

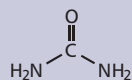
10. Spoj koji je pobio vitalističku teoriju

Novi pogled na kemiju organskih spojeva započeo je Wöhlerovom „slučajnom“ sintezom ureje 1828. godine. Dotad su je poznavali kao sastojak mokraćne sisavaca, produkt zbrinjavanja vrlo otrovnog amonijaka nastalog razgradnjom lanaca aminokiselina koje čine proteine. Od Wöhlerova doba čovjek je sintetizirao mnoge spojeve identične prirodnim spojevima, npr. vitamin C, kao i mnoge organske spojeve kojih nema u živim bićima, a sama urea ostala je do današnjih dana jedna od temeljnih sirovina kemijske industrije.

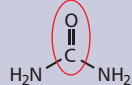
- a)
- (1) Nacrtaj strukturnu formulu ureje.
 - (2) Označi i imenuj funkcionalne skupine. Kojoj skupini organskih spojeva pripada urea?
 - (3) Navedi trivijalno ime ureje kao i ostala sustavna imena toga spoja.

Rješenja:

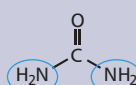
(1)



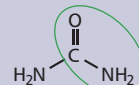
(2)



karbonilna skupina



amino-skupina



amidna skupina

Budući da su na karbonilnu skupinu vezane dvije amino-skupine, urea je diamid.

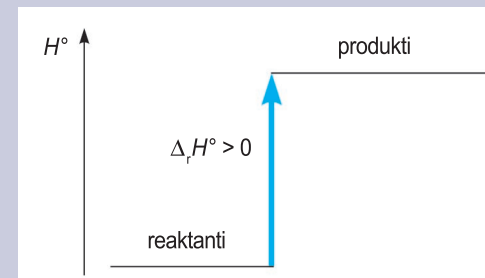
- (3) Mokraćevina, karbonyldiamid, „kurbamid“.

- b)
- Urea je dobro topljiva u vodi. Topljivost pri 20 °C iznosi 107,9 g u 100 mL vode. Prilikom otapanja opaža se da je nastala otopina hladnija od otapala (voda).
- (1) Na temelju toga zaključi je li otapanje ureje egzoterman ili endoterman proces.
 - (2) Nacrtaj entalpijski dijagram.

Rješenja:

- (1) Pri otapanju ureje dio toplinske energije iz vode prelazi na ureju i troši se za rušenje kristalne rešetke. Kako je konačna temperatura otopine niža od početne temperature otapala (vode), zaključuje se da je proces otapanja ureje u vodi endoterman.

(2)



- c)
- Određivanje vrijednosti entalpije otapanja ureje mjerena je jednostavnim kalorimetrom. U 200 mL vode sobne temperature otopi se 15 g ureje. Otopina se lagano promiješa do potpunog otapanja i izmjeri konačna temperatura. Zabilježeno je snižavanje temperature od 4,2 °C.
- (1) Što je kalorimetar, čemu služi i koji osnovni zakon mora biti zadovoljen?
 - (2) Izračunaj vrijednost standardne entalpije otapanja ureje iz gore navedenih podataka, uz pretpostavku da nema prijelaza topline između kalorimetra i okoline.

Rješenja:

Kalorimetar je reakcijska posuda (čaha, tikvica) toplinski dobro izolirana, što podrazumijeva da nema prijelaza topline između tvari u kalorimetru i okoline. Kalorimetrom se mjeri prirast entalpije određene množine tvari tijekom fizikalne ili kemijske promjene. Tijekom kemijske reakcije u kalorimetru vrijednost promjene potencijalne (kemijske) energije tvari jednaka je vrijednosti promjene topline vode, ali suprotnog predznaka. To se može prikazati izrazom:

$$Q_{\text{reakcija}} = -Q_{\text{voda}}$$

Kako se promjena događa uz stalan tlak, promjena topline jednaka je promjeni entalpije. Prirast entalpije iskazuje se kao toplina koja se oslobodi ili utroši po molu tvari.

$$\Delta_{\text{otap.}} H^\circ = \frac{Q}{n}$$

- (2) U razmatranom slučaju temperatura vode snizila se, što znači da se za otapanje ureje troši toplina vode.

