátból  $1,00 \text{ dm}^3$  oldatot készített.

Ezek után először összeöntötte az A oldat és B oldat 50,0-50,0 cm<sup>3</sup>-ét, majd ehhez adott hozzá a C oldatból 50,0 cm<sup>3</sup>-t.

A fenti vegyületek az alábbi reakciókban vehetnek részt:

1. A nátrium-metabiszulfít vízzel való reakcióban nátrium-hidrogén-szulfittá alakul.
2. A jodátionok a hidrogén-szulfít-ionokkal jodidionná és szulfátionná alakulnak.
3. A higany(II)-ionok a jodidionokkal narancssárga csapadékot adnak.
4. A keményítő a jóddal kék, töményen akár feketének látszó színű komplexet képez.
5. A jodidionok a jodátionokkal savas közegben elemi jóddá alakulnak.
6. A jód a hidrogén-szulfít-ionokkal jodidiont és szulfátiont ad.

Az első két oldat összeöntésekor nem tapasztalható semmi, a C oldat hozzáadása után is eltelik egy idő, majd a színtelen oldat gyorsan narancsszínre, majd sötétre vált. Vendel az ötletet egy internetes videón látta, a kulcsszó „Old Nassau reaction” volt.

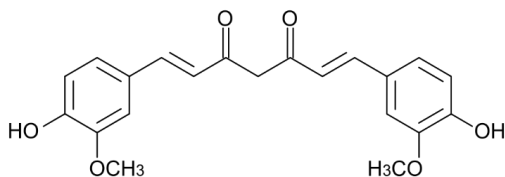
- a) *Írd fel a lejátszódó reakciók rendezett egyenleteit!*
- b) *Mi lehet az oka, hogy a narancssárga csapadék nem jelenik meg a C oldat hozzákeverése után röviddel?*
- c) *Miért látjuk egy ideig a narancssárga csapadékot, mielőtt megjelenne a fekete szín?*
- d) *Miben lett volna más a tapasztalat, ha a B oldat arányát csökkentették volna?*
- e) *Milyen módosításokkal lehetne elérni, hogy a sötét szín ne jelenjen meg a folyamat végén?*

(Borbás Réka)

**K442\***. Kissé ijesztőre sikerült ugyan, de a vérnyomos papír is nagy sikert aratott a partin. Nem is volt bonyolult az előkészítése, csak egy púpozott kanál kurkumát kellett feloldani forrásban lévő vízben, majd ebbe kellett beáztatni a papírt. Jó választás volt a durvább rajzlap, így erősebb volt a papír színe, mint a fénymásolólapon. Szárítás után szép sárga lett a lap, mint a kanadai aranyvessző virága. A sárga színt a kurkumin nevű vegyület okozza, melyről megfelelő reagenssel hidrogénion le

tud szakadni, és akkor megváltozik a vegyület színe pirosra – azaz vér-vörösre, amelyet Vendel ki is használt a partin. Kezére egy bizonyos vegyszer oldatát tette (természetesen gumikesztyűt használt), és ezzel hagyott „vérnyomokat” a lapon. Egy idő után levegőn állva megfakult a piros szín, amitől még rémisztőbb lett a Vendel által készített kép.

A sárga-vörös színváltozást – mint szinte minden indikátor esetén – sav-bázis reakció eredményezi. Csakhogy a kurkumin esetén kicsit bonyolultabb a helyzet. A kurkumin alábbi szerkezetű molekulája ugyanis vizes oldatban egyensúlyban van egy olyan izomerjével (ún. tautomerjével), amelyben a két oxocsoport egyike hidroxilcsoporttá alakult, és megjelent egy újabb szén-szén kettős kötés. Ez a hidroxilcsoport az, amelyik a pH növelésekor deprotonálódik, és az anion felelős a vörös színért.



