

TRI MASENE MANIPULACIJE

Tri važne napomene:

1. Prije početka rada pažljivo pročitaj cijeli radni list!
2. Prije početka prvog pokusa upoznaj se s radom vage tako da izvažiš olovku i kalkulator. Vaga se pali pritiskom na tipku označenu s ψ/T , kojom se također ona i tarira (očitanje se svodi na 0). Drugom se tipkom mijenja mjerna jedinica ispisa, te je tijekom izvođenja pokusa ne treba dirati. Prije početka mjerenja provjeri je li vaga tarirana (pokazuje 0,00 kada se na njoj ništa ne nalazi) i namještena na ispis u gramima (ispis s dva decimalna mjesta i slovo 'g' u gornjem desnom uglu predočnika). Vaga podnosi opterećenja do 500 g tako da pazi da je prilikom upoznavanja ne preopteretiš. Ako imaš bilo kakvih problema s radom vage, odmah zatraži pomoć nastavnika.
3. U jednadžbama kemijskih reakcija obvezno je naznačiti agregacijska stanja reaktanata i produkata. Agregacijska stanja bit će bodovana samo ako su ispravno napisane kemijske formule svih reaktanata i produkata zadane reakcije.

1.

**POKUS 1: KARBONATNA KOMPLIKACIJA
(ODREĐIVANJE FORMULE NATRIJEVA KARBONATA X-HIDRATA)**

Uvod: Natrijev karbonat ovisno o uvjetima dobivanja može kristalizirati bilo kao bezvodna sol bilo kao jedan od triju poznatih hidrata – monohidrat (koji se pojavljuje i kao mineral *termonatrit*), heptahidrat (koji se ne pojavljuje u prirodi) i dekahidrat (koji se pojavljuje u sastavu minerala *trone*). U plastičnoj epruveti nalazi se uzorak jednoga od tih četiriju oblika natrijeva karbonata. Tvoj je zadatak odrediti o kojoj je točno tvari riječ.

Pribor: plastična epruveta s uzorkom **A**, Erlenmeyerova tikvica, digitalna vaga.

Kemikalije: uzorak **A**, klorovodična kiselina ($c = 6,0 \text{ mol dm}^{-3}$)

Postupak: Na digitalnoj vagi izvaži začepljenu plastičnu epruvetu s uzorkom **A** i zabilježi masu (m_1). Potom izvaži praznu Erlenmeyerovu tikvicu (m_2), ulij u nju (svu) klorovodičnu kiselinu i ponovno izvaži (m_3). Otvori plastičnu epruvetu s uzorkom **A** i polako (u malim obrocima) usipavaj sadržaj u Erlenmeyerovu tikvicu s klorovodičnom kiselinom (pazeći pri tome da sadržaj tikvice ne prska izvan tikvice). Zabilježi opažanja. Nakon što je sav uzorak **A** usut u Erlenmeyerovu tikvicu i nakon što okončaju sve vidljive promjene, oprezno promućkaj sadržaj Erlenmeyerove tikvice (opet pazeći da sadržaj ne prska izvan tikvice) te izvaži Erlenmeyerovu tikvicu sa sadržajem nakon reakcije (m_4). Na kraju, izvaži plastičnu epruvetu u kojoj je bio uzorak **A** zajedno s čepom (m_5).

OPAŽANJA:

Uzorak A je bijela/bezbojna kristalna krutina. Dodavanjem u klorovodičnu kiselinu otapa se / reagira uz obilno stvaranje plina.

