

393
B88

MINISTERUL SĂNĂTĂȚII AL REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA DE STAT DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
"NICOLAE TESTEMIȚANU"

FACULTATEA FARMACIE
Catedra Chimie Generală

Grigore BUDU, Silvia MELNIC

CHIMIE ANALITICĂ PROBLEME ȘI TESTE



Chișinău • 2009

543
B22

MINISTERUL SĂNĂTĂȚII AL REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA DE STAT DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
NICOLAE TESTEMIȚANU

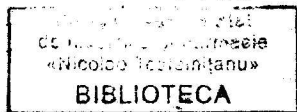
FACULTATEA FARMACIE
Catedra Chimie Generală

Grigore BUDU, Silvia MELNIC

CHIMIE ANALITICĂ

PROBLEME ȘI TESTE

691131



Centrul Editorial-Poligrafic *Medicina*
2009

CZU 543(076.5)

B 88

Aprobat de Consiliul Metodic Central al
USMF *Nicolae Testemițanu* pe 24.X.08, procesul-verbal nr.1

Autori: *Grigore Budu*, doctor în chimie, conferențiar universitar
Silvia Melnic, lector superior

Recenzenți: *Vladimir Valica*, șef catedră Chimie Farmaceutică și Toxicologică, doctor habilitat în științe farmaceutice, profesor universitar
Vasile Gorgos, șef catedră Chimie a Universității Agrare de Stat din Moldova, doctor în chimie, conferențiar universitar

Problemarul include mai multe aplicații de calcul cu care ne întâlnim la studierea metodelor de analiză calitativă și cantitativă și este constituit din 13 compartimente, care conțin noțiuni teoretice, probleme rezolvate, probleme propuse pentru rezolvare și teste (cu un singur răspuns corect și cu 2 sau mai multe răspunsuri corecte).

Este adresat studenților de la facultatea Farmacie și alte facultăți, unde se studiază chimia analitică.

Redactor: Lidia Câssa

Machetare computerizată: Vera Florea, Natalia Dorogan

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Budu, Grigore

Chimie analitică: probleme și teste / Grigore Budu, Silvia Melnic;
Univ. de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Fac.
Farmacie, Catedra Chimie Gen. – Ch.: CEP „Medicina”, 2009. – 236 p.

Bibliogr.: p. 235 (8 tit.). – 100 ex.

ISBN 978-9975-4071-2-0

543(076.5)

© CEP *Medicina*, 2009

© Gr. Budu, S. Melnic, 2009

ISBN 978-9975-4071-2-0

INTRODUCERE

În scopul studierii profunde a chimiei analitice e necesar de a forma la studenți deprinderi practice în rezolvarea problemelor de calcul cu care aceștia se confruntă la efectuarea unui studiu analitic al unui sistem chimic (analiza calitativă și analiza cantitativă).

Prezenta lucrare „Chimie analitică: probleme și teste” este alcătuită din două părți: partea I – Chimia analitică calitativă (9 compartimente) și partea II – Chimia analitică cantitativă (4 compartimente). Fiecare compartiment (afară de primul) conține material teoretic la tema respectivă, modalități de rezolvare a problemelor, probleme rezolvate și propuse pentru rezolvare de sine stătător, teste complement simplu și complement multiplu. În total sunt prezentate 93 de probleme rezolvate, 299 de probleme propuse pentru rezolvare de sine stătător, 240 de teste complement simplu (cu un singur răspuns corect) și 246 de teste complement multiplu (cu două sau mai multe răspunsuri corecte).

Atât problemele, cât și testele sunt alcătuite în conformitate cu programa de studii a chimiei analitice prevăzută pentru studenții facultății Farmacie și are drept obiective instructive aprofundarea, aplicarea și verificarea cunoștințelor la chimia analitică.

Problemarul este completat cu răspunsuri la probleme și teste, anexe în care pot fi găsite unele formule de calcul, constantele necesare (K_a , K_b , PS etc.) și tabelul prescurtat al logaritmiilor.

PARTEA I

ANALIZA CALITATIVĂ

1. MODURILE DE EXPRIMARE A COMPOZIȚIEI SOLUȚIILOR ȘI CORELAȚIILE DINTRE ELE

$$\omega(A) = \frac{m(A) \cdot 100}{m(sol.A)} \quad (1.1)$$

$$c(A) = \frac{n(A)}{V(sol.A)} = \frac{m(A)}{M(A) \cdot V(sol.A)} = \frac{\omega(A) \cdot 10 \cdot \rho}{M(A)} \quad (1.2)$$

$$c(\frac{1}{z}A) = \frac{n(\frac{1}{z}A)}{V(sol.A)} = \frac{m(A)}{M(\frac{1}{z}A) \cdot V(sol.A)} = \frac{\omega(A) \cdot 10 \cdot \rho}{M(\frac{1}{z}A)} \quad (1.3)$$

$$c(\frac{1}{z}A) = \frac{c(A) \cdot M(A)}{M(\frac{1}{z}A)} = z \cdot c(A), \quad (1.4)$$

- unde:
- A – substanța dizolvată;
 - $\omega(A)$ – partea de masă a componentului A în soluția dată;
 - $m(sol.A)$ – masa soluției substanței A, g;
 - $V(sol.A)$ – volumul soluției substanței A, l;
 - $n(A)$ – cantitatea de substanță a componentului A, mol;
 - $M(A)$ – masa molară a substanței A, g/mol;
 - $c(A)$ – concentrația molară a soluției substanței A, moli/l;
 - $n(\frac{1}{z}A)$ – cantitatea de substanță a echivalentului substanței A, mol;
 - $M(\frac{1}{z}A)$ – masa molară a echivalentului substanței A, g/mol;
 - $c(\frac{1}{z}A)$ – concentrația molară a echivalentului soluției substanței A, moli/l;
 - $\frac{1}{z}$ – factorul de echivalență;
 - z – numărul de echivalență
 - ρ – densitatea soluției, g/ml.

2. ACTIVITATEA IONILOR ÎN SOLUȚII APOASE DE ELECTROLIȚI. TĂRIA IONICĂ A SOLUȚIILOR

Electroliții tari în soluții apoase disociază complet și din acest motiv noțiunile de grad de disociere electrolitică și constanta de disociere nu se aplică în cazul lor. Gradul de disociere real al electroliților tari este 1.

Însă măsurarea unor proprietăți ale soluțiilor electroliților tari (de exemplu, conductibilitatea electrică) demonstrează că gradul de disociere a electroliților tari are valori mai mici de 1. Acesta se numește grad de disociere aparent. Teoria electroliților tari explică acest fenomen prin existența interacțiunii electrostatice între ioni. Fiecare ion în soluție atrage și se înconjoară cu ioni de semn contrar, ei interacționează și cu moleculele polare ale solventului. Concomitent cu creșterea concentrației soluției de electroliți tari crește și atracția reciprocă a ionilor. Din această cauză scade și viteza de mișcare a ionilor în soluție, având drept efect scăderea activității chimice a acestora.

Pentru a ține cont de influența interacțiunii electrostatice a ionilor asupra proprietăților fizice și chimice ale soluțiilor electroliților tari, s-a introdus în locul concentrației reale, „ c ”, noțiunea de activitate, „ a ”, numită și concentrație efectivă sau concentrație activă. Activitatea și concentrația ionilor sunt corelate reciproc prin relația:

$$a = f \cdot c, (2.1),$$

unde: f – coeficientul de activitate a ionului;

a – activitatea ionului (concentrația lui efectivă), deci concentrația ionului în conformitate cu care el se manifestă în soluție.

Coeficientul de activitate de regulă e mai mic decât 1. În soluții foarte diluate ale electroliților tari interacțiunea ionilor practic lipsește și $f = 1$, $a = c$. Coeficientul de activitate a ionului dat într-o soluție care conține mai mulți electroliți este funcție a concentrațiilor și sarcinilor tuturor ionilor din soluție. În calitate de măsură a interacțiunii tuturor ionilor din soluție s-a introdus noțiunea de tărie ionică I care se calculează cu ajutorul formulei:

$$I = \frac{1}{2}(c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + \dots + c_n z_n^2), \quad (2.2)$$

în care \mathbf{c} și \mathbf{z} sunt concentrațiile și respectiv sarcinile tuturor ionilor din soluție.

Valorile lui „ f ” din soluții foarte diluate se calculează cu ajutorul relației (deduse de Debye și Huckel):

$$\lg f = -0,5z^2\sqrt{I} \quad (2.3)$$

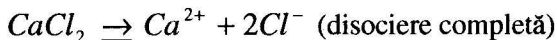
Pentru soluțiile în care $I > 0,01$, valorile lui „ f ” a ionilor se calculează cu ajutorul unei relații mult mai complicate. În îndreptarele de chimie analitică sunt adunate într-un tabel valorile medii ale coeficienților de activitate a ionilor în funcție de tăria ionică a soluției. O variantă prescurtată a acestui tabel este inclusă în *anexa nr.1*.

Pentru a calcula activitatea ionului dat într-o soluție, mai întâi se determină tăria ionică (formula 2.2), apoi se găsește coeficientul de activitate în tabelul respectiv (*anexa nr.1*) sau se calculează din relația 2.3 și în final se aplică formula 2.1.

Probleme rezolvate

Exemplul 1: Calculați activitatea ionilor de calciu în soluția de clorură de calciu cu: $c(\text{CaCl}_2) = 0,01 \text{ mol/l}$.

Rezolvare:



Deci, în soluție sunt prezenți ionii Ca^{2+} și Cl^- :

$$c_1 = c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{CaCl}_2);$$

$$c_2 = c(\text{Cl}^-) = 2 \cdot c(\text{CaCl}_2) = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ mol/l}$$

$$I = \frac{1}{2}(c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2) = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2) = 0,03$$

În tabelul respectiv (*anexa nr.1*) găsim valoarea medie a coeficientului de activitate a ionilor bivalenți pentru $I=0,025$ (cea mai apropiată valoare a tăriei ionice de cea calculată – 0,03) și anume $f=0,555$.

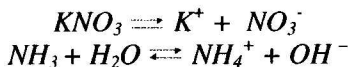
Din relația 2.1 obținem:

$$a(\text{Ca}^{2+}) = f \cdot c = 0,555 \cdot 0,01 = 0,00555 \text{ mol/l.}$$

Exemplul 2: Într-un litru de soluție se conține 1,7 g NH_3 și 1,011 g KNO_3 . Să se calculeze $a(\text{K}^+)$

Rezolvare:

Azotatul de potasiu ionizează complet, pe când amoniacul – într-o măsură foarte mică:



Deci, în soluție practic se conțin numai ionii: K^+ și NO_3^-

$$c(\text{K}^+) = c(\text{NO}_3^-) = c(\text{KNO}_3) = \frac{m(\text{KNO}_3)}{M(\text{KNO}_3) \cdot V(\text{sol.})} = \frac{1,011}{101,1 \cdot 1} = 0,01 \text{ mol/l}$$

$$I = \frac{1}{2}(c(\text{K}^+) \cdot z_{\text{K}^+}^2 + c(\text{NO}_3^-) \cdot z_{\text{NO}_3^-}^2) = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2) = 0,01$$

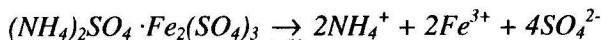
În tabel găsim pentru această tărie ionică valoarea coeficientului de activitate a ionilor monovalenți egală cu 0,899. Pentru așa fel de soluții diluate „ f ” poate fi calculat și din relația 2.3. Obținem același rezultat 0,899.

$$a(\text{K}^+) = f \cdot c = 0,899 \cdot 0,01 = 0,00899 \text{ mol/l.}$$

Exemplul 3: Calculați activitatea ionilor în soluția care conține într-un litru 0,001 moli $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

Rezolvare:

Substanța dată este o sare care complet disociază în soluție formând trei feluri de ioni:



$$c_1 = c(\text{NH}_4^+) = 2 \cdot c(\text{sare}) = 2 \cdot 0,001 = 0,002 \text{ mol/l}; \quad z_1 = 1$$

$$c_2 = c(\text{Fe}^{3+}) = 2 \cdot c(\text{sare}) = 0,002 \text{ mol/l}; \quad z_2 = 3$$

$$c_3 = c(\text{SO}_4^{2-}) = 4 \cdot c(\text{sare}) = 4 \cdot 0,001 = 0,004 \text{ mol/l}; \quad z_3 = 2$$

$$I = \frac{1}{2}(c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + c_3 z_3^2) = \frac{1}{2}(0,002 \cdot 1^2 + 0,002 \cdot 3^2 + 0,004 \cdot 2^2) = 0,018$$

În tabel (anexa nr.1) găsim pentru $I = 0,025$ (cea mai apropiată tărie ionică de cea calculată):

$$f_{\text{NH}_4^+} = 0,85; f_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,555; f_{\text{Fe}^{3+}} = 0,325;$$

$$a(\text{NH}_4^+) = f \cdot c = 0,85 \cdot 0,002 = 0,00170 \text{ mol/l};$$

$$a(\text{SO}_4^{2-}) = f \cdot c = 0,555 \cdot 0,004 = 0,00222 \text{ mol/l};$$

$$a(\text{Fe}^{3+}) = f \cdot c = 0,325 \cdot 0,002 = 0,000650 \text{ mol/l};$$

Exemplul 4: În 100 ml de soluție se conține 0,119 g KBr și 0,111 g CaCl_2 . Calculați $a(\text{Br}^-)$ în această soluție.

Rezolvare:

Drept consecință a ionizării complete a sărurilor respective în soluție se conțin ionii: K^+ , Br^- , Ca^{2+} și Cl^- .

$$c(\text{KBr}) = \frac{m(\text{KBr})}{M(\text{KBr}) \cdot V(\text{sol.})} = \frac{0,119}{119 \cdot 0,1} = 0,01 \text{ mol/l};$$

$$c(\text{CaCl}_2) = \frac{0,111}{111 \cdot 0,1} = 0,01 \text{ mol/l}.$$

$$c_1 = c(\text{K}^+) = c(\text{KBr}) = 0,01 \text{ mol/l}; \quad z_1 = 1$$

$$c_2 = c(\text{Br}^-) = c(\text{KBr}) = 0,01 \text{ mol/l}; \quad z_2 = 1$$

$$c_3 = c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{CaCl}_2) = 0,01 \text{ mol/l}; \quad z_3 = 2$$

$$c_4 = c(\text{Cl}^-) = 2 \cdot c(\text{CaCl}_2) = 0,02 \text{ mol/l}; \quad z_4 = 1$$

$$I = \frac{1}{2}(c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + c_3 z_3^2 + c_4 z_4^2) = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2) = 0,04$$

În tabel (anexa nr.1) găsim pentru $I = 0,05$ (cea mai apropiată valoare a tăriei ionice de cea calculată): $f_{Br^-} = 0,84$. Atunci $a(Br^-) = f \cdot c = 0,84 \cdot 0,01 = 0,0084$ mol/l.

Exemplul 5: Calculați tăria ionică a soluției de sulfat de sodiu cu concentrația molară a echivalentului sulfatului de sodiu egală cu 0,10 mol/l.

Rezolvare:

Calculăm concentrația molară a soluției date folosind relația 1.4

$$c(Na_2SO_4) = \frac{c(\frac{1}{2}Na_2SO_4)}{2} = \frac{0,10}{2} = 0,05 \text{ mol/l};$$

$$c_1 = c(Na^+) = 2 \cdot c(Na_2SO_4) = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ mol/l}; \quad z_1 = 1$$

$$c_2 = c(SO_4^{2-}) = c(Na_2SO_4) = 0,05 \text{ mol/l}; \quad z_2 = 2$$

$$I = \frac{1}{2}(c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2) = \frac{1}{2}(0,10 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 2^2) = 0,15$$

Probleme propuse

2-1. Calculați tăria ionică a soluției de clorură de calciu cu concentrația molară 0,05 mol/l.