- A kurkumin vízben rosszul oldódik, de lúgos közegben vagy felületaktív anyag hatására jobban. Mivel magyarázható ez?*
- Vendel milyen, háztartásban is megtalálható anyagot választott, hogy a pirosra színezzé a sárga papírt? Milyen vegyszer hatására válhat pirossá, majd miért fakulhat meg a piros szín levegőn?*
- Rajzold fel a kurkuminból származó piros színért felelős aniont!*
- Javasolj olyan sárga színű anyaggal bevont papírt, amely egy másik vegyület hatására vérvörösé válik!*

(Borbás Réka)

**K443\***. A sütőtök aromájáért és illatáért felelős egyik vegyület egy nyílt, elágazásmentes szénláncú oxigéntartalmú anyag, amely brómmal 1:2 arányban lép reakcióba közönséges körülmények között. A vegyület 2,00 grammját elégetjük 2,00 mólnyi levegőben (21% oxigén), majd az égésterméket tömény kénsavas gázmosón átvezetjük. Ekkor a gázmosóban lévő folyadék tömege 1,837 grammal nő, a maradék gázt KOH-oldatot tartalmazó gázmosón átbuborékolatva az oldat tömegnövekedése 5,388 g.

A vegyület molekulájáról tudjuk, hogy konjugált kettős kötéseket tartalmaz, két téniszomerje van, a brómaddíció során 4 izomer termék képződhet. Ha HCl-dal visszük addíciós reakcióba, akkor két konstitúciós izomer képződik, és mindkettőnek két téniszomerje van. A süttők aromaanyaga az ammóniás ezüst-nitrát-oldatból ezüstkiválást okoz.

- a) *Mi a vegyület összegképlete?*
- b) *Hány százalékos feleslegben volt az égetés során az oxigén?*
- c) *Add meg a fenti reakciók termékeit és a képződő izomereket!*

(Borbás Réka)

**H376.** Violetta elektrolizált otthon. Tiszta vaselektrodákat, illetve egy régi tápegységet, azaz egy állítható feszültségforrást használt. A celláját kálium-hidroxid porból készített, 14-es pH-jú lúgoldattal töltötte fel. A tápot 1,5 V-nál nagyobb feszültségre állította. A pozitív elektród közelében idővel ibolyás elszíneződést tapasztalt.

Hasonló anyag keletkezik akkor is, ha magas hőmérsékleten és nyomáson nátrium-peroxiddal vas(III)-oxidot reagáltatnak.

- a) *Írd fel az utóbbi folyamat reakcióegyenletét, ha tudjuk, hogy csak két szilárd termék keletkezik!*

Egy másik lehetséges, és ismertebb előállítási módszer, hogy vas(III)-hidroxidot nátrium-hipoklorit és nátrium-hidroxid oldatával oxidálnak, majd az így kapott oldathoz kálium-hidroxid feleslegét öntik. Ekkor egy lila színű csapadék válik le.

- b) *Mi lehet a képlete a csapadéknak? Írd fel a leírt reakciókat! Az eddigiek alapján írd fel Violetta elektrolízisének anód- és katódreakcióját!*

Az előállított anyagot széleskörű felhasználhatósága miatt jelenleg intenzíven kutatják. A benne található aniont protonálni is lehet, ekkor az egyszerűen protonált forma dimerizálódik. Idővel savas közegben gáz fejlődése közben,  $[\text{Fe}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8]^{4+}$  komplexekké alakul.

- c) *Írd fel a lejátszódó reakciók egyenletét!*

(Nemeskéri Dániel)

**H377.** Egy  $\text{KMnO}_4$ -oldat koncentrációját három módszerrel is meghatározzuk.

Az első, titrálós eljárásban az oldattal megtitráltunk egy olyan kénsavval savanyított oldatot, amely 0,0630 g  $(\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  oldásával készült. A bürettáról leolvasott fogyás 9,88  $\text{cm}^3$  volt.

A második esetben az oldat 1,000  $\text{cm}^3$ -es részletét adtuk 4,000  $\text{cm}^3$  0,2511  $\text{mol}/\text{dm}^3$ -es koncentrációjú  $\text{MnSO}_4$ -oldathoz, majd az így nyert oldatot 0,25  $\text{mol}/\text{dm}^3$ -es koncentrációjú kénsavoldat segítségével 25,00  $\text{cm}^3$ -re egészítettük ki. Az így kapott oldat pH-ja 0,76, az oldatba merülő platinaszál és egy standard hidrogénelektrod segítségével kialakított galvánelem feszültsége 25 °C-on 1,418 V-nak adódott.

