

1. Elektronikonfiguraatio kuvaa, miten eristetyn atomin elektronit ovat sijoittuneet eri atomiorbitaaleille. Alla on kolme ehdotusta hiilen elektronikonfiguraatioksi:

|    |             |
|----|-------------|
| 2p | ↑ — ↑ — ↑ — |
| 2s | ↑ —         |
| 1s | ↑↓          |

A

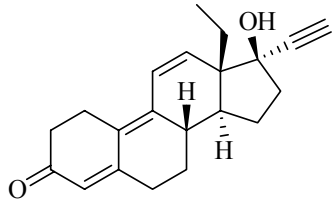
|    |           |
|----|-----------|
| 2p | ↑ — ↑ — — |
| 2s | ↑↓        |
| 1s | ↑↓        |

B

|    |          |
|----|----------|
| 2p | ↑↓ — — — |
| 2s | ↑↓       |
| 1s | ↑↓       |

C

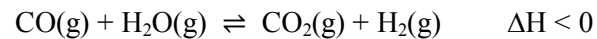
- a) Mikä vaihtoehdoista **A**, **B** vai **C** on oikein? Perustele vastauksesi.  
 b) Kun hiiliatomi sitoutuu toisiin atomeihin, valenssielektronien energiatasot muuttuvat. Tämä ilmiö, jota kutsutaan atomiorbitaalien hybridisaatioksi, voi tapahtua hiiliatomille kolmella eri tavalla. Esitä nämä kolme tapaa piirtämällä energiatasot elektroneineen vastaavalla tavalla kuin yllä.  
 c) Alla on esitetty erään steroidin rakennekaava. Kuinka monta  $sp^2$ - ja  $sp$ -hybridisoitunutta hiiliatomia kaavassa on?



- d) Piirrä hiilidioksidin rakennekaava ja anna sidoskulma. Mikä on molekyyllisessä olevan hiiliatomin hybridisaatio?  
 e) Timantti ja grafiitti ovat hiilen allotrooppisia muotoja. Selitä **lyhyesti** miten hiiliatomit ovat sitoutuneet toisiinsa ja mikä on hiiliatomien hybridisaatio näissä muodoissa.

2. a) Kasvien fotosynteesissä muodostuu glukoosia ( $C_6H_{12}O_6$ ) hiilidioksidista ja vedestä.  
 i) Kirjoita fotosynteesin reaktioyhtälö.  
 ii) Reaktion reaktiolämpö ( $\Delta H$ ) yhtä glukoosimoolia kohti on +403 kJ. Onko reaktio eksoterminen vai endoterminen? Perustele vastauksesi.  
 iii) Laske reaktiolämpö, kun 1,00 g hiilidioksidia reagoi glukoosiksi.  
 b) Ihmisen keskimääräinen energiatarve päivässä on 10 000 kJ. Kuinka monta grammaa sakkaroosia ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ,  $M = 342,3$  g/mol) pitäisi syödä, jos koko energiatarve tulisi sakkaroosin palamisreaktiosta hiilidioksidiksi ja vedeksi? Perusmuodostumislämmöt ( $\Delta H_f^\circ$ ):  $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$  -2222 kJ/mol,  $CO_2(g)$  -393,5 kJ/mol,  $H_2O(l)$  -285,8 kJ/mol,  $O_2(g)$  0 kJ/mol

3. Hiilidioksidia valmistetaan teollisessa mittakaavassa metaanista ja vedestä kaksivaiheisella prosessilla. Ensimmäisessä vaiheessa, jota kutsutaan nimellä höyryreformointi, muodostuu hiilimonoksidia ja vetyä. Toisessa vaiheessa, jota kutsutaan vesikaasun siirtoreaktioksi, hiilimonoksidi reagoi edelleen hiilidioksidiksi:

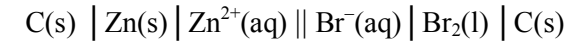


Reaktion tasapainovakio lämpötilassa 700 K on 5,10. Reaktioastiaan, jonka tilavuus on  $2,00 \text{ dm}^3$ , johdetaan 1,00 mol hiilimonoksidia, 2,00 mol vettä, 1,00 mol hiilidioksidia ja 1,00 mol vetyä. Lopuksi lisätään katalyytti, astia kuumennetaan lämpötilaan 700 K ja tasapainon annetaan asettua.