Răspuns: 0,15.

2-2. În 500 ml soluție se conține 0,073 g Cl_2 și 0,119 g KBr. Calculați tăria ionică a acestei soluții.

Răspuns: 0,002.

2-3. Calculați activitatea ionilor de sodiu în soluția de clorură de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,01 mol/l.

Răspuns: 0,00899.

2-4. Calculați activitatea ionilor de calciu în soluția de azotat de calciu cu concentrația molară egală cu 0,002 mol/l.

Răspuns: 0,001488 mol/l.

2-5. Într-un l de soluție se conțin 0,01 moli K_2SO_4 și 0,01 moli $Al_2(SO_4)_3$. Calculați tăria ionică a soluției date.

Răspuns: 0,18.

2-6. Calculați activitatea ionilor de fier (II) în soluția de $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ cu concentrația molară egală cu 0,002 moli/l.

Răspuns: 0,00134 moli/l.

2-7. În 100 ml soluție se conțin 0,1641 g azotat de calciu. Calculați activitatea azotat-anionilor.

Răspuns: 0,0170 moli/l.

2-8. Calculați activitatea sulfat-anionilor în soluția de sulfat de magneziu cu concentrația molară a echivalentului egală cu 0,02 moli/l.

Răspuns: 0,0050 moli/l.

2-9. Într-un l de soluție se conțin 1,4 g KOH și 0,01 moli $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Calculați activitatea anionilor OH^- .

Răspuns: 0,0378 moli/l.

2-10. Se amestecă volume egale de soluții de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl și NH_3 de aceeași concentrație molară egală cu 0,06 moli/l. Calculați tăria ionică a soluției obținute.

Răspuns: 0,08.

2-11. Într-un l de soluție se conțin 0,02 moli K_2SO_4 și 0,01 moli KCl. Calculați activitatea sulfat-ionilor.

Răspuns: 0,01 moli/l.

2-12. În 500 ml soluție se conțin 0,22 g CO_2 și 1,06 g Na_2CO_3 . Calculați tăria ionică a acestei soluții.

Răspuns: 0,06.

3. ECHILIBRE ÎN SOLUȚII APOASE DE ACIZI ȘI BAZE

În orice soluție apoasă produsul concentrațiilor ionilor de hidrogen și hidroxid este o mărime constantă numită produsul ionic al apei. Această constantă se notează prin K_w și la 22°C este egală cu 10^{-14} :

$$c(H^+) \cdot c(OH^-) = K_w = 10^{-14} \quad (3.1)$$

În urma logaritmării cu semnul minus a acestei relații obținem:

$$\begin{aligned} -\lg c(H^+) - \lg c(OH^-) &= -\lg K_w = 14 \text{ sau} \\ pH + pOH &= pK_w = 14 \end{aligned} \quad (3.2)$$

În mediu neutru: $c(H^+) = c(OH^-) = 10^{-7} \text{ moli/l}$; $pH = pOH = 7$;

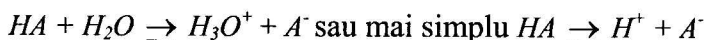
În mediu acid: $c(H^+) > 10^{-7}$, $pH < 7$, $c(OH^-) < 10^{-7}$, $pOH > 7$;

În mediu bazic: $c(H^+) < 10^{-7}$, $pH > 7$, $c(OH^-) > 10^{-7}$, $pOH < 7$

Relația 3.1 s-a obținut în rezultatul aplicării legii acțiunii maselelor la procesul de disociere (autoprotoliză) a apei. Pentru a caracteriza aciditatea sau bazicitatea unei soluții apoase e suficient să cunoaștem valorile $c(H^+)$ sau pH. De aceea, în practica analizei chimice adesea e necesar să calculăm $c(H^+)$ sau pH-ul soluțiilor care se analizează. În funcție de natura acizilor și bazelor (sau a altor substanțe) din soluția de analizat întâlnim diferite modalități de calculare a $c(H^+)$ și pH-ului.

3.1. Calcularea $c(H^+)$ și pH-ului soluțiilor apoase de acizi tari și baze tari

Scriem ecuația reacției de ionizare (ionizare completă) a acidului tare monobazic HA.



Presupunând că coeficientul de activitate este aproximativ egal cu o unitate, scriem:

$$a(H^+) \cong c(H^+) = c(HA) \text{ și } pH = -\lg c(H^+) = -\lg c(HA) \quad (3.3)$$

În mod analog și pentru bazele tari monoacide MeOH:

$$\begin{aligned} a(OH^-) &\cong c(OH^-) = c(MeOH) \text{ și} \\ pOH &= -\lg c(OH^-) = -\lg c(MeOH) \\ pH &= 14 - pOH \text{ (a se vedea relația 3.2).} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Probleme rezolvate

Exemplul 1: Calculați pH-ul soluției de acid clorhidric cu $c(HCl) = 0,01$ moli/l.

Rezolvare:

$$c(H^+) = c(HCl) = 0,01 \text{ moli/l}; \quad pH = -\lg c(H^+) = -\lg 0,01 = 2$$

Exemplul 2: Calculați pH-ul soluției 0,001 molare de hidroxid de potasiu.

Rezolvare:

$$\begin{aligned} c(OH^-) &= c(KOH) = 0,001 \text{ moli/l}; \quad pOH = -\lg c(OH^-) = 3; \\ pH &= 14 - pOH = 14 - 3 = 11. \end{aligned}$$

Pentru calcule mai precise e necesar să ținem cont și de coeficienții de activitate. În acest caz pH-ul și pOH-ul se notează astfel: p_aH și p_aOH .

Exemplul 3: Calculați p_aH -ul soluției 0,01 molare de acid clorhidric.

Rezolvare:

$$a(H^+) = f \cdot c(H^+) = f \cdot c(HCl); \quad p_aH = -\lg a(H^+)$$

Ecuția reacției de ionizare completă: $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ Calculăm tăria ionică a soluției, știind că în soluție sunt prezenți ionii H^+ și Cl^- :

$$c(H^+) = c(Cl^-) = 0,01 \text{ moli/l};$$

$$I = \frac{1}{2}(c(H^+) \cdot z^2 + c(Cl^-) \cdot z^2) = \frac{1}{2}(0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2) = 0,01.$$

În tabel (anexa nr.1) găsim pentru ionii monovalenți: $f = 0,899$.

Deci, $a(H^+) = 0,899 \cdot 0,01 = 0,00899$; $p_a H = -\lg a(H^+) = -\lg 0,00899 = 2,05$
(a se compara cu rezultatul din exemplul 1).

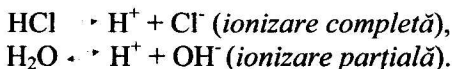
Într-un mod asemănător se calculează $p_a OH$ -ul pentru soluții de baze tari, apoi $p_a H = 14 - p_a OH$.

Așa modalitate de calculare a pH-ului poate fi aplicată în cazurile când în soluția de analizat lipsesc alte izvoare de ioni de hidrogen sau când acestea se pot neglija. De exemplu, pentru soluțiile apoase de acizi tari și baze tari cu $c \geq 10^{-4}$ moli/l, ionii H^+ , obținuți la disocierea apei, pot fi neglijați. Însă în soluții mai diluate e necesar de a ține cont și de disocierea apei. Calcularea pH-ului în astfel de cazuri se efectuează cu ajutorul ecuației de electroneutralitate. Condiția de electroneutralitate presupune numărul egal de sarcini pozitive și negative într-o unitate de volum.

Exemplul 4: Calculați pH-ul soluției de acid clorhidric dacă concentrația molară a clorurii de hidrogen este egală cu 10^{-8} moli/l.

Rezolvare:

În soluție au loc reacțiile:



Ecuția electroneutralității: $c(H^+) = c(Cl^-) + c(OH^-)$, unde $c(H^+)$ – concentrația sumară a ionilor de hidrogen (obținuți în ambele procese de ionizare);

$$c(Cl^-) = c(HCl), \text{ atunci}$$

$$c(OH^-) = c(H^+) - c(Cl^-) = c(H^+) - c(HCl).$$

Ecuția produsului ionic al apei:

$$K_w = c(H^+) \cdot c(OH^-) = c(H^+) \cdot (c(H^+) - c(HCl))$$

$$\text{sau } c^2(H^+) - c(HCl) \cdot c(H^+) - K_w = 0.$$

$$c^2(H^+) - 10^{-8} \cdot c(H^+) - 10^{-14} = 0$$

Rezolvând această ecuație pătrată (vezi anexa nr.2), obținem:

$$c(H^+) = \frac{10^{-8} \pm \sqrt{10^{-16} + 4 \cdot 10^{-14}}}{2} = 1,05 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l};$$

$$pH = -\lg(1,05 \cdot 10^{-7}) = 6,98.$$

Fără a ține seama de disocierea apei am fi obținut rezultatul absurd $pH = 8,00$.

Pentru acizi tari bibazici și baze tari biacide:

$$c(H^+) \cong 2 \cdot c(H_2A) \text{ și } c(OH^-) \cong 2 \cdot c(Me(OH)_2).$$

Mai precis, la calcularea $c(H^+)$ sau a altor ioni în soluțiile de acizi tari polibazici și baze tari poliacide se ține cont de existența mai multor trepte de disociere și că numai conform primei trepte disocierea e completă.

Exemplul 5: Calculați pH-ul soluției de acid sulfuric dacă concentrația molară a echivalentului acidului sulfuric este egală cu 0,02 mol/l.

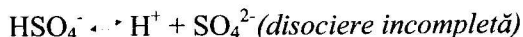
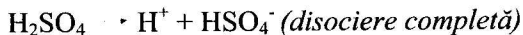
Rezolvare:

Mai întâi calculăm concentrația molară a acidului sulfuric (vezi formula 1.4):

$$c(H_2SO_4) = c(\frac{1}{2} H_2SO_4) / 2 = 0,02 / 2 = 0,01 \text{ mol/l}$$

$$c(H^+) \cong 2 \cdot c(H_2SO_4) \cong 2 \cdot 0,01 \cong 0,02 \text{ mol/l}; \quad pH \cong -\lg 0,02 \cong 1,70$$

Pentru calcularea precisă a $c(H^+)$, scriem ecuațiile reacțiilor de disociere:



$$K_a^{HSO_4^-} = \frac{c(H^+)c(SO_4^{2-})}{c'(HSO_4^-)} - \text{constanta de disociere a anionului } HSO_4^-.$$

În tabel (anexa nr. 3) găsim valoarea $K_a^{HSO_4^-} = 0,0115$.

$$c_1 = c(HSO_4^-) = c(H_2SO_4) = 0,01 - \text{rezultă din prima ecuație;}$$

$x = c_2(H^+)$ - concentrația ionilor de hidrogen care se obține la disocierea incompletă a ionului HSO_4^- .

$$c'(HSO_4^-) = c(HSO_4^-) - c_2(H^+) = c(H_2SO_4) - x$$

$$c(SO_4^{2-}) = c_2(H^+) = x;$$

$$c(H^+) = c_1(H^+) + c_2(H^+) = c(H_2SO_4) + x.$$

Înlocuind aceste valori în relația pentru $K_a^{HSO_4^-}$, obținem:

$$0,0115 = \frac{(0,01 + x)x}{0,01 - x}; \quad x^2 + 0,0215x - 1,15 \cdot 10^{-4} = 0$$

Rezolvăm această ecuație pătrată (vezi anexa nr. 2).

$$x = \frac{-0,0215 + \sqrt{0,0215^2 + 4 \cdot 1,15 \cdot 10^{-4}}}{2} = 4,4 \cdot 10^{-3} = c_2(H^+)$$

$$c(H^+) = 0,01 + 0,0044 = 0,0144 \text{ moli/l}; \quad pH = -\lg 0,0144 = 1,84.$$

Exemplul 6: Calculați pH-ul soluției de hidroxid de litiu cu $\omega(\text{LiOH}) = 0,15\%$ (densitatea soluției este egală cu 1).

Rezolvare:

Calculăm concentrația molară a soluției de LiOH (vezi formula 1.2):

$$c(\text{LiOH}) = \omega(\text{LiOH}) \cdot 10 \rho / M(\text{LiOH}) = 0,15 \cdot 10 \cdot 1/24 = 0,0625 \text{ moli/l};$$

$$c(\text{OH}^-) = c(\text{LiOH}) = 0,0625 \text{ moli/l};$$

$$pOH = -\lg c(\text{OH}^-) = -\lg 0,0625 = 1,20;$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 1,2 = 12,8.$$

Probleme propuse

3-1. Calculați pH-ul și p_aH -ul soluției 0,025 molare de hidroxid de sodiu.

$$\text{Răspuns: } pH = 12,40; \quad p_aH = 12,33.$$

3-2. pH-ul unei soluții apoase este egal cu 5,30. Calculați $c(H^+)$.

$$\text{Răspuns: } 5,01 \cdot 10^{-6} \text{ moli/l.}$$

3-3. Calculați pH-ul soluției care conține 7,3 g/l HCl.

$$\text{Răspuns: } 0,70.$$

3-4. În 100 ml de soluție se conține 0,0741 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Calculați $c(\text{OH}^-)$, $c(\text{H}^+)$, $c(\text{CaOH}^+)$ și pH-ul acestei soluții.

Răspuns: $c(\text{OH}^-) = 0,017 \text{ mol/l}$;
 $c(\text{H}^+) = 5,88 \cdot 10^{-13} \text{ mol/l}$;
 $c(\text{CaOH}^+) = 0,003 \text{ mol/l}$;
 $\text{pH} = 12,23$.

3-5. Calculați pH-ul soluției de hidroxid de bariu cu concentrația molară a echivalentului egală cu 0,01 mol/l.

Răspuns: $\text{pH} \cong 12$.

3-6. În 500 ml soluție se conține 6,30 g HNO_3 . Calculați pH-ul și p_aH -ul acestei soluții.

Răspuns: $\text{pH} = 0,70$; $\text{p}_a\text{H} = 0,80$.

3-7. În două l soluție de acid sulfuric se conține 39,2 g H_2SO_4 . Calculați $c(\text{H}^+)$, $c(\text{HSO}_4^-)$ și $c(\text{SO}_4^{2-})$ în această soluție.

Răspuns: $c(\text{H}^+) = 0,2102 \text{ mol/l}$;
 $c(\text{HSO}_4^-) = 0,1898 \text{ mol/l}$;
 $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0,0102 \text{ mol/l}$.

3-8. Într-un l de soluție apoasă de acid azotic se conține 10^{-9} moli HNO_3 . Calculați pH-ul acestei soluții.

Răspuns: $\text{pH} = 7,00$.

3-9. Calculați $a(\text{H}^+)$ în soluția 0,1 molară de HCl .

Răspuns: 0,081 mol/l.

3-10. În 500 ml soluție se conține 2,805 g KOH . Calculați pH-ul și p_aH -ul soluției date.

Răspuns: $\text{pH} = 13,00$; $\text{p}_a\text{H} = 12,91$.

3-11. Calculați pH-ul soluției de HCl cu $\omega(\text{HCl}) = 0,1\%$ (densitatea soluției este 1 g/ml).

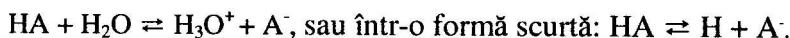
Răspuns: $\text{pH} = 1,56$.

3-12. La 1750 ml apă s-a adăugat 2 g soluție de HCl de 5%. Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: $\text{pH} = 2,80$.

3.2. Calcularea $c(H^+)$ și pH-ului soluțiilor apoase de acizi slabi și baze slabe

Acizii slabi și bazele slabe disociază în soluții apoase doar parțial. În soluția apoasă a acidului monobazic HA există echilibrul:



El se caracterizează prin constanta de disociere (constantă de aciditate):

$$K_a = \frac{c(H^+) \cdot c(A^-)}{c(HA)} = \frac{c^2(H^+)}{c_0(HA) - c(H^+)} \quad (3.5)$$

$$\text{sau } c^2(H^+) + K_a \cdot c(H^+) - K_a \cdot c_0(HA) = 0, \quad (3.6)$$

unde: $c(HA)$ și $c_0(HA)$ sunt concentrațiile de echilibru și respectiv inițială a acidului HA.