Toplina koju je voda predala tijekom reakcije računa se prema izrazu:

$$Q = m c \Delta T$$

$$Q = 200 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot 4,2 \text{ K}$$

$$Q = 3514,56 \text{ J} = 3,514 \text{ kJ}$$

Zaključimo, ta je toplina jednaka onoj koju je urea primila za otapanje, ali su suprotnoga predznaka. Iz toga slijedi:

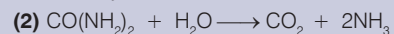
$$Q_{\text{otap.}} = Q_{\text{voda}} = 3,514 \text{ kJ}$$

$$\Delta_{\text{otap.}} H^\circ = \frac{H_{\text{otap.}}}{n} = \frac{H_{\text{otap.}} \cdot M(\text{urea})}{m(\text{urea})} = \frac{3,514 \text{ kJ} \cdot 60,06 \text{ g mol}^{-1}}{15 \text{ g}} = 14,07 \text{ kJ mol}^{-1}$$

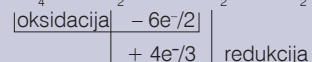
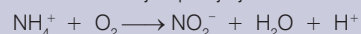
- d) Urea se mnogo koristi za mineralnu prihranu biljaka koje mogu apsorbirati dušik iz tla u obliku amonijevih, nitratnih i nitritnih iona. Bakterije koje žive u tlu kataliziraju hidrolizu ureje.
- (1) Kojega su roda te bakterije?
 - (2) Napiši jednadžbu tog procesa.
 - (3) Odredi stehiometrijske koeficijente tvari i strjelicama označi procese oksidacije i redukcije.

Rješenja:

(1) Bakterije roda *Nitrosomonas* svojom metaboličkom aktivnošću pretvaraju amonijak iz tla u nitritne ione, što je proces poznat kao nitritacija.



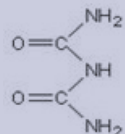
(3) Proces nitritacije opisuje jednadžba:



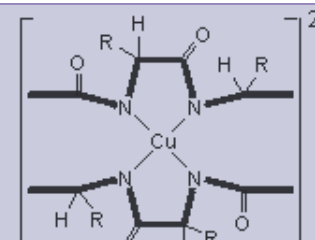
- e) Istodobno s ovim procesom, djelovanjem drugih bakterija odvija se oksidacija nitrita u nitrate. Dušik u navedenim ionskim oblicima ulazi u biljku i sudjeluje u životnim procesima biljaka stvarajući raznolike spojeve, među kojima i aminokiseline i peptide. Postojanje peptida u nekom uzorku može se jednostavno dokazati biuret reakcijom.
- (1) Što je biuret? Nacrtaj strukturnu formulu toga spoja
 - (2) Koji se reagens u biuret reakciji primjenjuje za dokazivanje amidnih skupina (ili peptidnih veza u peptidima)?
 - (3) Nacrtaj strukture kompleksnih iona koji nastaju u tim reakcijama.

Rješenja:

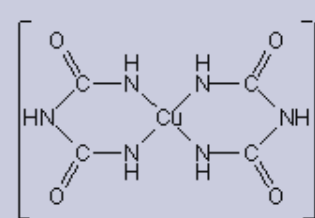
(1) Biuret je dimer ureje, a nastaje zagrijavanjem njezine taljevine.



(2) Kao reagens primjenjuje se razrijeđena otopina bakrovih(II) iona koja se uvodi u zaluženu otopinu uzorka. U vodenoj otopini bakrovi(II) ion su hidratizirani u tetraakvabakrove(II) ione, $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}(\text{aq})$.



Dodatkom bakrovih(II) iona u otopinu biureta dolazi nastaje novi kompleksni ion.
Modra boja vodene otopine bakrovih iona mijenja se u specifičnu ljubičastu.



Peptidi s barem dvjema peptidnim vezama (tripeptidi) aminoskupinama kompleksni ion.