Za svako točno opažanje 0,5 boda

$2 \times 0,5 = 1 \text{ bod}$

REZULTATI MJERENJA:

$m_1 =$

$m_2 =$

$m_3 =$

$m_4 =$

$m_5 =$

Za svaki ispravan zapis svih 5 masa, 0,5 boda

$5 \times 0,5 = 2,5 \text{ bodova}$

NAPOMENA ISPRAVLJAČIMA: Ispravan zapis uključuje da su sve mase izražene s preciznošću od 0,01 g i zapisane s valjanom mjernom jedinicom. Budući da mase rabljenog posuda variraju, nije moguće predvidjeti kolike će točno vrijednosti biti izmjerene. Za skup ispravno očitanih vrijednosti mora vrijediti: $m_1 - m_5 \approx 3 \text{ g}$; $m_3 - m_2 \approx 50 \text{ g}$; $m_4 - m_2 \approx 52,5 \text{ g}$

2.a) Napiši jednadžbu kemijske reakcije do koje je tijekom pokusa došlo



Za izjednačenu jednadžbu 1 bod

Za ispravno navedena agregacijska po 0,5 boda

Ukupno:

1,5 bodova

NAPOMENA ISPRAVLJAČIMA: Priznati i jednadžbe napisane na makroskopskoj razini

2.b) Na temelju rezultata mjerenja odredi najvjerojatniju formulu uzorka A.



$$m(\text{A}) = m_1 - m_5$$

$$m(\text{CO}_2) = m_3 + m(\text{A}) - m_4 = m_3 + m_1 - m_5 - m_4$$

$$n(\text{A}) = n(\text{CO}_2) = [m_3 + m_1 - m_5 - m_4] / M(\text{CO}_2)$$

$$M(\text{A}) = m(\text{A}) / n(\text{A}) = M(\text{CO}_2) \cdot [m_1 - m_5] / [m_3 + m_1 - m_5 - m_4]$$

$$M(\text{A}) = M(\text{Na}_2\text{CO}_3) + X \cdot M(\text{H}_2\text{O})$$

$$X \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{CO}_2) \cdot [m_1 - m_5] / [m_3 + m_1 - m_5 - m_4] - M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$X = \{M(\text{CO}_2) \cdot [m_1 - m_5] / [m_3 + m_1 - m_5 - m_4] - M(\text{Na}_2\text{CO}_3)\} / M(\text{H}_2\text{O}) \approx (13-18)^*$$

Budući da su poznata 3 hidrata (monohidrat, heptahidrat i dekahidrat), iz mjerenih podataka proizlazi da je uzorak A natrijev karbonat dekahidrat, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Za opću formulu natrijevog karbonata X-hidrata 0,5 boda

Za izraz za masu uzorka 0,5 boda

Za izraz na masu CO_2 0,5 boda

Za izraz na množinu CO_2 0,5 boda

Za povezivanje množine formulskih jedinki uzorka i množinu CO_2 0,5 boda

Za povezivanje molarne mase formulskih jedinki uzorka A i mjerenih podataka 0,5 boda

Za povezivanje molarne mase A i molarnih masa $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot X\text{H}_2\text{O}$ 0,5 boda

Za povezivanje broja molekula vode (X) i mjerenih podataka 0,5 boda

Za račun broja molekula vode (X) 0,5 boda

Za ispravno zaokruživanje na cijeli broj koji odgovara poznatom hidratu 0,5 boda

Ukupno

$10 \times 0,5 = 5$ bodova

NAPOMENA ISPRAVLJAČIMA: Priznati alternativne logički valjane pristupe računu

* očekivane konačne vrijednosti u danom eksperimentalnom postavu su nešto više od 10, ali je nemoguće predvidjeti točno koji će rezultat natjecatelji dobiti. Bodovi se dodjeljuju ako je izračun korektan s obzirom na konkretne podatke koje je natjecatelj izmjerio. Bodovi za zaokruživanje na cijeli broj također se dodjeljuju ovisno o usklađenosti izračunatoga i očekivanoga/zaokruženoga.

c) Uz pretpostavku da je uzorak A bio natrijev karbonat dekahidrat, navedi moguće uzroke za odstupanje mjerenog (odnosto izračunatog) sastava od stvarnoga.

[ako je u a) $X > 10$]: Uzorak je bio vlažan; Neizreagirani uzorak zaostao na stijenama Erlenmeyerove tikvice; dio ugljikova dioksida ostao otopljen u reakcijskoj smjesi (usprkos kiselosti); loše kalibrirana jeftina vaga kupljena on-line...