Rezolvăm ecuația pătrată 3.6:

$$c(H^+) = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a c_0(HA)}}{2} \quad (3.7)$$

Dacă $c(H^+) \ll c_0(HA)$, atunci $c_0(HA) - c(H^+) \cong c_0(HA)$ și rezolvarea ecuației 3.5 se simplifică:

$$c(H^+) = c(A^-) \cong \sqrt{K_a c_0(HA)} \quad (3.8)$$

sau în formă logaritmică:

$$-\lg c(H^+) = pH = \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} \lg c_0(HA) \quad (3.9)$$

Formulele 3.8 și 3.9 se aplică atunci când gradul de disociere a acidului $\alpha \leq 0,05$ (deci $\leq 5\%$) sau când $c_0(HA)/K_a \geq 400$.

Fie că calcularea $c(H^+)$ e admisibilă cu o eroare egală (sau mai mică) cu 5%. Atunci $c(H^+) \leq 0,05 \cdot c_0(HA)$ și după introducerea acestei relații în formula 3.5 obținem: $c_0(HA)/K_a \geq 400$. Prin urmare, dacă concentrația acidului slab este cel puțin de 400 ori mai mare decât constanta de disociere, atunci $c_0(HA) - c(H^+) \cong c_0(HA)$

și relația 3.5 se simplifică în formula 3.8, iar cizii care au $\alpha > 0,05$ sau $c_0(\text{HA})/K_a < 400$, $c(\text{H}^+)$ se calculează folosind relația 3.7.

Concentrația ionilor de hidrogen poate fi calculată și prin metoda aproximațiilor succesive:

$$c(\text{H}^+) = \sqrt{K_a(c_0(\text{HA}) - c^l(\text{H}^+))} \quad (3.10)$$

Ecuția 3.10 se obține din 3.5. Valoarea $c^l(\text{H}^+)$ în prima aproximație se determină conform relației 3.8, apoi se calculează $c(\text{H}^+)$ din 3.10. Pentru obținerea rezultatului exact de regulă e suficient a face două aproximații.

În mod analog deducem formulele de calcul ale concentrației ionilor OH^- și pOH -lui în soluțiile apoase de baze slabe monoacide B:

$\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BH}^+ + \text{OH}^-$ – ecuația reacției de disociere a bazei B.

$$K_b = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{BH}^+)}{c(\text{B})} = \frac{c^2(\text{OH}^-)}{c_0(\text{B}) - c(\text{OH}^-)}, \quad (3.11)$$

unde: K_b – constanta de disociere a bazei B (constanta de bazicitate).

$$c^2(\text{OH}^-) + K_b \cdot c(\text{OH}^-) - K_b \cdot c_0(\text{B}) = 0 \quad (3.12)$$

$$c(\text{OH}^-) = \frac{-K_b + \sqrt{K_b^2 + 4K_b c_0(\text{B})}}{2} \quad (3.13)$$

Dacă $c(\text{OH}^-) \ll c_0(\text{B})$, atunci $c_0(\text{B}) - c(\text{OH}^-) \cong c_0(\text{B})$ și ecuația 3.11 va avea o formă mai simplă:

$$K_b \cong c^2(\text{OH}^-)/c_0(\text{B}) \text{ și } c(\text{OH}^-) \cong \sqrt{K_b \cdot c_0(\text{B})} \quad (3.14)$$

sau în formă logaritmică:

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\lg c(\text{OH}^-) = \frac{1}{2} \text{p}K_b - \frac{1}{2} \lg c_0(\text{B}), \\ \text{iar } \text{pH} &= 14 - \text{pOH} = 14 - \frac{1}{2} \text{p}K_b + \frac{1}{2} \lg c_0(\text{B}) \end{aligned} \quad (3.15)$$

Formula de calcul al $c(\text{OH}^-)$ prin metoda aproximațiilor succesive (aproximația a doua pentru baze nu prea slabe, $\alpha > 5\%$):

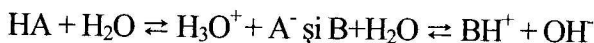
$$c(OH^-) = \sqrt{K_b(c_0(B) - c(OH^-))} \quad (3.16)$$

Concentrațiile ionilor în soluțiile de acizi slabi și baze slabe pot fi calculate și din relațiile:

$$a = c(H^+)/c_0(HA) = c(A^-)/c_0(HA) \quad (3.17)$$

$$a = c(OH^-)/c_0(B) = c(BH^+)/c_0(B), \quad (3.18)$$

care caracterizează echilibrele:



Raportul dintre K , c și α pentru electroliții slabi:

$$K = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha} \quad (3.19)$$

$$\text{sau dacă } \alpha \leq 5\%: K \cong c\alpha^2 \quad (3.20)$$

La calcularea $c(H^+)$ și pH-ului în soluțiile de acizi slabi polibazici sau baze slabe poliacide de cele mai multe ori se ține seama numai de prima treaptă de disociere a electrolitului respectiv, iar relațiile de calcul sunt identice cu cele stabilite pentru acizii slabi monobazici și bazele slabe monoacide. Deci, în formulele respective K reprezintă constanta de disociere a acidului (sau bazei) după prima treaptă, neglijând astfel disocierea în treptele următoare.

În același mod se procedează când în soluție sunt prezenți doi acizi (sau două baze) și unul din ei e mult mai tare decât celălalt (se neglijează prezența electrolitului mai slab).

În cazurile când tăria electroliților slabi diferă puțin, se ia în considerare disocierea ambilor electroliți.

Fie că în soluția de analizat se conțin doi acizi HA_1 și HA_2 . Dacă ei nu sunt prea slabi, atunci neglijând disocierea apei, scriem ecuația electroneutralității:

$$c(H^+) = c(A_1^-) + c(A_2^-).$$

Găsim concentrațiile de echilibru $c(A_1^-)$ și $c(A_2^-)$ din expresiile pentru constantele de aciditate a acizilor:

$$c(A_1^-) = \frac{K_a^{HA_1} c(HA_1)}{c(H^+)}; c(A_2^-) = \frac{K_a^{HA_2} c(HA_2)}{c(H^+)}.$$

După introducerea acestor expresii în ecuația electroneutralității obținem:

$$c(H^+) = \frac{K_a^{HA_1} c(HA_1)}{c(H^+)} + \frac{K_a^{HA_2} c(HA_2)}{c(H^+)},$$

$$\text{sau } c(H^+) = \sqrt{K_a^{HA_1} c(HA_1) + K_a^{HA_2} c(HA_2)} \quad (3.21)$$

Pentru amestecul a n acizi:

$$c(H^+) = \sqrt{K_a^{HA_1} c(HA_1) + K_a^{HA_2} c(HA_2) + \dots + K_a^{HA_n} c(HA_n)} \quad (3.22)$$

Într-un mod asemănător obținem pentru amestecul de baze B₁ și B₂:

$$c(OH^-) = \sqrt{K_b^{B_1} c(B_1) + K_b^{B_2} c(B_2)} \quad (3.23)$$

Constantele de disociere ale acizilor și bazelor necesare pentru rezolvarea problemelor sunt parțial incluse în *tabelul din anexa nr. 3*.

Probleme rezolvate

Exemplul 1: Calculați $c(H^+)$ în soluția 0,1 molară de acid acetic.

Rezolvare:

Argumentăm alegerea formulei de calcul:

$$c(CH_3COOH)/K_a = 0,1 / 1,74 \cdot 10^{-5} = 5747 \gg 400.$$

Deci calcularea se efectuează aplicând formula 3.8:

$$c(H^+) = \sqrt{K_a c_0(CH_3COOH)} = \sqrt{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1} = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.}$$

Alegerea formulei de calcul poate fi argumentată și calculând gradul de disociere din relația 3.20: $K_a = \alpha^2 / (1 - \alpha) \cong \alpha^2$ (legea diluției Ostwald):

$$\alpha \cong \sqrt{\frac{K_a}{c}} \cong \sqrt{\frac{1,74 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = 0,0132 \text{ sau } 1,32\%.$$

Deci, $\alpha < 5\%$ și pentru calcularea $c(H^+)$ poate fi aplicată relația 3.8.

Exemplul 2: Calculați pH-ul soluției 0,1 molară de acid cianhidric.

Rezolvare:

$$c(\text{HCN}) / K_a = 0,1 / 5 \cdot 10^{-10} = 2 \cdot 10^8 \gg 400. \text{ Deci, utilizăm formula 3.9.}$$

$$pH = \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} \lg c(\text{HCN}) = 9,30/2 - \frac{1}{2} \lg 0,1 = 5,15.$$

Exemplul 3: Calculați pH-ul soluției 0,01 molară de acid fluorhidric.

Rezolvare exactă:

$\frac{c(\text{HF})}{K_a} = \frac{0,01}{6,2 \cdot 10^{-4}} = 16 \ll 400.$ Deci, calcularea $c(H^+)$ nu poate fi efectuată cu ajutorul relației 3.8, deoarece eroarea va depăși cu mult 5%. În acest caz se aplică formula 3.7,

$$c(H^+) = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a \cdot c_0(\text{HF})}}{2} =$$

$$= \frac{-6,2 \cdot 10^{-4} + \sqrt{(6,2 \cdot 10^{-4})^2 + 4 \cdot 6,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01}}{2} = 2,16 \cdot 10^{-3};$$

$$pH = -\lg(2,16 \cdot 10^{-3}) = 2,66.$$

Rezolvare aproximativă (metoda aproximațiilor succesive):

În conformitate cu formula 3.8:

$$c^I(H^+) \cong \sqrt{K_a \cdot c} = \sqrt{6,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01} = 0,0025 \text{ mol/l.}$$

Înlocuind-o în relația 3.10, obținem:

$$c(H^+) = \sqrt{K_a \cdot (c_0(\text{HF}) - c^I(H^+))} = \sqrt{6,2 \cdot 10^{-4} \cdot (0,01 - 0,0025)} =$$

$$= 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.}$$

Exemplul 4: Calculați pH-ul soluției 0,01 molară de piridină.

Rezolvare:

$$\begin{aligned} C_5H_5N + H_2O &\rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^- \\ \frac{c(\text{piridina})}{K_b} &= \frac{0,01}{1,5 \cdot 10^{-9}} = 6,67 \cdot 10^7 \gg 400, \end{aligned}$$

deci $\alpha < 5\%$ și pentru calcularea pH-lui folosim formula 3.15.
 $pH = 14 - \frac{1}{2} pK_b + \frac{1}{2} \lg c_0(\text{piridină}) = 14 - 8,82/2 + \frac{1}{2} \lg 0,01 = 8,40$.

Exemplul 5: Calculați $c(H^+)$ și pH-ul soluției de acid oxalic cu $c(H_2C_2O_4) = 0,15$ mol/l.

Rezolvare:

Acidul oxalic este acid slab bibazic. În tabel (anexa nr. 3) găsim

$K_{a_1} = 5,6 \cdot 10^{-2}$ și $K_{a_2} = 5,4 \cdot 10^{-5}$. Deoarece K_{a_1} este o valoare destul de mare, $\alpha > 5\%$, calcularea $c(H^+)$ se efectuează aplicând relația 3.7 (unde $K_a = K_{a_1}$) sau se utilizează metoda aproximațiilor succesive:

$$\begin{aligned} c(H^+) &= \frac{-K_{a_1} + \sqrt{K_{a_1}^2 + 4K_{a_1} \cdot c_0(H_2C_2O_4)}}{2} = \\ &= \frac{-0,056 + \sqrt{0,056^2 + 4 \cdot 0,056 \cdot 0,15}}{2} = 0,0678 \text{ mol/l} \\ pH &= -\lg 0,0678 = 1,17. \end{aligned}$$

Exemplul 6: Calculați $c(H^+)$ în soluția 0,1 molară de HCOOH și constanta de disociere a acestui acid, dacă se știe că gradul de disociere este egal cu 4,2%.

Rezolvare:

Din legea diluției Ostwald rezultă:

$$K = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0,1 \cdot 0,042^2}{1-0,042} = 1,8 \cdot 10^{-4}.$$

Pentru calcularea $c(H^+)$ se va utiliza relația 3.17:

$$\begin{aligned} \alpha &= c(H^+)/c_0(HCOOH); c(H^+) = c_0(HCOOH) \cdot \alpha = 0,1 \cdot 0,042 = \\ &= 0,0042 \text{ mol/l}. \end{aligned}$$

Exemplul 7: Calculați pH-ul soluției amestecului de acizi benzoic și aminobenzoic în care concentrațiile molare sunt respectiv egale cu 0,20 și 0,02 moli/l.

Rezolvare:

Din tabel notăm constantele de aciditate ale acizilor benzoic ($K_a^I = 6,3 \cdot 10^{-5}$) și aminobenzoic ($K_a^{II} = 1,1 \cdot 10^{-5}$). În conformitate cu relația 3.21 scriem:

$$\begin{aligned} c(H^+) &= \sqrt{K_a^I \cdot c(C_6H_5COOH) + K_a^{II} \cdot c(NH_2C_6H_4COOH)} = \\ &= \sqrt{6,3 \cdot 10^{-5} \cdot 0,20 + 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 0,02} = 3,58 \cdot 10^{-3} \text{ moli/l}; \text{pH} = \\ &= -\lg 0,00358 = 2,45. \end{aligned}$$

Exemplul 8: pH-ul soluției de amoniac este egal cu 10. Calculați concentrațiile de echilibru și inițială ale amoniacului în această soluție.

Rezolvare:

$$K_b = \frac{c(NH_4^+) \cdot c(OH^-)}{c(NH_3)} = \frac{c^2(OH^-)}{c_0(NH_3) - c(OH^-)},$$

unde $c(NH_3)$ și $c_0(NH_3)$ sunt concentrațiile de echilibru și respectiv inițială a amoniacului. $K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$ (a se consulta tabelul din anexa nr. 3); $pOH = 14 - 10 = 4$; $c(OH^-) = 10^{-4}$ moli/l. Înlocuind aceste date în expresia de mai sus, obținem:

$$1,76 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-4} \cdot 10^{-4}}{c_0(NH_3) - 10^{-4}}; \quad c_0(NH_3) = 6,68 \cdot 10^{-4} \text{ moli/l};$$

$$c(NH_3) = 6,68 \cdot 10^{-4} - 10^{-4} = 5,68 \cdot 10^{-4} \text{ moli/l}.$$

Probleme propuse

3-13. Calculați $c(\text{H}^+)$ și pH-ul soluției 0,02 molare de acid acetic. Care este valoarea gradului de disociere a acidului acetic în această soluție?

Răspuns: $c(\text{H}^+) = 5,9 \cdot 10^{-4}$ mol/l;
 $\text{pH} = 3,23$; $\alpha = 2,95\%$.

3-14. Calculați $c(\text{H}^+)$, $c(\text{OH}^-)$ și pH-ul soluției 0,01 molare de amoniac. Care este valoarea gradului de disociere a amoniacului în această soluție?

Răspuns: $c(\text{H}^+) = 2,38 \cdot 10^{-11}$ mol/l;
 $c(\text{OH}^-) = 4,2 \cdot 10^{-4}$ mol/l; $\text{pH} = 10,62$; $\alpha = 4,2\%$.

3-15. În 100 ml de soluție se conține 0,34 g NH_3 . Calculați $c(\text{OH}^-)$ și pH-ul acestei soluții.

Răspuns: $c(\text{OH}^-) = 1,88 \cdot 10^{-3}$ mol/l;
 $\text{pH} = 11,27$.