A harmadik módszer esetén a törzsoldat 1,000  $\text{cm}^3$ -es részletét felhígítottuk 100,00  $\text{cm}^3$ -re, majd az így kapott oldat fényelnyelését vizsgáltuk spektrofotométer segítségével. Az oldat abszorbanciája 0,465-nek adódott. Azon hullámhosszon, melyen a mérést végeztük, a permanganation moláris abszorpciós koefficiense 2300  $\text{mol}^{-1} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{cm}^{-1}$ , a kuvetta úthossza 1,000 cm.

a) *Számold ki a mért adatok alapján mind a három módszer esetén az oldat pontos koncentrációját!*

Hasonlítsuk össze a módszerek pontosságát! A fenti módszerek esetén csak a fogyás, valamint a három műszeres mérés pontosságával foglalkozunk, mégpedig úgy, hogy ha egy kapott érték például 100,2, akkor ez azt jelenti, hogy valójában 100,15 és 100,25 között mozoghat. A számolásokban használt összes többi értéket vegyük pontosnak!

b) *A mért adatok pontosságát így figyelembe véve milyen tartományban lehetett az oldat koncentrációja az egyes mérések alapján? Melyik a legpontosabb mérés?*

(Ficsór István Dávid)

**H378.** A királis molekulák ismert tulajdonsága, hogy a síkban polarizált fény síkját elforgatja az oldatuk. Az, hogy hogyan számítható ez az elforgatás, az már kevésbé ismert:

$$\alpha = [\alpha] \cdot l \cdot c \quad (1)$$



ahol  $\alpha$  az elforgatás szöge,  $[\alpha]$  a fajlagos forgatóképesség, ami egy anyagra jellemző konstans,  $l$  az úthossz, amin a fény áthalad,  $c$  az anyag koncentrációja. Bár a szögeket bármilyen szögegységben meg lehet adni, mi dolgozzunk radiánban a továbbiakban.

Vegyünk egy négyzet alapú hasáb alakú küvetát, amelynek az alapéle  $l$  hosszúságú. Töltsük fel pontosan  $l$  magasságig egy enantiomertiszta királis molekulát tartalmazó oldattal.

a) *Számít, hogy a háromból melyik éllel párhuzamosan át mérjük meg az optikai forgatóképességet? Hígítsuk fel a duplájára az oldatot a küvetában! Így számít az irány? Mindkét esetben add meg, mi a különbség közöttük, ha van!*

Legyen  $A_R$  egy királis anyag, ami egy elsőrendű reakcióban átalakul  $A_S$  tükörképi párjává. A reakció sebességi együtthatója  $k$ . Ilyen esetben ismert az összefüggés, miszerint:

$$c(t) = c_0 \cdot e^{-kt} \quad (2)$$

ahol  $c(t)$  a kiindulási anyag koncentrációja  $t$  időpontban,  $c_0$  a kiindulási anyag koncentrációja a mérés kezdetén,  $k$  a reakció sebességi együtthatója,  $t$  pedig a mérés megkezdése óta eltelt idő.

Az enantiomerekről ismeretes az, hogy a fajlagos forgatóképességük egymás ellentettje.

A reakciósebesség tulajdonképpen koncentrációváltozási sebesség, így, ha a szögelfordulást a koncentráció segítségével írjuk fel, akkor a fény polarizációs síkjának szögsebességére a reakciósebességgel hasonló képletet kaphatunk.

A reakciósebességi törvény elsőrendű reakciókra a következőképp szól:

$$v(t) = k \cdot c(t) \quad (3)$$

ahol  $v(t)$  a pillanatnyi reakciósebesség,  $k$  továbbra is a reakciósebességi együttható,  $c(t)$  pedig továbbra is a pillanatnyi koncentráció.

$A_R$  oldatával töltsük meg a küvetát.

b) *Írd fel az elforgatás szögének időfüggését erre a mintára! Az analógia segítségével határozd meg a polarizációs sík szögsebességének időfüggvényét!*

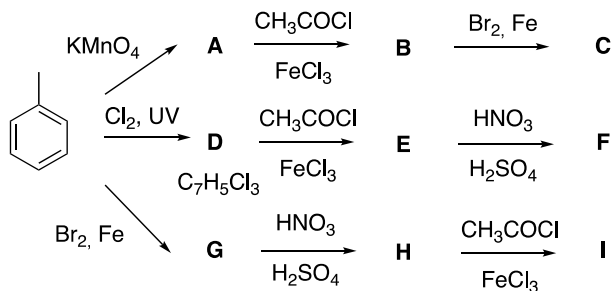
Segítség: Vezess be egy kiindulási elforgatási szöget, hogy könnyebben lásd az analógiát!

c) Rajzold fel a reakció során az összesített elforgatási szög-idő grafi-  
kont vázlatosan (pontos értékek feltüntetése nem szükséges)!