[ako je u a) $X < 10$]: Tekućina prskala van tikvice tijekom reakcije; loše kalibrirana jeftina vaga kupljena on-line...

Za smisleno objašnjenje (ili skup objašnjenja) za opaženo odstupanje 0,5 boda

Napomena: ako je ponuđena kombinacija smislenih i besmislenih (neusklađenih s opažanjima) objašnjenja, ne dodjeljuju se bodovi.

3.

Gustoća klorovodične kiseline koncentracije $6,0 \text{ mol dm}^{-3}$ iznosi $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ pri sobnoj temperaturi (20°C). Koristeći se tim podatkom, gore zadanim i mjerenim podacima, te uz pretpostavku da je uzorak A bio natrijev karbonat dekahidrat, izračunaj množine četiriju najzastupljenijih kemijskih vrsta prisutnih u Erlenmeyerovoj tikvici nakon završetka reakcije.

Kako je riječ o vodenoj otopini, najzastupljenija vrsta su molekule vode. Slijede kloridni ioni (iz potpuno disocirane klorovodične kiseline), vodikovi/oksonijevi ioni (preostali nakon reakcije s karbonatnim ionima), te natrijevi ioni (iz natrijeva karbonata dekahidrata).



Za svaki reaktant i produkt (B) vrijedit će

$$n(\text{B})_{\text{konačno}} = n(\text{B})_{\text{početno}} + \nu(\text{B}) \cdot \xi$$

Kako je $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ limitirajući reaktant ($n(\text{HCl}) \approx 0,3 \text{ mol} \gg n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \approx 0,01 \text{ mol}$) i potpuno je izreagirao, njegova početna množina definira (maksimalni) doseg reakcije

$$\begin{aligned} \xi &= \Delta n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) / \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})_{\text{početno}} \\ \xi &= (m_5 - m_1) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \approx 0,01 \text{ mol}^* \end{aligned}$$

1. množina molekula vode

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{konačno}} = n(\text{H}_2\text{O})_{\text{početno}} + \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot \xi$$

$$n(\text{H}_2\text{O})_{\text{početno}} = m(\text{H}_2\text{O u HCl(aq)}) / M(\text{H}_2\text{O})$$

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O u HCl(aq)}) &= m(\text{HCl(aq)}) - m(\text{HCl}) \\ &= (m_3 - m_2) - n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) \\ &= (m_3 - m_2) - (c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl(aq)})) \cdot M(\text{HCl}) \\ &= (m_3 - m_2) - (c(\text{HCl}) \cdot m(\text{HCl(aq)}) \cdot M(\text{HCl})) / \rho(\text{HCl(aq)}) \\ &= (m_3 - m_2) - (c(\text{HCl}) \cdot ((m_3 - m_2)) \cdot M(\text{HCl})) / \rho(\text{HCl(aq)}) \\ &= (m_3 - m_2) \cdot [1 - (c(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})) / \rho(\text{HCl(aq)})] \\ &\quad \{\approx 40 \text{ g}\}^* \end{aligned}$$

$$\{n(\text{H}_2\text{O})_{\text{početno}} \approx 2,23 \text{ mol}\}^*$$

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2\text{O})_{\text{konačno}} &= n(\text{H}_2\text{O})_{\text{početno}} + \nu(\text{H}_2\text{O}) \cdot \xi = n(\text{H}_2\text{O})_{\text{početno}} + 11 \xi \\ \{n(\text{H}_2\text{O})_{\text{konačno}} \approx 2,34 \text{ mol}\}^* \end{aligned}$$

2. množina kloridnih iona

$$n(\text{Cl}^-)_{\text{konačno}} = n(\text{Cl}^-)_{\text{početno}} + \nu(\text{Cl}^-) \cdot \xi = n(\text{Cl}^-)_{\text{početno}}$$