3-16. Calculați concentrațiile ionilor H^+ , HCOO^- și pH-ul:

a) în soluția cu $c(\text{HCOOH}) = 0,03$ mol/l;

b) în soluția cu $\omega(\text{HCOOH}) = 5\%$ (densitatea soluției se consideră egală cu 1g/ml);

Răspuns: a) $c(\text{H}^+) = c(\text{HCOO}^-) = 2,24 \cdot 10^{-3}$ mol/l;
 $\text{pH} = 2,65$. b) $c(\text{H}^+) = c(\text{HCOO}^-) = 1,39 \cdot 10^{-2}$ mol/l;
 $\text{pH} = 1,86$.

3-17. Calculați concentrațiile ionilor de hidrogen și salicilat în soluția 0,001 molară de acid salicilic.

Răspuns: $c(\text{H}^+) = 6,34 \cdot 10^{-4}$ mol/l;
 $c(\text{Sal}^{2-}) = 2,6 \cdot 10^{-14}$ mol/l.

3-18. Concentrația ionilor H^+ în soluția CH_3COOH este egală cu 10^{-4} mol/l. Calculați concentrațiile de echilibru și inițială ale acidului acetic în această soluție.

Răspuns: $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 5,75 \cdot 10^{-4}$ mol/l;
 $c_0(\text{CH}_3\text{COOH}) = 6,75 \cdot 10^{-4}$ mol/l.

3-19. Calculați concentrația molară inițială a acidului formic, dacă soluția acestui acid are $\text{pH} = 3,0$.

Răspuns: $6,56 \cdot 10^{-3}$ mol/l.

3-20. $c(\text{H}^+)$ în soluția 0,1 molară de CH_3COOH este egală cu $1,3 \cdot 10^{-3}$ moli/l. Calculați constanta și gradul de disociere ale acidului acetic.

Răspuns: $K_a = 1,69 \cdot 10^{-5}$; $\alpha = 1,3\%$.

3-21. Calculați constanta de disociere a acidului formic, dacă pH-ul soluției 0,04 molare a acestui acid este egal cu 2,57.

Răspuns: $1,95 \cdot 10^{-4}$.

3-22. Calculați concentrația molară a soluției de acid cianhidric, valoarea pH-lui căreia este 5,0.

Răspuns: 0,2 moli/l.

3-23. Calculați constanta de disociere a amoniacului, dacă gradul de disociere, în soluția 0,3 molară de amoniac, este egal cu 0,77%.

Răspuns: $1,78 \cdot 10^{-5}$.

3-24. Calculați pH-ul soluției 0,1 molară de hexametilentetramină și gradul de disociere a aminei.

Răspuns: pH = 9,065; $\alpha = 0,0118\%$.

3-25. Gradul de disociere a acidului formic în soluția cu concentrația 0,001 moli/l este egal cu 36,8%. Calculați $c(\text{H}^+)$ și constanta de disociere a acidului formic.

Răspuns: $c(\text{H}^+) = 3,68 \cdot 10^{-4}$ moli/l;
 $K_a = 2,14 \cdot 10^{-4}$.

3-26. Calculați $c(\text{H}^+)$, $c(\text{HS}^-)$ și $c(\text{S}^{2-})$ în soluția 0,1 molară de H_2S .

Răspuns: $c(\text{H}^+) = c(\text{HS}^-) = 10^{-4}$ moli/l;
 $c(\text{S}^{2-}) = 2,5 \cdot 10^{-13}$ moli/l.

3-27. Calculați $c(\text{H}^+)$ și $c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ în soluția 0,05 molară de H_3PO_4 .

Răspuns: $c(\text{H}^+) = c(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 1,56 \cdot 10^{-2}$ moli /l.

4. ECHILIBRE ÎN SOLUȚII-TAMPON

Soluțiile care păstrează aproape constantă concentrația ionilor de hidrogen la diluare și chiar dacă se adaugă acid tare sau bază tare se numesc soluții tampon. Aceste soluții conțin două substanțe care se opun variațiilor de pH ale mediului atunci când se adaugă mici cantități de acid sau bază tare. Cele mai răspândite soluții tampon sunt sistemele de tipul:

acid slab (HA) și o sare a lui (KtA);

bază slabă (B) și o sare a ei ([BH] A).

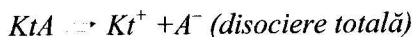
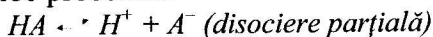
Acțiune tampon au de asemenea și amestecurile de săruri acide ale acizilor slabi cu sărurile neutre, de exemplu NaHCO_3 și Na_2CO_3 (sistemul tampon carbonat), sau amestecul a două săruri acide ale acizilor slabi, de exemplu Na_2HPO_4 și NaH_2PO_4 (sistemul tampon fosfat). În aceste cazuri anionii HCO_3^- și H_2PO_4^- joacă rolul unor acizi slabi, iar Na_2CO_3 și Na_2HPO_4 – săruri ale acestor acizi.

Soluțiile tampon se caracterizează prin anumite valori ale pH-ului și prin capacitatea tampon a lor, care la rândul său sunt funcție a naturii componentelor sistemelor tampon și concentrațiilor lor. Adesea reacțiile analitice se efectuează în anumite condiții de pH. Această condiție se asigură prin prepararea unei soluții tampon.

Deducerea formulelor de calcul al $c(\text{H}^+)$ și pH-ului soluțiilor tampon.

Fie că componentii soluției tampon sunt acidul slab HA și sarea lui KtA.

În soluții au loc procesele:



$$K_a^{\text{HA}} = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} \approx \frac{c(\text{H}^+) \cdot c_0(\text{sare})}{c_0(\text{acid})};$$

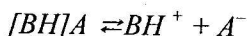
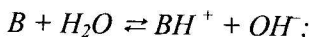
$$c(H^+) \approx K_a^{HA} \frac{c_0(\text{acid})}{c_0(\text{sare})} \quad (4.1)$$

$$pH = -\lg c(H^+) = pK_a^{HA} - \lg \frac{c_0(\text{acid})}{c_0(\text{sare})} \quad (4.2)$$

$$\text{sau } pH = pK_a^{HA} - \lg \frac{n(\text{acid})}{n(\text{sare})}, \quad (4.2a)$$

unde: n – cantitatea de substanță, mmol.

Într-un mod analog obținem formulele de calcul ale $c(OH^-)$ și pOH -ului soluțiilor tampon de tipul bază slabă B plus sarea ei $[BH]A$.



$$K_b^B = \frac{c(OH^-) \cdot c(BH^+)}{c(B)} \approx \frac{c(OH^-) \cdot c_0(\text{sare})}{c_0(\text{bază})}.$$

$$c(OH^-) \approx K_b^B \frac{c_0(\text{bază})}{c_0(\text{sare})} \quad (4.3)$$

$$pOH = pK_b^B - \lg \frac{c_0(\text{bază})}{c_0(\text{sare})} \quad (4.4)$$

$$c(H^+) \approx \frac{K_w \cdot c_0(\text{sare})}{K_b^B \cdot c_0(\text{bază})} \quad (4.5)$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - pK_b^B + \lg \frac{c_0(\text{bază})}{c_0(\text{sare})} \quad (4.6)$$

$$\text{sau } pH = 14 - pK_b^B + \lg \frac{n(\text{bază})}{n(\text{sare})} \quad (4.6a)$$

Probleme rezolvate

Exemplul 1: Calculați $c(H^+)$ în soluția tampon acetat în care $c(CH_3COOH) = 0,1$ mol/l, iar $c(CH_3COONa) = 0,01$ mol/l.

Rezolvare:

Scriem formula 4.1 pentru soluția tampon acetată:

$$c(H^+) = K_a^{CH_3COOH} \frac{c(CH_3COOH)}{c(CH_3COONa)} = \frac{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1}{0,01} = 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Exemplul 2: Calculați pH-ul sistemului tampon $NH_3 + NH_4Cl$, în care concentrația ambilor componenți este egală cu 0,1 mol/l. Cum se va schimba pH-ul acestei soluții:

- la adăugarea la un l soluție 0,01 mol HCl;
- la adăugarea la un l soluție 0,01 mol NaOH;
- la diluarea sistemului tampon de 10 ori?

Rezolvare:

Aplicăm relația 4.6:

$$pH = 14 - pK_b^{NH_3} + \lg \frac{c(NH_3)}{c(NH_4Cl)} = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,1}{0,1} = 9,25$$

La adăugarea a 0,01 mol HCl are loc reacția $NH_3 + HCl = NH_4Cl$ și valoarea $c(NH_3)$ se micșorează până la 0,09 mol/l, iar $c(NH_4Cl)$ devine egală cu 0,11 mol/l. Atunci $pH = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,09}{0,11} = 9,15$.

La adăugarea a 0,01 mol NaOH reacția $NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_3 + H_2O$ modifică $c(NH_3)$ și $c(NH_4Cl)$ în 0,11 mol/l și respectiv 0,09 mol/l.

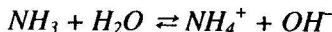
$$\text{În acest caz } pH = 14 - 4,75 + \lg \frac{0,11}{0,09} = 9,33.$$

Diluarea soluției de 10 ori nu modifică valoarea pH-ului, deoarece raportul $c(NH_3)/c(NH_4Cl)$ rămâne neschimbat.

Exemplul 3: Cum și de câte ori se va schimba gradul de disociere a amoniacului, dacă la 200 ml soluție 0,02 molară de NH_3 s-a adăugat 0,107 g NH_4Cl ?

Rezolvare:

Procesul de disociere a amoniacului:



Calculăm gradul de disociere a amoniacului folosind relația 3.20:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K_b^{NH_3}}{c(NH_3)}} = \sqrt{\frac{1,76 \cdot 10^{-5}}{0,02}} = 0,03.$$

După adăugarea clorurii de amoniu procesul de disociere a amoniacului se deplasează spre stânga, dar pentru orice moment al echilibrului se poate scrie relația 3.18: $\alpha_2 = c(OH^-)/c_0(NH_3)$.

$$\text{Dar } c(OH^-) = \frac{K_b^{NH_3} \cdot c_0(NH_3)}{c_0(NH_4Cl)} \quad (\text{a se vedea relația 4.3) și}$$

$$\alpha_2 = \frac{K_b^{NH_3}}{c_0(NH_4Cl)}.$$

Concentrația sării se calculează din relația 1.2:

$$c_0(NH_4Cl) = \frac{m(NH_4Cl)}{M(NH_4Cl) \cdot V(\text{sol.})} = \frac{0,107}{53,5 \cdot 0,2} = 0,01 \text{ moli/l.}$$

$$\text{Atunci: } \alpha_2 = \frac{1,76 \cdot 10^{-5}}{0,01} = 0,00176 \text{ și } \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{0,03}{0,00176} = 17 \text{ ori.}$$

Concluzie: Gradul de disociere a amoniacului se va micșora de 17 ori.

Exemplul 4: Calculați pH-ul soluției obținute prin amestecarea a 100 ml soluție 0,10 molară de acid acetic și 200 ml soluție de acetat de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,20 moli/l. Cum se va schimba pH-ul soluției menționate mai sus, dacă se va adăuga la ea 30 ml soluție 0,20 molară de hidroxid de sodiu?

Rezolvare:

Calculăm concentrațiile componentelor soluției obținute (ținând cont de diluare):

$$c(CH_3COOH) = c_0 \cdot 100 / 300 = 0,1 \cdot 100 / 300;$$

$$c(CH_3COONa) = 0,2 \cdot 200 / 300;$$

$$pH_1 = pK_a^{CH_3COOH} - \lg \frac{c(CH_3COOH)}{c(CH_3COONa)} = 4,76 - \lg \frac{0,1 \cdot 100}{0,2 \cdot 200} = 5,36.$$

$$pH_1 = pK_a^{CH_3COOH} - \lg \frac{n(CH_3COOH)}{n(CH_3COONa)} =$$

sau

$$= pK_a^{CH_3COOH} - \lg \frac{c(CH_3COOH) \cdot v(CH_3COOH)}{c(CH_3COONa) \cdot v(CH_3COOH)} = 4,76 - \lg \frac{0,1 \cdot 100}{0,2 \cdot 200} = 5,36$$

La adăugarea hidroxidului de sodiu la soluția tampon acidul acetic reacționează cu NaOH și $n(CH_3COOH)$ se micșorează. Aceasta va conduce la creșterea valorii lui $n(CH_3COONa)$ în aceeași măsură. Deci:

$$pH_2 = pK_a^{CH_3COOH} - \lg \frac{n(CH_3COOH) - x}{n(CH_3COONa) + x},$$

unde: x – cantitatea de substanță (mmol) de NaOH adăugată la soluția tampon.

$$n(CH_3COOH) = c \cdot V = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ mmol}; n(CH_3COONa) = 200 \cdot 0,2 = 40 \text{ mmol},$$

$$x = n(NaOH) = 30 \cdot 0,2 = 6 \text{ mmol.}; pH_2 = 4,76 - \lg \frac{10 - 6}{40 + 6} = 5,82$$

$$\Delta pH = pH_2 - pH_1 = 5,82 - 5,36 = 0,46.$$

Concluzie: La adăugarea a 30 ml soluție 0,20 molară de NaOH la soluția tampon dată, pH-ul va crește cu 0,46 unități.

Exemplul 5: Calculați volumele soluțiilor de acid acetic și de acetat de sodiu de aceeași concentrație 0,1 molară necesare pentru prepararea a trei l soluție tampon cu $pH=5,24$.

Rezolvare:

În acest caz (ținând cont că $c(CH_3COOH) = c(CH_3COONa)$):

$$pH = pK_a - \lg \frac{n(acid)}{n(sare)} = pK_a - \lg \frac{c(acid) \cdot v(acid)}{c(sare) \cdot v(sare)} = pK_a - \lg \frac{v(acid)}{v(sare)}$$

Deoarece $v(\text{CH}_3\text{COOH}) + v(\text{CH}_3\text{COONa}) = 3000$ ml, atunci

$$\text{pH} = \text{p}K_a^{\text{CH}_3\text{COOH}} - \lg \frac{v(\text{CH}_3\text{COOH})}{3000 - v(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

sau $5,24 = 4,76 - \lg \frac{x}{3000 - x}$, unde $x = v(\text{CH}_3\text{COOH})$;

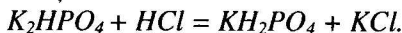
$$\lg \frac{3000 - x}{x} = 0,48; \frac{3000 - x}{x} = \text{ant} \lg 0,48 = 3.$$

$$x = 750 \text{ ml} = v(\text{CH}_3\text{COOH}); v(\text{CH}_3\text{COONa}) = 3000 - 750 = 2250 \text{ ml}.$$

Exemplul 6: La 20 ml de soluție 0,2 molară de K_2HPO_4 s-a adăugat 10 ml de soluție 0,25 molară HCl . Calculați pH-ul soluției obținute.

Rezolvare:

Scriem ecuația reacției care are loc la amestecarea soluțiilor indicate:



S-a obținut soluția tampon compusă din KH_2PO_4 și K_2HPO_4 , în care

$$n(\text{KH}_2\text{PO}_4) = n(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = n(\text{HCl}) = 10 \cdot 0,25 = 2,5 \text{ mmol și}$$

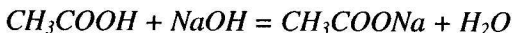
$$n(\text{K}_2\text{HPO}_4) = 20 \cdot 0,2 - 10 \cdot 0,25 = 1,5 \text{ mmol} = n(\text{HPO}_4^{2-})$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a^{\text{H}_2\text{PO}_4^-} - \lg \frac{n(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{n(\text{HPO}_4^{2-})} = 7,21 - \lg \frac{2,5}{1,5} = 7,21 - 0,22 = 6,99.$$

Exemplul 7: Calculați volumul de soluție 0,2 molară de NaOH necesar de adăugat la 20 ml soluție 0,2 molară de acid acetic pentru a obține soluție cu $\text{pH} = 4$.

Rezolvare:

Scriem ecuația reacției:



Soluția tampon obținută conține CH_3COONa și CH_3COOH .