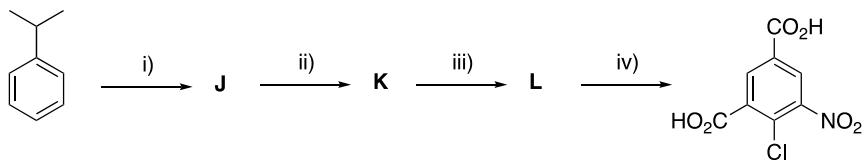
(Sajósi Benedek)

**H379.** Az elektrofil aromás szubsztitúció egy olyan folyamat, ahol az aromás rendszer nukleofilként viselkedik egy elektrofillal szemben, így egy pozitív töltésű köztes állapot képződik a gyűrűn belül. Ez azt jelenti, hogy a különböző szubsztituensek jelentős hatással vannak az elektrofil támadási helyére. Ezzel magyarázhatjuk azokat az irányítási szabályokat, amelyeket a szubsztituált aromás rendszerek elektrofil szubsztitúciója során tapasztalunk. (lásd Varga Szilárd: *Az aromás gyűrűn található szubsztituens irányító hatása az aromás elektrofil szubsztitúcióban*, KÖKÉL 2010/5. 355-357.)

a) Határozd meg az alábbi termékek szerkezetét!



b) Add meg a reakciósorból hiányzó vegyületeket, és írd be a reakciókörülményeket a megfelelő helyre!



Reakció körülmények:

$\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$

$\text{FeCl}_3, \text{Cl}_2$

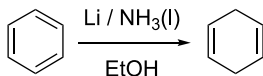
$\text{MeCl}, \text{FeCl}_3$

$\text{KMnO}_4$

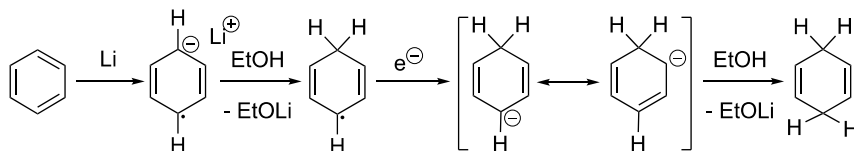
(Papp Marcell)

**H380.** A Birch-redukció egy olyan oldott elektron segítségével lejátszódó gyökös reakció, ahol egy aromás gyűrű egy 1,4-ciklohexadiénné alakul.

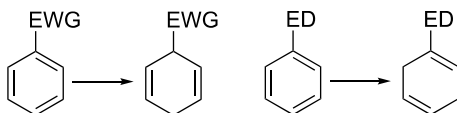
Birch-redukció:



mechanizmus:

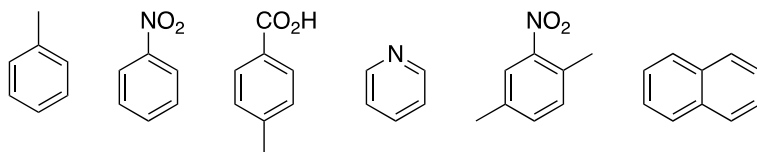


irányítási szabályok:



A tapasztalatok alapján az elektronszívó csoport (ED) erősen dezaktiváló (annyira, hogy a fenolát ionok nem is reagálnak), az elektronszívó csoport (EWG) viszont erősen aktiváló hatású. Több szubsztituens esetén az „erősebb” fogja meghatározni a terméket: erős elektronszívó és gyenge elektronszívó esetén az elektronszívóra jellemző irányítást mutatja (és értelemszerűen ez fordítva is igaz).

a) *Add meg az alábbi vegyületek Birch-redukciójával keletkező termékek szerkezetét!*



Az erősen redukív közeg miatt számos érdekes tulajdonsága van a Birch-redukciónak: ha az aromás rendszerrel konjugált kettős kötés található a vegyületben, akkor az telítődni fog a katalitikus hidrogénezéshez hasonlóan. Emellett a képződő karbanion intermedier képes nukleofilként is reagálni.

b) *Add meg az alábbi reakciósor termékeit!*