[kako se klorid niti ne troši niti ne nastaje; $\nu(\text{Cl}^-) = 0$]

$$\begin{aligned} n(\text{Cl}^-) &= c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl(aq)}) = c(\text{HCl}) \cdot m(\text{HCl(aq)}) / \rho(\text{HCl(aq)}) = (m_3 - m_2) \cdot c(\text{HCl}) / \rho(\text{HCl(aq)}) \\ \{n(\text{Cl}^-) \approx 0,3 \text{ mol}\}^* \end{aligned}$$

3. množina natrijevih kationa

$$n(\text{Na}^+)_{\text{konačno}} = n(\text{Na}^+)_{\text{početno}} + \nu(\text{Na}^+) \cdot \xi$$

[kako je $n(\text{Na}^+)_{\text{početno}} = 0$]

$$\begin{aligned} n(\text{Na}^+)_{\text{konačno}} &= \nu(\text{Na}^+) \cdot \xi = 2 \cdot n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot (m_5 - m_1) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \\ \{n(\text{Na}^+) \approx 0,02 \text{ mol}\}^* \end{aligned}$$

4. množina vodikovih kationa

$$\begin{aligned}
 n(\text{H}^+)_{\text{konačno}} &= n(\text{H}^+)_{\text{početno}} + \nu(\text{H}^+) \cdot \xi \\
 &= n(\text{HCl})_{\text{početno}} - 2 \xi \\
 &= n(\text{HCl})_{\text{početno}} - 2 \xi \\
 &= c(\text{HCl}) \cdot ((m_3 - m_2)) \cdot M(\text{HCl}) / \rho(\text{HCl(aq)}) - 2 \xi
 \end{aligned}$$

$$\{n(\text{H}^+)_{\text{konačno}} \approx 0,28 \text{ mol}\}^*$$

{alternativno, možina se može izraziti i kao množina oksonijevih iona $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{H}^+)$, ali u tome slučaju množina molekula vode izračunata u 1. mora biti umanjena za $n(\text{H}_3\text{O}^+)$, dakle $\approx 2,06 \text{ mol}$ }

Za identifikaciju četiriju najzastupljenijih vrsta 0,5 boda

Za ispravno definiran (maksimalni) doseg reakcije 0,5 boda

Za prepoznavanje dvaju izvora molekule vode 0,5 boda

Za povezivanje početne množine vode u HCl(aq) s mjerenom razlikom masa $m_3 - m_2$ 0,5 boda

Za izraz za izračun početne množine vode u HCl(aq) 0,5 boda

Za ispravno određen stehiometrijski koeficijent vode 0,5 boda

Za izračun konačne množine molekula vode 0,5 boda

Za povezivanje množine kloridnih iona s masom, gustoćom i koncentracijom HCl(aq) 0,5 boda

Za izračun množine kloridnih iona 0,5 boda

Za povezivanje množine natrijevih iona s masom, gustoćom i koncentracijom $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 0,5 boda

Za izračun množine natrijevih iona 0,5 boda

Za povezivanje množine vodikovih iona s početnom množinom i reakcijskim dosegom 0,5 boda

Za povezivanje početne množine vodikovih iona s masom, gustoćom i koncentracijom HCl(aq) 0,5 boda