Aplicăm relația 4.2a:

$$\text{pH} = \text{p}K_a^{\text{CH}_3\text{COOH}} - \lg \frac{n(\text{CH}_3\text{COOH})}{n(\text{CH}_3\text{COONa})};$$

$$4 = 4,76 - \lg \frac{0,2 \cdot 20 - x}{x}; \frac{4-x}{x} = \text{ant} \lg 0,76 = 5,75; x = 0,593 \text{ mmoli}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COONa}) = n(\text{NaOH}) = 0,593 \text{ mmol};$$

$$v(\text{NaOH}) = n/c = 0,593/0,2 = 2,96 \text{ ml.}$$

Probleme propuse

4-1. La 100 ml soluție de acid acetic cu concentrația molară egală cu 1 mol/l s-a adăugat 0,41 g de CH_3COONa . Calculați $c(\text{H}^+)$ în soluția obținută.

Răspuns: $3,48 \cdot 10^{-4}$ mol/l.

4-2. Într-un litru de soluție se conține 3,4 g NH_3 și 2,68 g NH_4Cl . Calculați gradul de disociere a amoniacului în această soluție și pH-ul soluției.

Răspuns: $\alpha = 0,0352\%$;
pH=9,85.

4-3. La un l de soluție 0,1 molară de acid formic s-a adăugat 3,4 g HCOONa . Calculați pH-ul acestei soluții.

Răspuns: 3,45.

4-4. La 100 de ml de soluție 0,2 molară de acid acetic s-a adăugat 100 ml soluție în care se conținea 1,64 g de CH_3COONa . Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: 4,76

4-5. Cum și de câte ori se va schimba gradul de disociere a acidului acetic în soluția cu $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,05$ mol/l, dacă la 100 ml de această soluție se va adăuga 0,082 g CH_3COONa ?

Răspuns: Se va micșora de 10,7 ori.

4-6. Cum și de câte ori se va schimba gradul de disociere a acidului formic în soluția 0,5 molară, dacă la 400 ml de această soluție s-a adăugat 100 ml soluție, în care se conține 3,4 g HCOONa ?

Răspuns: Se va micșora de 10,5 ori.

4-7. S-au amestecat 25 ml de soluție 0,2 molară de acid formic și 15 ml soluție 0,1 molară de formiat de sodiu. Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: 3,23.

4-8. Într-un l de soluție se conține 0,056 moli NH_3 și 0,100 moli NH_4Cl . Cum și cu cât se va schimba pH-ul acestei soluții, dacă se va adăuga la ea 0,04 moli NaOH ?

Răspuns: Se va mări cu 0,45 unități.

4-9. Calculați pH-ul soluției tampon obținute la amestecarea a 30 ml soluție 0,1 molară de Na_2CO_3 și 15 ml de soluție de NaHCO_3 de aceeași concentrație molară.

Răspuns: 10,62.

4-10. Să se determine masa de KH_2PO_4 , care trebuie de adăugat la 50 ml soluție 0,20 molară de K_2HPO_4 , pentru a obține o soluție tampon cu $\text{pH} = 7,0$.

Răspuns: 2,20.

4-11. Calculați pH-ul soluțiilor tampon, dacă se știe că într-un l de soluție se conține:

a) 0,01 moli NH_3 și 0,01 moli NH_4NO_3 ;

b) 1,0 moli NH_3 și 0,1 moli NH_4Cl .

Răspuns: a) 9,25; b) 10,25.

4-12. S-au amestecat 10 ml de soluție 0,3 molară de HCl și 20 ml soluție 0,2 molară de NH_3 . Calculați pH-ul soluției tampon obținute.

Răspuns: 8,77.

4-13. S-au amestecat 50 ml de soluție 0,15 molară de NaOH și 25 ml soluție 0,2 molară de NaH_2PO_4 . Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: 12,3.

4-14. La doi l de apă s-au adăugat 1,22 g de acid benzoic și 0,16 g de benzoat de potasiu. Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: 3,20.

4-15. S-au amestecat volume egale de soluții de amoniac ($\omega = 0,51\%$) și clorură de amoniu ($\omega = 0,27\%$). Calculați pH-ul soluției tampon obținute.

Răspuns: 10,03.

4-16. La 100 ml de soluție NH_4Cl cu $\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,535\%$ s-a adăugat același volum de soluție KOH cu $\omega(\text{KOH}) = 0,28\%$. Calculați pH-ul soluției tampon obținute.

Răspuns: 9,25.

4-17. Câți ml de soluție 0,1 molară de HCl e necesar de adăugat la 50 ml de soluție 0,25 molară de amoniac, pentru a obține soluția cu $\text{pH} = 9$?

Răspuns: 80,00 ml.

4-18. Ce volum de soluție 0,2 molară de NaOH e necesar de adăugat la 20 ml de soluție 0,2 molară de acid fosforic pentru a obține soluția cu $\text{pH} = 7$?

Răspuns: 32,35 ml.

4-19. Câte g de CH_3COONa trebuie de adăugat la 100 ml de soluție 0,15 molară de HCl pentru a obține soluția cu $\text{pH} = 5$?

Răspuns: 3,37 g.

4-20. Cât NaH_2PO_4 trebuie de adăugat la 250 ml de soluție 0,15 molară de NaOH pentru a obține soluția cu $\text{pH} = 7$?

Răspuns: 11,80 g.

4-21. Calculați volumul soluției 0,5 molare de NH_4NO_3 necesar de adăugat la 10 ml soluție 0,2 molară de amoniac pentru a obține soluția cu $\text{pH} = 9,8$.

Răspuns: 1,13 ml.

4-22. Cât carbonat de sodiu trebuie de adăugat la 50 ml de soluție 0,25 molară de NaHCO_3 pentru a obține soluția cu $\text{pH} = 10$?

Răspuns: 0,631 g.

5. ECHILIBRE ÎN SOLUȚII APOASE DE SĂRURI

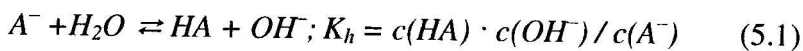
Echilibrele chimice la care iau parte moleculele apei și particulele substanței dizolvate în apă poartă denumirea de reacții de hidroliză. Prin hidroliza unei sări se înțelege reacția dintre ionii sării și ionii apei în urma căreia rezultă cel puțin un electrolit slab (un acid sau o bază). Procesul de hidroliză schimbă de cele mai multe ori concentrația ionilor de hidrogen și soluția rezultată capătă un caracter bazic sau acid. Hidrolizează sărurile provenite din neutralizarea unui acid slab cu o bază tare, din neutralizarea unei baze slabe cu un acid tare și din neutralizarea unui acid slab cu bază slabă.

Starea de echilibru a unei reacții de hidroliză se caracterizează prin gradul de hidroliză h și constanta de hidroliză K_h . Gradul de hidroliză este raportul numeric dintre concentrația sării hidrolizate și concentrația inițială a sării din soluție. În analiza chimică este frecvent necesar de calculat $c(H^+)$, $c(OH^-)$, concentrațiile altor molecule sau ioni care rezultă din reacțiile de hidroliză a sărurilor.

În continuare examinăm cazurile de hidroliză enumerate mai sus.

5.1. Hidroliza sărurilor provenite de la un acid monobazic slab și o bază monoacidă tare (KtA).

În acest caz hidrolizează anionul sării:



Luând în considerare că $c(OH^-) = K_w / c(H^+)$, obținem:

$$K_h = \frac{c(HA) \cdot c(OH^-)}{c(A^-)} = \frac{K_w}{K_a^{HA}} \quad (5.2)$$

Din ecuația reacției de hidroliză rezultă:

$$h = \frac{c(KtA)_h}{c_0(KtA)} = \frac{c(HA)}{c_0(KtA)} = \frac{c(OH^-)}{c_0(KtA)}, \quad (5.3)$$

unde: K_h – constanta de hidroliză, $c_0(KtA)$ – concentrația inițială a sării, $c(KtA)_h$ – concentrația sării hidrolizate, K_a^{HA} – constanta de aciditate a acidului HA.

Din 5.3 rezultă că $c(\text{HA}) = c(\text{OH}^-) = c(\text{KtA})_h = c_0 h$.

Atunci $c(\text{A}^-) = c_0(\text{KtA}) - c(\text{KtA})_h = c_0 - c_0 h = c_0(1 - h)$.

Înlocuind aceste date în relația 5.2, obținem:

$$K_h = \frac{(c_0 h)^2}{c_0(1 - h)} = \frac{K_w}{K_a^{HA}} \text{ sau } K_h = \frac{c_0 h^2}{(1 - h)} = \frac{K_w}{K_a^{HA}} \quad (5.4)$$

Rezolvarea acestei ecuații pătrate oferă posibilitatea să calculăm gradul de hidroliză h . Dacă K_h este o valoare mică și $h \ll 1$ ($h \leq 0,05$), atunci formula (5.4) se simplifică:

$$K_h \approx c_0 h^2 \approx \frac{K_w}{K_a^{HA}} \text{ și } h \approx \sqrt{\frac{K_h}{c_0}} = \sqrt{\frac{K_w}{c_0 \cdot K_a^{HA}}}, \quad (5.5)$$

unde: c_0 – concentrația inițială a sării.

Pentru a obține formula de calcul a $c(\text{OH}^-)$, rescriem relația 5.2 astfel:

$$\frac{c^2(\text{OH}^-)}{c_0(\text{sare}) - c(\text{OH}^-)} = \frac{K_w}{K_a^{HA}} \quad (5.6)$$

Rezolvând această ecuație pătrată, găsim $c(\text{OH}^-)$, apoi calculăm valorile pOH și pH .

În cazul când $h \leq 0,05$, $c_0(\text{sare}) - c(\text{OH}^-) \approx c_0(\text{sare})$ și

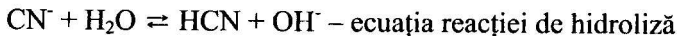
$$c(\text{OH}^-) \approx \sqrt{\frac{K_w \cdot c_0(\text{sare})}{K_a^{HA}}} \quad (5.6a)$$

$$\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-) = \frac{1}{2} \text{p}K_w - \frac{1}{2} \text{p}K_a^{HA} - \frac{1}{2} \lg c_0(\text{sare}), \text{ iar} \\ \text{pH} \approx 14 - \text{pOH} = \frac{1}{2} \text{p}K_w + \frac{1}{2} \text{p}K_a^{HA} + \frac{1}{2} \lg c_0(\text{sare}) \quad (5.7)$$

Altă variantă de calculare a pH -ului: $c(\text{OH}^-) = c_0(\text{sare}) \cdot h$;
 $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg c_0(\text{sare}) + \lg h \quad (5.7a)$

Exemplul 1: Calculați gradul de hidroliză a cianurii de potasiu și pH-ul soluției 0,05 molare de KCN.

Rezolvare:



Pentru calcularea precisă a gradului de hidroliză utilizăm formula 5.4:

$$K_h = \frac{c_0 h^2}{(1-h)} = \frac{K_w}{K_a^{\text{HCN}}};$$

$$\frac{0,05 \cdot h^2}{1-h} = \frac{10^{-14}}{5 \cdot 10^{-10}} = 2 \cdot 10^{-5};$$

$$0,05h^2 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot h - 2 \cdot 10^{-5} = 0.$$

Rezolvăm această ecuație pătrată (a se vedea anexa nr.2) și obținem: $h = 19,8 \cdot 10^{-3}$ sau 1,98%.

Calcularea aproximativă ne dă rezultatul:

$$h \approx \sqrt{\frac{K_h}{c_0 (\text{sare})}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5}}{0,05}} = 0,02 \quad \text{sau } 2\%.$$

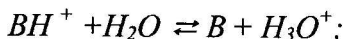
Deoarece K_h este o valoare mică și $h < 5\%$, pH-ul se calculează folosind relația 5.7:

$$pH \approx 7 + \frac{1}{2} pK_a^{\text{HCN}} + \frac{1}{2} \lg c_0(\text{KCN}) = 7 + \frac{1}{2} \cdot 9,30 + \frac{1}{2} \lg 0,05 = 11$$

$$\text{sau } pH = 14 + \lg c_0(\text{KCN}) + \lg h = 14 + \lg 0,05 + \lg 0,02 = 11$$

5.2. Hidroliza sărurilor provenite de la un acid monobazic tare și o bază monoacidă slabă ([BH]A)

În acest caz hidrolizează cationul:



$$K_h = \frac{c(\text{B}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{BH}^+)} \quad (5.8)$$

$$\text{Întrucât } c(H^+) = K_w / c(OH^-), \text{ scriem: } K_h = \frac{c(B) \cdot c(H^+)}{c(BH^+)} = \frac{K_w}{K_b} \quad (5.9)$$

Din ecuația reacției de hidroliză rezultă:

$$h = c(BH^+)_h / c_o(BH^+) = c(B) / c_o(BH^+) = c(H^+) / c_o(BH^+) \quad (5.10)$$

Deoarece $c(BH^+)_h = c(B) = c(H^+) = c_o h$ și

$c(BH^+) = c_o(BH^+) - c(BH^+)_h = c_o - c_o h$, atunci, înlocuind aceste date în relația 5.9., obținem:

$$K_h = \frac{c_o h^2}{(1-h)} = \frac{K_w}{K_b} \quad (5.11)$$

$$\text{sau (când } K_h \text{ este mică și } h \leq 0,05): K_h \approx c_o h^2 \approx \frac{K_w}{K_b} \quad (5.12)$$

unde: K_h – constanta de hidroliză; c_o – concentrația inițială de sare, $c(BH^+)_h$ – concentrația sării hidrolizate; K_b^B – constanta de bazicitate a bazei B.

$$\text{Scriem formula 5.9 în modul următor: } \frac{c^2(H^+)}{c_o(BH^+) - c(H^+)} = \frac{K_w}{K_b} \quad (5.13)$$

Rezolvând această ecuație pătrată, găsim $c(H^+)$ și apoi calculăm pH-ul soluției. Dacă $h \leq 0,05$, atunci $c_o(BH^+) - c(H^+) \approx c_o(BH^+)$ și

$$\text{relația (5.13) se simplifică: } c(H^+) \approx \sqrt{\frac{K_w \cdot c_o(BH^+)}{K_b^B}} \quad (5.13a)$$

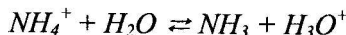
$$pH = -\lg c(H^+) \approx \frac{1}{2}pK_w - \frac{1}{2}pK_b^B - \frac{1}{2}\lg c_o(BH^+) \quad (5.14)$$

Altă variantă de calculare a pH-ului:

$$\begin{aligned} c(H^+) &= c_o(\text{sare}) \cdot h; \\ pH &= -\lg c_o(\text{sare}) - \lg h \end{aligned} \quad (5.15)$$

Exemplul 2: Calculați gradul de hidroliză al azotatului de amoniu și pH-ul soluției 0,01 molare de NH_4NO_3 .

Rezolvare:



Scriem relația 5.11 referitor la hidroliza sării NH_4NO_3 :

$$K_h = \frac{c_0(\text{NH}_4\text{NO}_3) \cdot h^2}{1-h} = \frac{K_w}{K_b^{\text{NH}_3}}; K_h = \frac{0,01 \cdot h^2}{1-h} = \frac{10^{-14}}{1,76 \cdot 10^{-5}} = 5,68 \cdot 10^{-10}$$

Rezolvăm această ecuație pătrată (a se vedea anexa nr.2) și obținem:
 $h = 2,38 \cdot 10^{-4}$ sau $0,0238\%$.