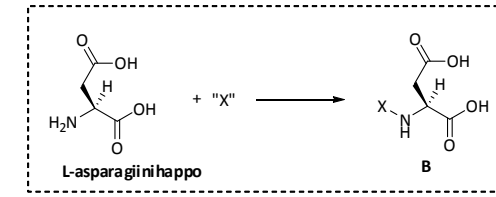
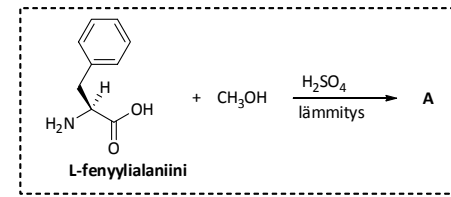
- a) Mihin suuntaan reaktio etenee alkutilasta? Perustele vastauksesi.  
 b) Kuinka monta moolia hiilidioksidia on reaktioastiassa tasapainotilassa?  
 c) Mihin suuntaan tasapainotila siirtyy, jos reaktioastian tilavuutta pienennetään lämpötilan pysyessä vakiona. Perustele vastauksesi.  
 d) Mihin suuntaan tasapainotila siirtyy, jos reaktioasteoksen lämpötilaa nostetaan? Perustele vastauksesi.

Tehtävät 4 – 6 toisella sivulla.

4. Tarkastellaan ladattavaa paristoa, jota voidaan kuvata seuraavalla kennokaaviolla:



- a) Kirjoita puolikennojen elektrodireaktiot, kun paristosta otetaan virtaa. Kumpi on hapettumisreaktio ja kumpi on pelkistymisreaktio. Hiilielektrodit eivät osallistu reaktioihin.  
 b) Kennon lähdejännite ( $E^0$ ) perustilassa on +1,83 V. Bromin pelkistymispotentiaali perustilassa on +1,07 V. Laske sinkin pelkistymispotentiaali perustilassa.  
 c) Laske, mikä on bromin massa, kun paristosta on otettu vakiovirtaa 1,50 A tunnin ajan. Bromin alkumassa on 365 g.  
 d) Puolikennojen hapettumis- ja pelkistymisreaktioiden normaalipotentiaalit on mitattu perustilassa. Selosta lyhyesti, miten normaalipotentiaalien määrittäminen tehdään. Mitkä kolme tekijää tulee vakioita mittauksessa?
5. Keinotekoinen makeutusaine aspartaami valmistetaan L-fenyylialaniinin metyyliesterin (**A**) ja L-asparagiinihapon kondensaatioreaktiolla. Ennen kuin kondensaatioreaktio voidaan tehdä, L-asparagiinihapon aminoryhmä suojataan tilapäisesti suojarajalla "X", jolloin muodostuu niin kutsuttua X-suojattua L-asparagiinihappoa (**B**). Suojaryhmä poistetaan kondensaatioreaktion jälkeen.



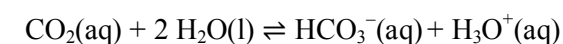
- a) Piirrä L-fenyylialaniinin kahtaisionimuodon rakennekaava.  
 b) Piirrä L-fenyylialaniinin metyyliesterin **A** rakennekaava.

Aspartaamissa aminohapot ovat kytkeytyneet toisiinsa amidisidoksella (peptidisidos). Kun kondensaatioreaktio tapahtuu entsyymien katalysoimana, muodostuu  $\alpha$ -aspartaamia. Tämä tuote muodostuu, kun L-asparagiinihapon karboksyylihapporyhmä, joka on sitoutunut samaan hiiliatomiin kuin aminoryhmä, reagoi selektiivisesti L-fenyylialaniinin metyyliesterin kanssa.