Za izračun množine vodikovih iona 0,5 boda

Ukupno

14 × 0,5 = 7 bodova

NAPOMENE ISPRAVLJAČIMA: Priznati alternativne logički valjane pristupe računu

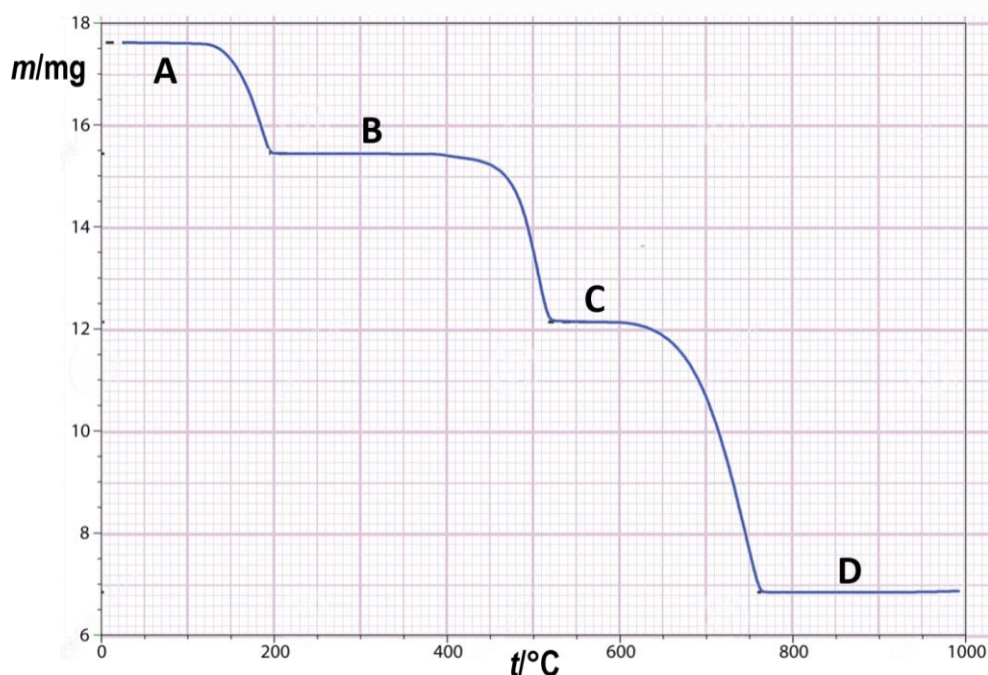
* u vitičastim zagradama navedene su očekivanje približne vrijednosti – uslijed razlika u konkretnim odvagama stvarni rezultati mogu varirati.

4.

**„POKUS“ 2: OKSALATNA ESKALACIJA
(TERMIČKI RASPAD KALCIJEVA OKSALATA MONOHIDRATA)**

Uvod: Jedna od metoda koje se često primjenjuju za karakterizaciju krutinâ jest termogravimetrijska analiza. Riječ je o analitičkoj metodi u kojoj se uzorak istodobno važe i zagrijava u struji plina, tako da se bilježi promjena mase uzorka u ovisnosti o temperaturi – masa se uzorka mijenja kada dolazi do termički uvjetovanih reakcija pri kojima nastaju plinoviti produkti (odnosno, ako dolazi do apsorpcije plina u struji kojega se uzorak zagrijava). Termogravimetrijskim se pokusom dobije termogravimetrijska krivulja koja prikazuje masu uzorka kao funkciju temperature.

Nažalost, financijska ograničenja organizacije Državnog natjecanja iz kemije ne dopuštaju da svaki natjecatelj ima dodijeljen odgovarajući uređaj na korištenje, stoga će tvoj zadatak biti interpretirati prethodno snimljenu termogravimetrijsku krivulju koja je dobivena zagrijavanjem kalcijeva oksalata monohidrata u struji dušika od sobne temperature do 1000 °C brzinom od 10 K min⁻¹.



a) Proučavanjem sastava plinovitih produkata koji nastaju žarenjem kalcijeva oksalata monohidrata ustanovljeno je da u svakom koraku raspada nastaje drugačiji produkt, od kojih su dva oksidi ugljika. Identificiraj (napiši formule) koja je tvar (A – D) prisutna u uzorku pri temperaturama od 50 °C, 300 °C, 550 °C i 800 °C.