Folosind relația aproximativă 5.12, obținem același rezultat:

$$h \approx \sqrt{\frac{K_h}{c_0}} \approx \sqrt{\frac{5,68 \cdot 10^{-10}}{0,01}} = 2,38 \cdot 10^{-4}.$$

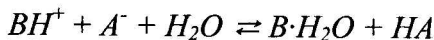
Fiindcă $h < 0,05$, pH-ul soluției se calculează din relația 5.14 sau 5.15.

$$pH = \frac{1}{2} pK_w - \frac{1}{2} pK_b^{\text{NH}_3} - \frac{1}{2} \lg c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 7 - \frac{1}{2} 4,75 - \frac{1}{2} \lg 0,01 = 5,63;$$

$$\text{sau } pH = -\lg c_0(\text{NH}_4\text{NO}_3) - \lg h = -\lg 0,01 - \lg (2,38 \cdot 10^{-4}) = 5,62$$

5.3. Hidroliza sărurilor provenite de la bază monoacidă slabă și un acid monobazic slab ($[\text{BH}]\text{A}$ sau KtA)

În acest caz hidrolizează ambii ioni ai sării:



(Exemplu concret: hidroliza acetatului de amoniu).

$$K_h = \frac{c(\text{B}) \cdot c(\text{HA})}{c(\text{BH}^+) \cdot c(\text{A}^-)} \quad (5.16)$$

sau $Kt^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons KtOH + HA$ (Exemplu concret: hidroliza acetatului de argint)

$$K_h = \frac{c(KtOH) \cdot c(HA)}{c(Kt^+) \cdot c(A^-)} \quad (5.16a)$$

Înmulțind numărătorul și numitorul relației 5.16 cu produsul ionic al apei, obținem:

$$K_h = \frac{c(HA) \cdot c(B)}{c(A^-) \cdot c(BH^+)} \cdot \frac{c(H^+) \cdot c(OH^-)}{c(H^+) \cdot c(OH^-)} = \frac{K_w}{K_a^{HA} \cdot K_b^B} \quad (5.17)$$

Împreună ecuațiile 5.16 și 5.17:

$$K_h = \frac{c(HA) \cdot c(B)}{c(A^-) \cdot c(BH^+)} = \frac{K_w}{K_a^{HA} \cdot K_b^B} \quad (5.18)$$

Dacă cationul și anionul sării hidrolizează aproximativ în aceeași măsură, atunci:

$c(HA) \approx c(B) \approx c_0(\text{sare}) \cdot h$; $c(A^-) \approx c(BH^+) \approx c_0(\text{sare}) - c_0(\text{sare}) \cdot h$
și relația 5.18 va căpăta următorul aspect:

$$K_h = \frac{h^2}{(1-h)^2} = \frac{K_w}{K_a^{HA} \cdot K_b^B} \quad (5.19)$$

Pentru cazurile când $h \ll 1$: $h \approx \sqrt{\frac{K_w}{K_a^{HA} \cdot K_b^B}} \approx \sqrt{K_h}$ (5.20)

Deducerea formulei de calcul al $c(H^+)$:

relația 5.18 poate fi scrisă astfel: $\frac{c^2(HA)}{c_0^2(\text{sare})} \approx \frac{K_w}{K_a^{HA} \cdot K_b^B}$ (5.21)

Ținând cont, că $c(HA) = c(A^-) \cdot c(H^+) / K_a^{HA} \approx c(H^+) \cdot c_0(\text{sare}) / K_a^{HA}$,
obținem:

$$c(H^+) \approx \sqrt{\frac{K_w \cdot K_a^{HA}}{K_b^B}} \quad (5.22)$$

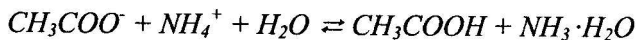
$$\text{iar } \text{pH} = -\text{lg}c(H^+) \approx \frac{1}{2}\text{p}K_w + \frac{1}{2}\text{p}K_a^{HA} - \frac{1}{2}\text{p}K_b^B \quad (5.23)$$

Valorile h , $c(H^+)$ și pH , calculate din relațiile 5.19, 5.20, 5.22 și 5.23, sunt aproximative, deoarece în cele mai multe cazuri gradul de hidroliză a cationului și anionului sării este diferit.

Exemplul 3: Calculați constanta de hidroliză, gradul de hidroliză și pH -ul soluției 0,1 molare de CH_3COONH_4 .

Rezolvare:

Ecuția reacției de hidroliză:



K_h , h , și pH se calculează aplicând formulele 5.19, 5.20 și 5.23.

$$K_h = \frac{K_w}{K_a^{CH_3COOH} \cdot K_b^{NH_3}} = \frac{10^{-14}}{1,74 \cdot 10^{-5} \cdot 1,76 \cdot 10^{-5}} = 3,27 \cdot 10^{-5};$$

$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{K_h} = \sqrt{3,27 \cdot 10^{-5}} = 5,72 \cdot 10^{-3}; \quad h = 0,00568 \text{ sau } 0,57\%$$

$$\text{sau } h \approx \sqrt{K_h} \approx \sqrt{3,27 \cdot 10^{-5}} \approx 0,00572;$$

$$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a^{CH_3COOH} - \frac{1}{2} pK_b^{NH_3} = 7 + \frac{1}{2} 4,76 - \frac{1}{2} 4,75 = 7,01.$$

5.4. Hidroliza sărurilor neutre provenite de la un acid polibazic slab (H_nA) și o bază tare

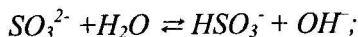
În acest caz anionul sării hidrolizează în mai multe trepte, însă se ține cont numai de prima treaptă, deoarece hidroliza ulterioară este împiedicată de ionii OH^- din soluție:



În calcularea K_h , h și a pH -ului se va ține cont de constanta de aciditate la ultima treaptă a acidului slab, în rest relațiile sunt aceleași ca și pentru sărurile acizilor slabi monobazici.

Exemplul 4: Calculați K_h , h și pH-ul soluției 0,01 molare de Na_2SO_3 .

Rezolvare:



$$K_h = \frac{K_w}{K_{a_2}^{\text{H}_2\text{SO}_3}} = \frac{K_w}{K_a^{\text{HSO}_3^-}} = \frac{10^{-14}}{6,2 \cdot 10^{-8}} = 1,61 \cdot 10^{-7}$$

$$h \approx \sqrt{\frac{K_h}{c(\text{Na}_2\text{SO}_3)}} = \sqrt{\frac{1,61 \cdot 10^{-7}}{0,01}} = 4,01 \cdot 10^{-3} \text{ sau } 0,40\%$$

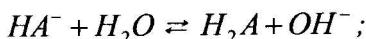
$$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} pK_{a_2}^{\text{H}_2\text{SO}_3} + \frac{1}{2} \lg c(\text{sare}) = 7 + \frac{1}{2} 7,20 + \frac{1}{2} \lg 0,01 = 9,6.$$

5.5. Hidroliza sărurilor neutre provenite de la un acid tare și o bază slabă poliacidă

Și în acest caz cationul sării hidrolizează în mai multe trepte, însă se ține cont numai de prima treaptă. Relațiile pentru calcularea K_h , h , $c(\text{H}^+)$ și a pH-ului de asemenea sunt analoage cu cele pentru sarea unui acid tare și a unei baze slabe monoacide, dar se va utiliza constanta de bazicitate la ultima treaptă a bazei slabe.

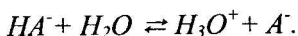
5.6. Hidroliza sărurilor acide de tipul: NaHA , NaH_2A și Na_2HA

Reacția de hidroliză a sării NaHA :



$$K_h = \frac{c(\text{H}_2\text{A}) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{HA}^-)} = \frac{K_w}{K_{a_1}^{\text{H}_2\text{A}}} \quad (5.24)$$

Ionul HA^- , în afară de acceptarea de proton (reacția de hidroliză), mai participă și la procesul de cedare de proton:



De aceea pentru deducerea formulei de calcul a $c(H^+)$ se aplică condiția electroneutralității și ecuația bilanțului material. Rezultă o relație destul de complicată, dar pentru soluțiile cu concentrații mari și medii (condiții obișnuite pentru analizele chimice mai frecvent întâlnite) poate fi suficient simplificată și are următorul aspect:

$$c(H^+) \approx \sqrt{K_{a_1}^{H_2A} \cdot K_{a_2}^{H_2A}} \quad (5.25)$$

$$\text{și } pH \approx \frac{pK_{a_1}^{H_2A} + pK_{a_2}^{H_2A}}{2} \quad (5.26)$$

Aceleași relații se utilizează și la calcularea $c(H^+)$ și a pH-ului soluțiilor de tipul NaH_2A . În acest caz K_{a_1} și K_{a_2} sunt constantele de aciditate a acidului H_3A .

Formulele de calcul al $c(H^+)$ și al pH-ului soluțiilor sărurilor de tipul Na_2HA sunt:

$$c(H^+) \approx \sqrt{K_{a_2}^{H_3A} \cdot K_{a_3}^{H_3A}} \quad (5.27)$$

$$pH \approx \frac{pK_{a_2}^{H_3A} + pK_{a_3}^{H_3A}}{2} \quad (5.28)$$

Exemplul 5: La 50 ml de soluție 0,1 molară de Na_2CO_3 s-a adăugat 25 ml de soluție 0,2 molară de HCl . Calculați pH-ul soluției obținute.

Rezolvare:

Ecuația reacției chimice: $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$;

$n(Na_2CO_3) = c(Na_2CO_3) \cdot v(Na_2CO_3) = 0,1 \cdot 50 = 5$ mmol;

$n(HCl) = c(HCl) \cdot v(HCl) = 0,2 \cdot 25 = 5$ mmol.

Deoarece $n(HCl) = n(Na_2CO_3)$, substanțele au reacționat complet, în conformitate cu ecuația reacției indicate mai sus și în soluție s-a format sarea acidă $NaHCO_3$.

$$pH \approx \frac{pK_{a_1}^{H_2CO_3} + pK_{a_2}^{H_2CO_3}}{2} = \frac{6,35 + 10,32}{2} = 8,34$$

Exemplul 6: Calculați pH-ul soluției 0,1 molare de Na_2HPO_4

Rezolvare:

$$\text{pH} \approx \frac{\text{p}K_{a_2}^{\text{H}_3\text{PO}_4} + \text{p}K_{a_3}^{\text{H}_3\text{PO}_4}}{2} = \frac{7,21 + 12,30}{2} = 9,76$$

Exemplul 7: Calculați masa NH_4Cl care se conține în 500 ml soluție pH-ul căreia este egal cu 6.

Rezolvare:

Scriem relația 5.14 pentru soluția de NH_4Cl :

$$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} K_b^{\text{NH}_3} - \frac{1}{2} \lg c(\text{NH}_4\text{Cl});$$

$$6 = 7 - \frac{1}{2} 4,75 - \frac{1}{2} \lg c(\text{NH}_4\text{Cl});$$

$$\lg c(\text{NH}_4\text{Cl}) = -2,75; c(\text{NH}_4\text{Cl}) = \text{antlg}(-2,75) = 0,00178 \text{ mol/l};$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = c(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot v(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,00178 \cdot 0,5 \cdot 53,5 = 0,0476 \text{ g}$$

Exemplul 8: Gradul de hidroliză a acetatului de potasiu în soluția 0,1 molară de CH_3COOK este egal cu 0,0075%. Calculați pH-ul acestei soluții.

Rezolvare:

Aplicăm relația 5.3: $h = c(\text{OH}^-)/c(\text{sare})$;

$$c(\text{OH}^-) = c \cdot h = 0,1 \cdot 7,5 \cdot 10^{-5} = 7,5 \cdot 10^{-6}; \text{pOH} = -\lg(7,5 \cdot 10^{-6}) = 5,12;$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5,12 = 8,88.$$

Probleme propuse

5-1. Calculați K_h , h și pH-ul soluției 0,01 molare de CH_3COONa .

Răspuns: $K_h = 5,75 \cdot 10^{-10}$; $h = 2,40 \cdot 10^{-4}$
sau 0,024%; pH = 8,38.

5-2. În 200 ml soluție se conține 0,65 g KCN. Calculați pH-ul acestei soluții și gradul de hidroliză a sării

Răspuns: $h = 0,0199$ sau 1,99%; pH = 11,0.

5-3. În 0,5 l de soluție se conține 4,1 g CH_3COONa . Calculați gradul de hidroliză a acetatului de sodiu și pH-ul soluției.

Răspuns: $7,58 \cdot 10^{-5}$; 8,88.

5-4. Calculați masa NaCN care trebuie adăugată la 50 ml apă pentru a obține o soluție cu pH=10.

Răspuns: $1,23 \cdot 10^{-3}$ g.

5-5. pH-ul soluției de NH_4Cl este egal cu 5,8. Calculați concentrația molară a acestei soluții.

Răspuns: $4,47 \cdot 10^{-3}$ mol/l.

5-6. În 250 ml de soluție se conține 0,200 g NH_4NO_3 . Calculați pH-ul soluției și gradul de hidroliză a sării.

Răspuns: pH = 5,63; $h = 2,38 \cdot 10^{-4}$ sau 0,024%.

5-7. Cât $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ se conține în 200 ml soluție, dacă pH-ul ei este egal cu 5,4?

Răspuns: 0,37 g.

5-8. Calculați K_h , h și pH-ul soluției 0,1 molare de NH_4CN .

Răspuns: $K_h = 1,14$; $h = 0,565$
sau 56,5%; pH = 9,28.

5-9. Care este pH-ul soluției 0,1 molare de Na_3PO_4 ?

Răspuns: 12,65.

5-10. Cât Na_2S se conține în 100 ml soluție dacă pH-ul ei este egal cu 13,03? Calculați gradul de hidroliză a sulfurii de sodiu în această soluție.

Răspuns: $h = 0,372$ sau 37,2%;
 $m(\text{Na}_2\text{S}) = 2,26$ g.

5-11. La 100 ml soluție 0,2 molară de acid formic s-a adăugat același volum de soluție KOH de aceeași concentrație molară. Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: 8,375.

5-12. Calculați pH-ul soluțiilor: a) de NaHSO_3 ; b) de Na_2HPO_4 .

Răspuns: a) 4,525; b) 9,755.

5-13. Gradul de hidroliză a clorurii de amoniu în soluția 0,1 molară de NH_4Cl este egal cu 0,0040%. Calculați pH-ul acestei soluții.

Răspuns: 5,40.

5-14. Calculați gradul de hidroliză a oxalatului de sodiu și $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ în această soluție dacă pH-ul ei este egal cu 8,28.

Răspuns: $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,0195$ mol/l;
 $h = 9,75 \cdot 10^{-5}$ sau 0,0098 %.

5-15. Calculați gradul de hidroliză a cianurii de potasiu și $c(\text{CN}^-)$ în soluția KCN cu $\omega(\text{KCN})=0,1\%$.

Răspuns: $h = 3,61\%$;
 $c(\text{CN}^-) = 1,48 \cdot 10^{-2}$ mol/l.

5-16. Calculați gradul de hidroliză a carbonatului de potasiu și concentrațiile de echilibru ale ionilor care se formează la hidroliză în soluția 0,2 molară de K_2CO_3 .

Răspuns: $h = 3,23\%$; $c(\text{OH}^-) = c(\text{HCO}_3^-) = 6,46 \cdot 10^{-3}$ mol/l; $c(\text{CO}_3^{2-}) = 0,194$ mol/l.

5-17. La 15 ml de soluție 0,1 molară de NaH_2PO_4 s-a adăugat 30 ml de soluție 0,05 molară de NaOH. Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: 9,755.

5-18. La 25 ml soluție 0,1 molară de Na_2HAsO_4 s-a adăugat același volum de soluție 0,1 molară de HCl. Calculați pH-ul soluției obținute.

Răspuns: 4,51.

5-19. Calculați pH-ul soluției 0,1 molare de NaHS.

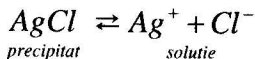
Răspuns: 9,80.

5-20. Calculați gradul de hidroliză și pH-ul soluției 0,1 molare de Na_3AsO_4 .

Răspuns: $h = 0,202$ sau 20,2%; $\text{pH} = 12,3$.