- c) Piirrä  $\alpha$ -aspartaamin rakennekaava.  
 d) Laske kuinka monta milligrammaa aspartaamia ( $M = 294,3$  g/mol) on yhdessä litrassa aspartaamilla makeutettua kolajuomaa, joka on yhtä makeaa kuin tavallinen kolajuoma. Aspartaami on ainemäärään suhteutettuna 200 kertaa makeampaa kuin sakkaroosi ( $M = 342,3$  g/mol) ja tavallisen kolajuoman sakkaroosipitoisuus on  $106 \text{ g/dm}^3$ .  
 e) Aspartaami hydrolysoituu ohutsuolessa L-asparagiinihapoksi, L-fenyylialaniiniksi ja metanoliksi. Metanoli metaboloituu edelleen formaldehydiksi (metanaali) joka lopulta hapettuu muurahaishapoksi (metaanihappo). Laske kuinka monta milligrammaa muurahaishappoa muodostuu, jos olet juonut litran aspartaamilla makeutettua kolajuomaa.

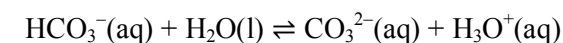
6. Ilman hiilidioksidipitoisuuden lisääntyessä myös meriveteen liuenneen hiilidioksidin pitoisuus kasvaa, jolloin meriveden pH laskee. Tulevaisuudessa merieliöt, joiden kuori ja luusto sisältävät kalsiumkarbonaattia ( $CaCO_3$ ) ovat vaarassa kuolla sukupuuttoon. Tämä johtuu siitä, että kalsiumkarbonaatin liukoisuus meriveteen kasvaa, kun veteen on liennut hiilidioksidia. Jos hiilidioksidipäästöt pysyvät nykyisellä tasolla, meriveden pH:n ennustetaan vuonna 2100 olevan 7,80.

- a) Laske meriveden karbonaatti-ionikonsentraatiot  $0^\circ\text{C}$ :ssa ja  $30^\circ\text{C}$ :ssa. Oletetaan, että tasapainotilanteessa meriveteen liuenneen hiilidioksidin pitoisuudet ovat  $0^\circ\text{C}$ :ssa  $4,96 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$  ja  $30^\circ\text{C}$ :ssa  $1,99 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ . Lisäksi oletetaan, että tasapainotilanteessa pH on vakio 7,80 molemmissa lämpötiloissa.  
 b) Liukeneeko kalsiumkarbonaattia kyseisissä lämpötiloissa, kun meriveden  $Ca^{2+}$ -ionikonsentraatio on  $0,010 \text{ mol/dm}^3$ ?



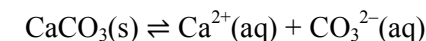
$$K_{a1}(0^\circ\text{C}) = 7,93 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_{a1}(30^\circ\text{C}) = 9,82 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$



$$K_{a2}(0^\circ\text{C}) = 4,21 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_{a2}(30^\circ\text{C}) = 1,00 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$$



$$K_s(0^\circ\text{C}) = 7,73 \cdot 10^{-7} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

$$K_s(30^\circ\text{C}) = 7,25 \cdot 10^{-7} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

1. Elektronkonfigurationen anger hur elektronerna i en isolerad atom är arrangerade i olika atomorbitaler. Nedan finns tre förslag till kolets elektronkonfiguration:

|    |       |
|----|-------|
| 2p | ↑ ↑ ↑ |
| 2s | ↑     |
| 1s | ↑↓    |

A

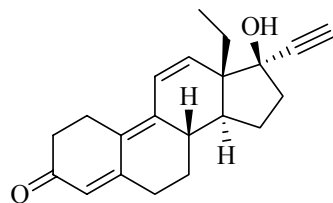
|    |       |
|----|-------|
| 2p | ↑ ↑ — |
| 2s | ↑↓    |
| 1s | ↑↓    |

B

|    |        |
|----|--------|
| 2p | ↑↓ — — |
| 2s | ↑↓     |
| 1s | ↑↓     |

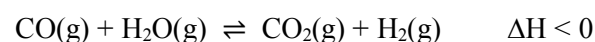
C

- a) Vilket av förslagen **A**, **B** eller **C** är rätt? Motivera ditt svar.  
b) När kolatomerna binds till andra atomer kommer valenselektronernas energinivåer att ändras. Detta, som kallas för hybridisering av atomorbitaler, kan ske på tre olika sätt för kolatomen. Beskriv dessa tre sätt genom att rita energinivåerna med elektroner på motsvarande sätt som ovan.  
c) Nedan finns strukturformeln för en steroid. Hur många  $sp^2$ - och  $sp$ -hybridiserade kolatomer finns det i formeln?