A(pri 50 °C) = CaC₂O₄ · H₂O

Tri koraka u kojima se smanjuje masa moraju odgovarati gubitku ugljikova monoksida, ugljikova dioksida i vode. Svaki pad mase uzorka može se pripisati pojedinom produktu temeljem omjera molarnih masa:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_A \cdot M(\text{H}_2\text{O})/M(\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 2,4 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}) = m_A \cdot M(\text{CO})/M(\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 3,8 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) = m_A \cdot M(\text{CO}_2)/M(\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 6,0 \text{ g}$$

Očitavanjem s grafa dobijamo

$$m_A - m_B = 17,6 \text{ g} - 15,4 \text{ g} = 2,2 \text{ g} \approx m(\text{H}_2\text{O})$$

$$m_B - m_C = 15,4 \text{ g} - 12,0 \text{ g} = 3,4 \text{ g} \approx m(\text{CO})$$

$$m_C - m_D = 12,0 \text{ g} - 6,7 \text{ g} = 5,3 \text{ g} \approx m(\text{CO}_2)$$

iz čega slijedi

B(pri 300 °C) = CaC₂O₄



{

Alternativno: molarne mase spojeva B-D odnose se prema molarnoj masi A kao izvagane mase:

$$M(B) = M(A) \cdot m_B / m_A = 128\text{ g mol}^{-1} = M(\text{Ca}) + 2M(\text{C}) + 4M(\text{O})$$

$$M(C) = M(A) \cdot m_C / m_A = 100\text{ g mol}^{-1} = M(\text{Ca}) + M(\text{C}) + 3M(\text{O})$$

$$M(D) = M(A) \cdot m_D / m_A = 56\text{ g mol}^{-1} = M(\text{Ca}) + M(\text{O})$$

}

Za prepoznavanje triju plinovitih produkata (H_2O , CO , CO_2) 3 * 0,5 boda

Za izračun masa pojedinih plinovitih produkata / molarnih masa krutih produkata 3 * 0,5 boda

Za očitavanje masa s grafa 4 * 0,5 boda

Za povezivanje promjena masa s masama produkata 3 * 0,5 boda

Za identifikaciju spojeva B, C, D 3 * 0,5 boda

Ukupno

16 * 0,5 = 8 bodova

NAPOMENE ISPRAVLJAČIMA: Priznati alternativne logički valjane pristupe računu

b) Napiši jednadžbu kemijske reakcije do koje je došlo dok je uzorak grijan između 120 °C i 180 °C



Za izjednačenu jednadžbu 1 bod

Za ispravno navedena agregacijska po 0,5 boda

Ukupno:

1,5 bodova

c) Napiši jednadžbu kemijske reakcije do koje je došlo dok je uzorak grijan između 400 °C i 500 °C



Za izjednačenu jednadžbu 1 bod

Za ispravno navedena agregacijska po 0,5 boda

Ukupno:

1,5 bodova

d) Napiši jednadžbu kemijske reakcije do koje je došlo dok je uzorak grijan između 620 °C i 740 °C



Za izjednačenu jednadžbu 1 bod

Za ispravno navedena agregacijska po 0,5 boda

Ukupno:

1,5 bodova

e) Može li se sadržaj vode u kalcijevu oksalatu monohidratu odrediti na ekvivalentan način kao sadržaj vode u natrijevu karbonatu X-hidratu u prvom pokusu (otapanjem u kiselini). Obrazloži odgovor!

Ne bi. Otapanjem u kiselini smo mogli odrediti sadržaj vode u hidratu natrijeva karbonata jer protonacijom karbonata nastaje nestabilna ugljična kiselina koja se (u kiselom mediju kvantitativno) raspada na vodu i ugljikov dioksid te je upravo smanjenje mase reakcijske smjese uslijed gubitka ugljikova dioksida omogućilo da odredimo množinu i posljedično molarnu masu. Oksalna kiselina za razliku od ugljične je stabilna u vodenj otopini, tako da otapanjem ne bi došlo do nastanka plinovitog produkta, a time niti do smanjenja mase reakcijske smjese.

Za obrazloženi odgovor 1 bod

(0,5 za prepoznavanje principa po kojemu je određivan sadržaj vode u A; 0,5 za stabilnost oksalne kiseline)

5.

**POKUS 3: HIDROGENKARBONATNA HIPOTEZACIJA
(OTAPANJE NATRIJEVA HIDROGENKARBONATA U KISELINI)**

Pribor: Erlenmeyerova tikvica na koju je nataknut gumeni balon, digitalna vaga.