6. ECHILIBRE ÎN SISTEME ETEROGENE

În soluția saturată a unui electrolit greu solubil decurg două procese opuse unul altuia: dizolvarea, prin urmare trecerea ionilor din precipitat în soluție, și cristalizarea – trecerea ionilor din soluție în precipitat. De exemplu:



Aplicând la acest echilibru eterogen legea acțiunii maselor, scriem:

$$K = a(\text{Ag}^+) \cdot a(\text{Cl}^-) / a(\text{AgCl});$$

$$K \cdot a(\text{AgCl}) = \text{const} = K_s = PS_{\text{AgCl}} = a(\text{Ag}^+) \cdot a(\text{Cl}^-) \quad (6.1)$$

Din această ecuație rezultă **regula produsului solubilității**: în soluția saturată a unui electrolit greu solubil produsul dintre activitățile ionilor acestui electrolit este o mărime constantă la temperatura dată. Această mărime se numește **produs de solubilitate** și se notează prin **PS** sau **K_s**.

Relația 6.1 se poate scrie și astfel:

$$PS_{\text{AgCl}} = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) \cdot f_{\text{Ag}^+} \cdot f_{\text{Cl}^-} \quad (6.2)$$

Deoarece în soluția saturată a electrolitului greu solubil, concentrația ionilor este mică (în lipsa altor electroliți), atunci valorile coeficienților de activitate a lor practic sunt egale cu 1. În acest caz:

$$PS_{\text{AgCl}} \approx c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) \quad (6.3)$$

În linii generale, pentru electrolitul greu solubil A_mB_n, scriem (fără a indica sarcinile ionilor):

$$PS_{\text{A}_m\text{B}_n} = \text{A}^m(\text{A}) \cdot \text{A}^n(\text{B}) = c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B}) \cdot f_{\text{A}}^m \cdot f_{\text{B}}^n \quad (6.4)$$

$$\text{sau } PS_{\text{A}_m\text{B}_n} \approx c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B}) \quad (6.5)$$

Valorile PS al electroliților greu solubili sunt găsite în diferite îndreptare chimice (a se vedea unele exemple în tabelul din anexa nr. 4). Acestea sunt utilizate pentru rezolvarea mai multor probleme practice și teoretice de analiză chimică.

Probleme rezolvate

Exemplul 1: Se amestecă volume egale de soluții de acetat de plumb și clorură de potasiu cu concentrațiile respectiv 0,05 și 0,10 mol/l. Se va forma precipitat?

Rezolvare:

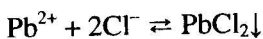
În orice soluție suprasaturată produsul concentrațiilor ionilor (mai precis al activităților lor) electrolitului greu solubil numit PI (produsul ionic) este mai mare decât PS. Aceste sisteme sunt instabile, va decurge procesul de precipitare până când soluția în contact cu precipitatul va deveni saturată și $PI = PS$. Într-o soluție nesaturată $PI < PS$. Deci, condiția principală pentru formarea unui precipitat este $PI > PS$.

Calculăm concentrațiile ionilor care pot reacționa cu formarea de precipitat, luând în considerare diluarea soluțiilor la amestecarea lor:

$$c(Pb^{2+}) = c(Pb(CH_3COO)_2) / 2 = 0,05 / 2 = 0,025 \text{ mol/l};$$

$$c(Cl^-) = c(KCl) / 2 = 0,10 / 2 = 0,05 \text{ mol/l}.$$

Ecuția reacției de precipitare:



$$PI = c(Pb^{2+}) \cdot c^2(Cl^-) = 0,025 \cdot 0,05 \cdot 0,05 = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}.$$

Din anexa nr. 4 găsim: $PS_{PbCl_2} = 1,6 \cdot 10^{-5}$.

Concluzie: $PI > PS$, precipitatul $PbCl_2$ se va forma.

Pentru calculele mai precise PI se găsește din relația:

$$PI = a(Pb^{2+}) \cdot a^2(Cl^-).$$

La început se calculează tăria ionică a soluției:

$$I = \frac{1}{2}(c(Pb^{2+}) \cdot z^2 + c(Cl^-) \cdot z^2 + c(K^+) \cdot z^2 + c(CH_3COO^-) \cdot z^2) \\ = \frac{1}{2}(0,025 \cdot 2^2 + 0,05 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 1^2) = 0,125.$$

Apoi din anexa nr.1: $f_{Pb^{2+}} = 0,44$; $f_{Cl^-} = 0,81$.

$$PI = a(Pb^{2+}) \cdot a^2(Cl^-) = c(Pb^{2+}) \cdot c^2(Cl^-) \cdot f_{Pb^{2+}} \cdot f_{Cl^-}^2 = \\ 0,025 \cdot 0,05^2 \cdot 0,44 \cdot 0,81^2 = 1,8 \cdot 10^{-5}.$$

Concluzie: $PI > PS$, precipitatul $PbCl_2$ se va forma.

În analiza calitativă mai frecvent se fac calculele aproximative, cu utilizarea concentrațiilor ionilor în loc de activitățile lor. În cazul când electrolitul nu este destul de greu solubil sau când în soluție sunt prezenți și alți electroliți solubili, se ia în considerare tăria ionică și calculele se fac utilizând activitățile ionilor care participă la reacția de precipitare.

Relațiile dintre solubilitatea (S, mol/l) electrolitului greu solubil A_mB_n și PS al acestui electrolit:

$$A_mB_n \rightleftharpoons m\underbrace{A}_{\text{precipitat}} + n\underbrace{B}_{\text{soluție}}$$

$$S_{A_mB_n} = c(A)/m = c(B)/n; c(A) = m \cdot S; c(B) = n \cdot S;$$

$$PS_{A_mB_n} = c^m(A) \cdot c^n(B) \cdot f_A^m \cdot f_B^n = (m \cdot S)^m \cdot (n \cdot S)^n \cdot f_A^m \cdot f_B^n;$$

$$S_{A_mB_n} = \sqrt[m+n]{\frac{PS_{A_mB_n}}{m^m \cdot n^n \cdot f_A^m \cdot f_B^n}} \quad (6.6)$$

În majoritatea soluțiilor de electroliți greu solubili, când lipsesc alți electroliți, tăria ionică este suficient de mică și valorile f practic sunt egale cu 1. În aceste cazuri:

$$S_{A_mB_n} \approx \sqrt[m+n]{\frac{PS_{A_mB_n}}{m^m \cdot n^n}} \quad (6.7)$$

Exemplul 2: $PS_{BaSO_4} \approx 1,1 \cdot 10^{-10}$. Calculați solubilitatea sulfatului de bariu.

Rezolvare:

$$S_{BaSO_4} = \sqrt{PS} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$$

Exemplul 3: Solubilitatea clorurii de argint este egală cu $1,25 \cdot 10^{-5}$ mol/l. Calculați PS_{AgCl} .

Rezolvare:

$$PS_{AgCl} = S^2_{AgCl} = (1,25 \cdot 10^{-5})^2 = 1,56 \cdot 10^{-10}$$

Exemplul 4: Solubilitatea sulfatului de bariu este egală cu 0,00245 g/l. Calculați PS_{BaSO_4} .

Rezolvare:

$$S_{BaSO_4} (\text{moli/l}) = \frac{S_{BaSO_4} (\text{g/l})}{M(BaSO_4)} = \frac{0,00245}{233,4} = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ moli/l}.$$

$$PS_{BaSO_4} = (1,05 \cdot 10^{-5})^2 = 1,10 \cdot 10^{-10}.$$

Exemplul 5: Calculați solubilitatea în apă a fosfatului de calciu.

Rezolvare:

Scriem relația 6.7 pentru $Ca_3(PO_4)_2$:

$$S = \sqrt[5]{\frac{PS_{Ca_3(PO_4)_2}}{3^3 \cdot 2^2}} = \sqrt[5]{\frac{2,0 \cdot 10^{-29}}{108}} = \sqrt[5]{\frac{10^{-29}}{54}};$$

$$\lg S = \frac{1}{5} \lg 10^{-29} - \frac{1}{5} \lg 54 = -5,8 - 0,35 = -6,15;$$

$$S = \text{antlg}(-6,15) = 7,1 \cdot 10^{-7} \text{ moli/l}$$

Relația 6.7 nu poate fi utilizată pentru calcularea solubilității hidroxizilor foarte greu solubili. În acest caz e necesar de luat în considerare ionii OH^- care rezultă la ionizarea apei.

Exemplul 6: Calculați solubilitatea hidroxidului de fier(III) în apă.

Rezolvare:

Din relația de tipul 6.7 obținem:

$$S = \sqrt[4]{\frac{PS_{Fe(OH)_3}}{1^1 \cdot 3^3}} = \sqrt[4]{\frac{3,2 \cdot 10^{-38}}{27}} \approx 10^{-10} \text{ moli/l}$$

Însă acest rezultat este incorect, deoarece

$S_{Fe(OH)_3} = c(Fe^{3+}) \neq \frac{1}{3} c(OH^-)$. Corect este că:

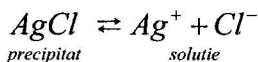
$$S = c(Fe^{3+}) = \frac{PS_{Fe(OH)_3}}{c^3(OH^-)}, \text{ iar } c(OH^-) \approx 10^{-7} \text{ ca și în apă pură.}$$

$$\text{Deci, } S = 3,2 \cdot 10^{-38} / (10^{-7})^3 = 3,2 \cdot 10^{-17} \text{ moli/l}$$

Introducerea în soluția saturată a unui electrolit greu solubil a unor ioni de același nume conduce la diminuarea solubilității lui (efectul acțiunii ionului comun).

Exemplul 7: De câte ori se va schimba solubilitatea clorurii de argint, dacă la un l de soluție saturată de AgCl se va adăuga 0,01 moli KCl?

Rezolvare:



$S_1 = c(\text{Ag}^+) = c(\text{Cl}^-) = \sqrt{PS_{\text{AgCl}}} = \sqrt{1,78 \cdot 10^{-10}} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ moli/l}$ – solubilitatea clorurii de argint în apă.

Calculăm solubilitatea clorurii de argint în soluția 0,01 molară de KCl (S_2):

$$S_2 \neq c(\text{Cl}^-). \text{ Însă } S_2 = c(\text{Ag}^+) = PS_{\text{AgCl}}/c(\text{Cl}^-),$$

$$\text{unde: } c(\text{Cl}^-) = c(\text{Ag}^+) + c(\text{KCl}) \approx c(\text{KCl}) \approx 0,01 \text{ moli/l.}$$

$$\text{Deci } S_2 = \frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{0,01} = 1,78 \cdot 10^{-8} \text{ moli/l}$$

$$S_1/S_2 = 1,33 \cdot 10^{-5}/1,78 \cdot 10^{-8} = 750 \text{ ori.}$$

$$\text{Mai precis: } PS_{\text{AgCl}} = a(\text{Ag}^+) \cdot a(\text{Cl}^-) = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) \cdot f_{\text{Ag}^+} \cdot f_{\text{Cl}^-} = S_2 \cdot c(\text{Cl}^-) \cdot f^2$$

$$\text{și } S_2 = \frac{PS_{\text{AgCl}}}{c(\text{Cl}^-) \cdot f^2}.$$

Tăria ionică a soluției este egală cu 0,01 (se ia în considerare numai ionii obținuți la ionizarea completă a clorurii de potasiu) și din tabel (anexa nr. 1) găsim valoarea $f=0,899$. Deci,

$$S_2 = \frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{0,01 \cdot 0,899 \cdot 0,899} = 2,2 \cdot 10^{-8} \text{ moli/l.}$$

$$S_1/S_2 = 1,33 \cdot 10^{-5}/2,2 \cdot 10^{-8} \approx 604 \text{ ori.}$$

Exemplul 8: Calculați solubilitatea sulfatului de bariu în soluția 0,1 molară de KCl. Comparați rezultatul obținut cu solubilitatea sulfatului de bariu în apă (vezi exemplul 2).

Rezolvare:

Utilizăm relația 6.6: $S_{BaSO_4} = \sqrt{\frac{PS_{BaSO_4}}{f^2}}$, unde: f este coeficientul de activitate a ionilor bivalenți (Ba^{2+}, SO_4^{2-}).

$I = \frac{1}{2}(c(K^+) \cdot z_k^2 + c(Cl^-) \cdot z_{Cl}^2) = \frac{1}{2}(0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,1$ – tăria ionică a soluției. Din tabel (anexa nr. 1) găsim valoarea lui f pentru ionii bivalenți și tăria ionică 0,1, ea este egală cu 0,44:

$$S_{BaSO_4} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{0,44^2}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l.}$$

Concluzie: Solubilitatea sulfatului de bariu în soluția 0,1 molară de KCl este aproximativ de două ori mai mare decât în apă.

Exemplul 9: În soluția de analizat se conțin cationii Ba^{2+} și Ca^{2+} . Concentrațiile lor sunt respectiv egale cu 1,00 mol/l și 0,005 mol/l. Sediimentarea cărui cation se va începe în primul rând la adăugarea soluției de oxalat de amoniu?

Rezolvare:

Găsim în anexa nr. 4 valorile PS al oxalaților de bariu și calciu. Ele sunt respectiv egale cu $1,1 \cdot 10^{-7}$ și $2,3 \cdot 10^{-9}$.

Calculăm concentrațiile anionilor $C_2O_4^{2-}$ necesare pentru începerea sediimentării precipitatelor BaC_2O_4 și CaC_2O_4

$$c(C_2O_4^{2-})_{BaC_2O_4} = PS/c(Ba^{2+}) = 1,1 \cdot 10^{-7} / 1,0 = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l;}$$

$$c(C_2O_4^{2-})_{CaC_2O_4} = PS/c(Ca^{2+}) = 2,3 \cdot 10^{-9} / 0,005 = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l.}$$

Concluzie: În primul rând se va începe sediimentarea cationului Ba^{2+} , fiindcă pentru aceasta este nevoie de o cantitate mai mică de oxalat-anioni.

Exemplul 10: Concentrația ionilor de magneziu în soluția de analizat este egală cu 0,01 mol/l. Calculați pH-ul soluției în momentul începerii sedimentării ionului Mg^{2+} în formă de $Mg(OH)_2$ și în momentul când acest ion practic complet se precipită.

Rezolvare:

Din tabel (anexa nr. 4) găsim valoarea PS a hidroxidului de magneziu. Ea este egală cu $6,0 \cdot 10^{-10}$. Calculăm $c(OH^-)$ din relația:

$$PS_{Mg(OH)_2} = c(Mg^{2+}) \cdot c^2(OH^-) . :$$

$$c_1(OH^-) = \sqrt{\frac{PS_{Mg(OH)_2}}{c(Mg^{2+})}} = \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{0,01}} \approx 2,45 \cdot 10^{-4} .$$

$$pOH = -\lg c_1(OH^-) = -\lg(2,45 \cdot 10^{-4}) = 3,6 .$$

pH-ul în momentul începerii sedimentării cationului Mg^{2+} :

$$pH_1 = 14 - pOH = 14 - 3,6 = 10,4 .$$

Un ion se socotește practic complet sedimentat dacă concentrația lui în soluție scade până la valorile $10^{-5} - 10^{-6}$ mol/l. Calculăm $c(OH^-)$ pentru acest moment (când $c(Mg^{2+}) = 10^{-6}$ mol/l):

$$c_2(OH^-) = \sqrt{\frac{PS_{Mg(OH)_2}}{c(Mg^{2+})}} = \sqrt{\frac{6,0 \cdot 10^{-10}}{10^{-6}}} \approx 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$pOH = -\lg(2,45 \cdot 10^{-2}) = 1,6; \quad pH_2 = 14 - pOH = 14 - 1,6 = 12,4 .$$

Concluzie: Sedimentarea ionilor Mg^{2+} se începe în condițiile de $pH=10,4$ și devine practic completă la $pH = 12,4$.

Exemplul 11: Calculați PS al bromatului de argint, dacă în 200 ml de apă se dizolvă la temperatura camerei 0,35 g $AgBrO_3$.