- d) Rita strukturformeln för koldioxid och ange bindningsvinkeln. Vilken hybridisering har kolatomen i molekyl?  
e) Diamant och grafit är allotropa former av kol. Förklara **kort** hur kolatomerna är bundna till varandra och vilken hybridisering kolatomerna har i dessa former.
2. a) I växternas fotosyntes bildas glukos ( $C_6H_{12}O_6$ ) ur koldioxid och vatten.  
i) Skriv reaktionsformel för fotosyntesen.  
ii) Reaktionens reaktionsvärme ( $\Delta H$ ) per mol glukos är +403 kJ. Är reaktionen exoterm eller endoterm? Motivera ditt svar.  
iii) Beräkna reaktionsvärmets, då 1,00 g koldioxid reagerar till glukos.  
b) En person beräknas i medeltal behöva 10 000 kJ energi dagligen. Hur många gram sackaros ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ,  $M = 342,3$  g/mol) måste man äta, ifall all energi ska komma från förbränningen av sackaros till koldioxid och vatten? Bildningsvärmen vid standardförhållanden ( $\Delta H_f^0$ ):  $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$  -2222 kJ/mol,  $CO_2(g)$  -393,5 kJ/mol,  $H_2O(l)$  -285,8 kJ/mol,  $O_2(g)$  0 kJ/mol

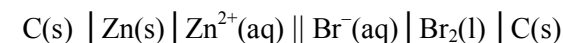
3. Koldioxid framställs i industriell skala ur metan och vatten i en tvåstegsprocess. I det första steget, som kallas ångreformering, bildas kolmonoxid och väte. I det andra steget, som kallas vattengas-skiftreaktion, reagerar kolmonoxid vidare till koldioxid:



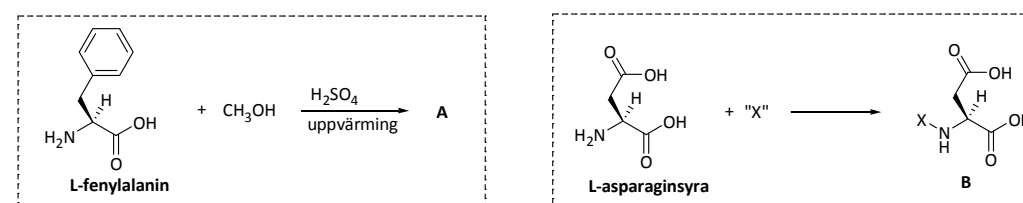
Reaktionens jämviktskonstant vid temperaturen 700 K är 5,10. I reaktionskärlet, vars volym är  $2,00$  dm<sup>3</sup>, införs  $1,00$  mol kolmonoxid,  $2,00$  mol vatten,  $1,00$  mol koldioxid och  $1,00$  mol väte. Till slut tillsätts katalysator, kärlet upphettas till temperaturen 700 K och jämvikt får inställa sig.

- a) I vilken riktning sker reaktionen från utgångsläget? Motivera ditt svar.  
b) Hur många mol koldioxid innehåller reaktionskärlet i jämviktsläget?  
c) I vilken riktning förskjuts jämviktsläget, om reaktionskärlets volym minskas medan temperaturen hålls konstant? Motivera ditt svar.  
d) I vilken riktning förskjuts jämviktsläget, om reaktionsblandningens temperatur höjs? Motivera ditt svar.