Kemikalije: natrijev hidrogenkarbonat (prethodno odvađen u gumeni balon), klorovodična kiselina ($c = 6,0 \text{ mol dm}^{-3}$; $V = 50 \text{ mL}$; prethodno ulivena u Erlenmeyerovu tikvicu)

Postupak: Na digitalnoj vagi oprezno izvaži Erlenmeyerovu tikvicu s balonom, pazeći pri tome da se uzorak natrijeva hidrogenkarbonata (koji se nalazi u balonu) ne pomiješa s klorovodičnom kiselinom (u tikvici). Nakon što približiš masu (m_6), uhvati balon za vrh i uspravi ga iznad tikvice tako da se uzorak natrijeva hidrogenkarbonata saspe u klorovodičnu kiselinu u tikvici. Nakon što okončaju sve vidljive promjene, oprezno promućkaj sadržaj Erlenmeyerove tikvice te izvaži Erlenmeyerovu tikvicu sa sadržajem nakon reakcije (m_7). Nakon toga pričekaj 5 – 10 minuta (dok zapisuješ opažanja i odgovaraš na daljnja pitanja), te potom još jednom izvaži Erlenmeyerovu tikvicu sa sadržajem nakon reakcije (m_8). Nakon toga skini balon sa tikvice izvaži tikvicu i ispuhani balon (zajedno; m_9).

OPAŽANJA:

Dodavanjem natrijeva hidrogenkarbonata u klorovodičnu kiselinu on se otapa uz obilno nastajanje plina i nastanak bezbojne otopine. Balon na tikvici se napuhuje.

Za svako točno opažanje 0,5 boda

$2 \times 0,5 = 1 \text{ bod}$

REZULTATI MJERENJA:

$m_6 =$

$m_7 =$

$m_8 =$

$m_9 =$

Za ispravan zapis sve 4 mase, 0,5 boda

$1 \times 0,5 = 0,5 \text{ bodova}$

NAPOMENA ISPRAVLJAČIMA: Ispravan zapis uključuje da su sve mase izražene s preciznošću od 0,01 g i zapisane s valjanom mjerno jedinicom. Budući da mase rabljenog posuda variraju, nije moguće predvidjeti kolike će točno vrijednosti biti izmjerene. Očitane vrijednosti čine valjan zapis ako vrijede sljedeće relacije: $m_6 > m_7 \approx m_8$

6.

a) Napiši jednadžbu kemijske reakcije do koje je tijekom pokusa došlo.



Za izjednačenu jednadžbu 1 bod

Za ispravno navedena agregacijska po 0,5 boda

Ukupno:

1,5 bodova

NAPOMENA ISPRAVLJAČIMA: Priznati i jednadžbe napisane na makroskopskoj razini

b) Izračunaj koliko je natrijevog hidrogenkarbonata bilo u balonu na početku pokusa.

$$n(\text{NaHCO}_3) = n(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{NaHCO}_3) / M(\text{NaHCO}_3) = m(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2) = [m_6 - m_9] / M(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = [m_6 - m_9] M(\text{NaHCO}_3) / M(\text{CO}_2)$$

$$\{m(\text{NaHCO}_3) \approx 1,7 \text{ g}\}$$

Za ispravno povezivanje odvađenih masa s masom CO_2 0,5 boda

Za povezivanje mase natrijevog hidrogenkarbonata s masom CO_2 0,5 boda

Ukupno:

1 bod

RJEŠENJA

7.a) Staro ime za hidrogenkarbonat ion jest *bikarbonat* (zadržan u tradicijskom imenu *sode bikarbone*), pri čemu se prefiks *bi-* izvodi od latinskog dijelnog broja *bis* (u značenju 'dvaput'). Objasni zašto su se stari kemičari hidrogenkarbonate odlučili nazvati *dvaput-karbonatima*.

U hidrogenkarbonatima je omjer množine aniona i kationa dvostruko veći nego u karbonatima / neutralizacija neke množine kiseline hidrogenkarbonatom proizvede dvostruko veću množinu ugljikova dioksida nego neutralizacija iste množine kiseline karbonatom

Za (logički smisleno) tumačenje:

0,5 boda

7.b) Jedna od opazivih pojava u pokusima 1 i 3 (koju je u našoj izvedbi pokusâ nažalost teško opaziti) jest da se u pokusu 3 reakcija smjesa tijekom reakcije ohladi, dok u pokusu 1 ostaje približno iste temperature kao prije početka. Procijeni jesu li reakcijske entalpije reakcija koje su se odvale tijekom pokusâ 1 i 3 veće, manje ili približno jednake 0

U pokusu 1, $\Delta_r H \approx 0$

U pokusu 3, $\Delta_r H > 0$

Za svaku entalpiju 0,5 boda

Ukupno

1 bod

7.c) Objasni razliku u reakcijskim entalpijama u pokusima 1 i 3.

U pokusima 1 i 3 nastaje otopina približno identičnog sastava (iz čega sijedi da je energijski doprinos solvatacije produkata u otopini podjednak), ali otapanjem natrijeva hidrogenkarbonata u kiselini u pokusu 3 nastaje dvostruka količina plinovitog produkta (CO_2) u usporedbi s otapanjem karbonata u pokusu 1. Kako je oslobađanje plina iz otopine endotermno (topljivost se smanjuje s temperaturom / ekspanzija plina je endotermna / povećanje volumena plina zahtjeva utrošak energije jednak $p\Delta V$ / ...), proces u kojem nastaje više plina (3) je endotermniji.

Za valjano objašnjenje

1 bod

(0,5 za odbacivanje solvatacije; 0,5 za prepoznavanje da je oslobađanje plina endotermno)

NAPOMENA ISPRAVLJAČIMA: Priznati svaki fizikalno-kemijski smisleni odgovor koji povezuje povećanje volumena plina i pozitivnu promjenu entalpije.

7.d) Je li tlak plina u balonu jednak atmosferskom, veći ili manji od njega? Obrazloži odgovor!

Veći. Na plin u balonu ne djeluje samo sila uslijed vanjskog tlaka zraka nego i dodatna uslijed elastičnosti balona / ako bi se balon skinuo, on bi se spontano ispuhao, dakle plin u napuhnutom balonu mora biti pod većim tlakom od vanjskoga.

Za ispravan odgovor 0,5 boda

Za valjan argument 0,5 boda

Ukupno:

1 bod

RJEŠENJA

8. Je li tijekom pokusa 3 došlo do smanjenja mase sustava (definiranog kao sadržaj tikvice i balona)?
Obrazloži odgovor (obrazloženje treba uključivati sve tri vrijednosti m_6 , m_7 i m_8)

Masa sustava se tijekom reakcije NIJE promijenila (zakon očuvanja mase).

Jedini razlog za smanjenje mase bio bi gubitak CO_2 iz sustava tijekom reakcije – on međutim ne bi stao nakon reakcije, te bi m_8 bila znatno manja od m_7 , a pokusom smo ustanovili da su podjednake. Razlog zašto je $m_6 > m_7$ leži u tome što vaga zapravo ne mjeri masu već ukupnu silu kojom predmet pritišće vagu. U vakuumu ta je sila izravno proporcionalna masi, ali u Zemljinoj atmosferi ona je umanjena za uzgon (koji je proporcionalan volumenu tijela) – kako se tijekom reakcija napuhao balon (tj. povećao se volumen) povećao se je i uzgon, čime je ukupna sila kojom aparatura djeluje na vagu opala, što je rezultiralo smanjenjem očitane vrijednosti.

Za točan odgovor 0,5 boda

Za valjanu argumentaciju 1 bod

(0,5 za spoznaju da nije do gubitka CO_2 , 0,5 za prepoznavanje da je uzgon uzrok prividnog smanjenja mase)

Ukupno: 1,5 bodova