4. Vi betraktar ett laddningsbart batteri, som kan beskrivas med följande cellschema:



- a) Skriv elektrodreaktionerna för halvcellerna, då ström tas ur batteriet. Vilkendera är oxidationsreaktion och vilkendera reduktionsreaktion? Kolelektrodena deltar inte i reaktionen.  
b) Cellens källspänning ( $E^0$ ) vid standardtillstånd är +1,83 V. Reduktionspotentialen för brom vid standardtillstånd är +1,07 V. Beräkna reduktionspotentialen för zink vid standardtillstånd.  
c) Beräkna massan för brom, då 1,50 A konstant ström har tagits ur batteriet under en timmes tid. Utgångsmassan för brom är 365 g.  
d) Normalpotentialerna för halvcellernas oxidations- och reduktionsreaktioner har uppmätts vid standardtillstånd. Förklara kort hur normalpotentialernas bestämning görs. Vilka tre faktorer bör vara konstanta vid mätningen?
5. Det artificiella sötningsmedlet aspartam framställs via en kondensationsreaktion mellan L-fenylalaninmetylester (**A**) och L-asparaginsyra. Innan kondensationsreaktionen kan utföras skyddas aminogruppen i L-asparaginsyra tillfälligt med en skyddsgrupp "X", varvid en så kallad X-skyddad L-asparaginsyra (**B**) bildas. Skyddsgruppen avlägsnas efter kondensationsreaktionen.



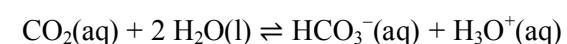
- a) Rita strukturformel för L-fenylalanin som zwitterjon.  
b) Rita strukturformel för L-fenylalaninmetylester **A**.

Aminosyrorna i aspartam är bundna till varandra med amidbindning (peptidbindning). Då kondensationsreaktionen sker katalyserad av enzym, bildas  $\alpha$ -aspartam. Denna produkt bildas då L-asparaginsyrans karboxylsyragrupp, som är bunden till samma kolatom som aminogruppen, reagerar selektivt med L-fenylalaninmetylester.

- c) Rita strukturformel för  $\alpha$ -aspartam.  
d) Beräkna hur många milligram aspartam ( $M = 294,3$  g/mol) det finns i en liter cola-dryck, som är sötad med aspartam och som är lika söt som vanlig cola-dryck. Aspartam är i relation till substansmängden 200 gånger sötare än sackaros ( $M = 342,3$  g/mol) och sackaroshalten i en vanlig cola-dryck är  $106$  g/dm<sup>3</sup>.  
e) Aspartam hydrolyseras i tunntarmen till L-asparaginsyra, L-fenylalanin och metanol. Metanol metaboliseras vidare till formaldehyd (metanal), som slutligen oxideras till myrsyra (metansyra). Beräkna hur många milligram myrsyra det bildas, då du har druckit en liter cola-dryck sötad med aspartam.

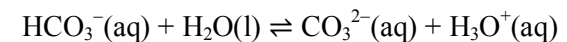
6. Då koldioxidhalten i luften ökar, ökar koldioxidhalten också i havsvattnet, varvid havsvattnets pH sjunker. Marina organismer, vars skal och skelett innehåller kalciumkarbonat ( $CaCO_3$ ), hotas av utrotning i framtiden. Detta beror på att kalciumkarbonats löslighet i havsvatten ökar, om koldioxid har upplöst i vattnet. Om koldioxidutsläppen hålls på nuvarande nivå, förutspås havsvattnets pH vara 7,80 år 2100.

- a) Beräkna karbonatjonkoncentrationerna i havsvatten vid  $0$  °C och vid  $30$  °C. Vi kan anta, att halterna upplöst koldioxid i havsvatten vid jämviktsläge är  $4,96 \cdot 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup> vid  $0$  °C och  $1,99 \cdot 10^{-5}$  mol/dm<sup>3</sup> vid  $30$  °C. Dessutom kan vi anta, att pH är konstant 7,80 vid jämviktsläge vid båda temperaturerna.  
b) Löser sig kalciumkarbonat vid ifrågavarande temperaturer, om havsvattnets  $Ca^{2+}$ -jonkoncentration är  $0,010$  mol/dm<sup>3</sup>?



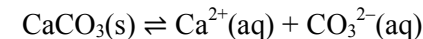
$$K_{a1}(0 \text{ °C}) = 7,93 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_{a1}(30 \text{ °C}) = 9,82 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$



$$K_{a2}(0 \text{ °C}) = 4,21 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_{a2}(30 \text{ °C}) = 1,00 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$$



$$K_s(0 \text{ °C}) = 7,73 \cdot 10^{-7} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$

$$K_s(30 \text{ °C}) = 7,25 \cdot 10^{-7} \text{ mol}^2/\text{dm}^6$$