Rezolvare:

Calculăm concentrația molară a soluției obținute.

$$c(AgBrO_3) = \frac{m(AgBrO_3)}{M(AgBrO_3) \cdot V(sol.)} = \frac{0,35}{235,8 \cdot 0,200} = 0,00742 \text{ mol/l} = c(Ag^+) = c(BrO_3^-) ;$$

$$PS_{AgBrO_3} = c(Ag^+) \cdot c(BrO_3^-) = 0,00742 \cdot 0,00742 = 5,51 \cdot 10^{-5} .$$

Exemplul 12: Câte grame de CaSO_4 se dizolvă într-un l de apă, dacă $PS_{\text{CaSO}_4} = 2,5 \cdot 10^{-5}$?

Rezolvare:

Scriem relația 6.7 pentru sulfatul de calciu:

$$S_{\text{CaSO}_4} = \sqrt{PS_{\text{CaSO}_4}} = \sqrt{2,5 \cdot 10^{-5}} = 0,005 \text{ moli/l}; S_{\text{CaSO}_4} = \frac{m(\text{CaSO}_4)}{M(\text{CaSO}_4) \cdot V(\text{sol.})};$$

$$m(\text{CaSO}_4) = S_{\text{CaSO}_4} \cdot M \cdot v = 0,005 \cdot 136,1 = 0,68 \text{ g}.$$

Exemplul 13: Într-un l de apă se dizolvă 0,0002212 g fosfat de calciu. Calculați $PS_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2}$.

Rezolvare:

Calculăm concentrația molară a soluției saturate obținute.

$$c(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = \frac{m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)}{M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \cdot V(\text{sol.})} = \frac{0,0002212}{310,2 \cdot 1} = 7,13 \cdot 10^{-7} \text{ moli/l};$$

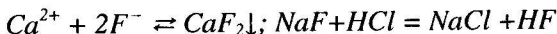
$$S_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = c(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 7,13 \cdot 10^{-7} \text{ moli/l}.$$

Scriem relația 6.7 pentru fosfatul de calciu:

$$S_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = \sqrt[5]{\frac{PS}{3^3 \cdot 2^2}}; PS = 108 \cdot S^5 = 108 \cdot (7,13 \cdot 10^{-7})^5 = 2,0 \cdot 10^{-29}$$

Exemplul 14: La un l soluție 0,01 molară de CaCl_2 , în care se conține 1 mol HCl, s-a adăugat 0,1 moli NaF. Se va forma precipitat CaF_2 ?

Rezolvare:



Calculăm $c(\text{F}^-)$ din relația de tipul 3.5.

$$K_a^{\text{HF}} = c(\text{H}^+) \cdot c(\text{F}^-) / c(\text{HF});$$

$$c(\text{F}^-) \approx K_a^{\text{HF}} \cdot c(\text{HF}) / c(\text{H}^+) = 6,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 / 1 = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ moli/l},$$

unde: $c(\text{HF}) \approx c(\text{NaF}) = 0,1 \text{ moli/l}$, $c(\text{H}^+) = c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/l}$,

$$K_a^{\text{HF}} - \text{constanta de aciditate a acidului HF};$$

$$PI = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{F}^-) = 0,01 \cdot (6,2 \cdot 10^{-5})^2 = 3,85 \cdot 10^{-11};$$

$$PS_{\text{CaF}_2} = 4,0 \cdot 10^{-11} \text{ (a se vedea anexa nr. 4).}$$

Concluzie: $PI < PS$, deci precipitatul CaF_2 nu se va forma.

Probleme propuse

6-1. Calculați PS:

a) a cromatului de argint, dacă în 500 ml de apă se dizolvă la temperatura camerei 0,011 g Ag_2CrO_4 ;

b) a fluorurii de calciu, dacă solubilitatea ei este egală cu $2,16 \cdot 10^{-4}$ moli/l.

Răspuns: a) $1,17 \cdot 10^{-12}$; b) $4,03 \cdot 10^{-11}$.

6-2. Care sare este mai solubilă:

a) CaCO_3 sau BaCO_3 ? b) BaSO_4 sau CaSO_4 ?

Răspuns: a) CaCO_3 ; b) CaSO_4 .

6-3. Calculați solubilitatea (moli/l):

a) CaC_2O_4 în apă; b) CaC_2O_4 , în soluție 0,01 molară de oxalat de amoniu.

Răspuns: a) $4,8 \cdot 10^{-5}$ moli/l;

b) $2,3 \cdot 10^{-7}$ moli/l (fără a lua în considerare tăria ionică) și $7,47 \cdot 10^{-7}$ moli/l (ținând cont de tăria ionică a soluției).

6-4. La 150 ml soluție saturată de AgCl s-a adăugat 10 ml soluție 0,5 molară de KCl . Calculați concentrația ionilor Ag^+ în soluția obținută.

Răspuns: $5,7 \cdot 10^{-9}$ moli/l.

6-5. La soluția 0,2 molară de sulfat de magneziu s-a adăugat același volum de soluție de amoniac de aceeași concentrație molară. Se va forma precipitatul $\text{Mg}(\text{OH})_2$? Argumentați răspunsul prin calcule.

Răspuns: Da.

6-6. Concentrația molară a soluției de clorură de cadmiu este egală cu 0,1 moli/l. Calculați pH-ul acestei soluții în momentul când se începe sedimentarea ionilor de Cd^{2+} în formă de $\text{Cd}(\text{OH})_2$ și în momentul când această sedimentare devine practic completă.

Răspuns: 7,67 și 10,17.

6-7. Determinați $c(\text{Ag}^+)$ în soluția saturată de Ag_3PO_4 , dacă $PS_{\text{Ag}_3\text{PO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-20}$.

Răspuns: $1,4 \cdot 10^{-5}$ moli/l.

6-8. Se consideră două soluții saturate: de sulfat de plumb și de iodură de plumb. În care din aceste soluții $c(\text{Pb}^{2+})$ este mai mare și de câte ori?

Răspuns: $c(\text{Pb}^{2+})$ în soluția saturată de PbI_2 e de 5 ori mai mare decât în soluția saturată de PbSO_4 .

6-9. La 10 ml de soluție BaCl_2 cu concentrația molară a echivalentului 0,01 moli/l s-a adăugat 5 ml soluție de Na_2SO_4 , cu concentrația molară a echivalentului 0,10 moli /l. Se va forma precipitat? Argumentați răspunsul prin calcule.

Răspuns: Da.

6-10. În soluția de analizat $c(\text{Br}^-)$ este de 10000 ori mai mare decât $c(\text{I}^-)$. Care ion din această soluție se va sedimenta în primul rând la adăugarea treptată a azotatului de argint?

Răspuns: ionul Br^- .

6-11. Într-un l de apă se dizolvă $2,15 \cdot 10^{-6}$ g AgI . Calculați PS_{AgI} .

Răspuns: $8,4 \cdot 10^{-17}$

6-12. Câte grame de Ag^+ se conține în 500 ml soluție saturată de cromat de argint?

Răspuns: 0,00702 g.

6-13. Calculați masa clorurii de plumb în 175 ml soluție saturată a acestei sări.

Răspuns: 0,77 g.

6-14. Solubilitatea bromatului de argint în apă este egală cu 1:571. Calculați PS_{AgBrO_3} .

Răspuns: $5,5 \cdot 10^{-5}$.

6-15. Care sare este mai solubilă în apă, AgCl sau Ag_2CrO_4 , și de câte ori?

Răspuns: Ag_2CrO_4 este mai solubil decât AgCl de 4,9 ori.

6-16. La un l de soluție în care se conține 0,0015 moli $CdCl_2$ s-a adăugat $5 \cdot 10^{-5}$ moli NaOH. Se va forma precipitat?

Răspuns: Da.

6-17. La 25 ml soluție de $MgCl_2$ cu $c(MgCl_2) = 0,0001$ moli/l s-a adăugat 0,008 g NH_4Cl și 25 ml soluție 1 molară de NH_3 . Se va forma precipitatul $Mg(OH)_2$?

Răspuns: Nu.

6-18. Să se calculeze $c(Mg^{2+})$ necesară pentru începerea sedimentării precipitatului $Mg(OH)_2$ din soluția pH-ul căreia este egal cu 8,5.

Răspuns: 60 moli/l.

6-19. Calculați concentrația cromat-anionilor necesară pentru:

a) începerea sedimentării cromatului de plumb din soluția 0,08 molară de $Pb(NO_3)_2$;

b) sedimentarea practic completă a ionilor Pb^{2+} din soluția 0,08 molară de azotat de plumb.

Răspuns: a) $2,25 \cdot 10^{-13}$ moli/l;

b) $1,8 \cdot 10^{-8}$ moli/l.

6-20. Cum și de câte ori se va schimba solubilitatea clorurii de argint, dacă la un l soluție saturată de AgCl se va adăuga 0,05 moli azotat de potasiu?

Răspuns: Se va mări de 1,2 ori.

6-21. Se va forma precipitatul ZnS la saturarea soluției 0,02 molare de $ZnCl_2$ cu H_2S , dacă $pH=2,3$ și $c(H_2S) = 0,1$ moli/l?

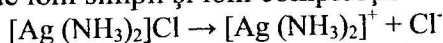
Răspuns: Da.

6-22. Calculați solubilitatea sulfatului de bariu în soluția 0,1 molară de K_2SO_4 .

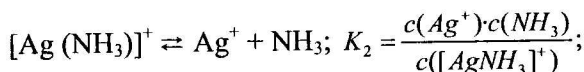
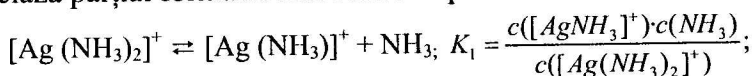
Răspuns: $1,1 \cdot 10^{-9}$ moli/l (fără a lua în considerare tăria ionică) și $6,5 \cdot 10^{-9}$ moli/l (ținând cont de tăria ionică).

7. ECHILIBRE ÎN SOLUȚII DE COMPUȘI COMPLECȘI

Compușii complecși solubili în soluție apoasă disociază complet cu formarea de ioni simpli și ioni complecși:



Ionii complecși se comportă în calitate de electroliți slabi și disociază parțial formând mai multe trepte:



Ecuția reacției sumare: $[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$;

$$K = K_1 \cdot K_2 = c(Ag^+) \cdot c^2(NH_3) / c([Ag(NH_3)_2]^+)$$

Aceste procese reversibile se caracterizează prin constante de echilibru numite constante de instabilitate. Pentru diferite calcule, deseori se utilizează constanta procesului de formare a ionilor complecși numită constantă de stabilitate a ionului complex. Este evident că: $K_{st} = 1/K_{inst}$.

Constanta procesului sumar de formare a ionului complex se mai notează prin β_n , unde n este numărul de trepte. Pentru ionul $[Ag(NH_3)_2]^+$ scriem expresia constantei de stabilitate:

$$K_{st} = \beta_2 = \frac{c([Ag(NH_3)_2]^+)}{c(Ag^+) \cdot c^2(NH_3)}$$

Constantele de stabilitate sau de instabilitate a ionilor complecși sunt ușor găsite în îndreptarul analitic (vezi unele exemple în anexa nr. 5) și se folosesc:

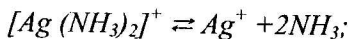
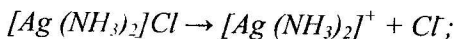
a) la calcularea concentrațiilor diferitor particule (ioni, molecule) din soluțiile combinațiilor complexe;

b) la rezolvarea multor probleme de analiză calitativă și cantitativă (mascarea ionilor, dizolvarea precipitatelor etc.).

Probleme rezolvate

Exemplul 1: Calculați $c(\text{Ag}^+)$ și $c(\text{NH}_3)$ în soluția monomolară de $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$.

Rezolvare:



$$x = c(\text{Ag}^+); c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) = 1 - x; c(\text{NH}_3) = 2x$$

Scriem expresia pentru constanta de stabilitate a ionului complex $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$

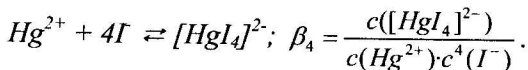
$$\beta_2 = K_{st} = \frac{c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)}{c(\text{Ag}^+) \cdot c^2(\text{NH}_3)}; \quad 1,7 \cdot 10^7 = \frac{1-x}{x \cdot (2x)^2} \approx \frac{1}{4x^3}$$

$$x^3 = \frac{1}{4 \cdot 1,7 \cdot 10^7} = 14,7 \cdot 10^{-9};$$

$$x = c(\text{Ag}^+) = 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}; \quad c(\text{NH}_3) = 2x = 2 \cdot 2,45 \cdot 10^{-3} = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}.$$

Exemplul 2: Calculați $c(\text{Hg}^{2+})$ în soluția 0,01 molară de $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ care conține 0,5 moli / l KI.

Rezolvare:

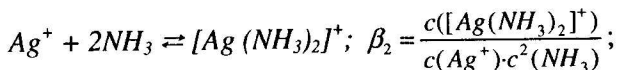


Ionul complex este foarte stabil ($\beta_4 = 6,76 \cdot 10^{29}$) și $c([\text{HgI}_4]^{2-})$ practic coincide cu concentrația inițială a complexului (0,01 mol/l), iar $c(\text{I}^-)$ este egală cu $c(\text{KI})$ (KI e luată în exces).

$$6,76 \cdot 10^{29} = \frac{0,01}{c(\text{Hg}^{2+}) \cdot 0,5^4}; \quad c(\text{Hg}^{2+}) = \frac{0,01}{6,76 \cdot 10^{29} \cdot 0,5^4} = 2,4 \cdot 10^{-31} \text{ mol/l}.$$

Exemplul 3: Calculați $c(\text{Ag}^+)$ în soluția ce conține 0,1 moli/l $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ și 0,5 moli/l NH_3 .

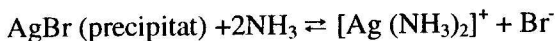
Rezolvare:



$$1,7 \cdot 10^7 = \frac{0,1}{c(\text{Ag}^+) \cdot 0,5^2}; \quad c(\text{Ag}^+) = \frac{0,1}{1,7 \cdot 10^7 \cdot 0,25} = 2,35 \cdot 10^{-8} \text{ moli/l}.$$

Exemplul 4: Calculați solubilitatea AgBr în soluția 0,1 molară de NH_3 .

Rezolvare:



Pornind de la acest proces de dizolvare, scriem:

$$S_{\text{AgBr}} = c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) = c(\text{Br}^-) = x; \quad c(\text{NH}_3) = 0,1 - 2x;$$

Scriem expresia constantei de echilibru pentru acest proces reversibil:

$$K = \frac{c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) \cdot c(\text{Br}^-)}{c^2(\text{NH}_3)} = \frac{x^2}{(0,1 - 2x)^2} \text{ sau}$$

$$K = \frac{c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) \cdot c(\text{Br}^-)}{c^2(\text{NH}_3)} \cdot \frac{c(\text{Ag}^+)}{c(\text{Ag}^+)} = \beta_2([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) \cdot PS_{\text{AgBr}} =$$

$$= 1,7 \cdot 10^7 \cdot 5,3 \cdot 10^{-13} = 9,01 \cdot 10^{-6};$$

Egalăm aceste două rezultate:

$$x^2 / (0,1 - 2x)^2 = 9,01 \cdot 10^{-6}; \quad x^2 / 0,1^2 \approx 9,01 \cdot 10^{-6}; \quad x \approx 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ moli/l}.$$

Sau mai precis:

$$\frac{x}{(0,1 - 2x)} = \sqrt{9,01 \cdot 10^{-6}} = 3,0 \cdot 10^{-3}; \quad x = 3,0 \cdot 10^{-4} - 6,0 \cdot 10^{-3} x;$$

$$x + 0,006x = 3,0 \cdot 10^{-4}; \quad 1,006x = 3,0 \cdot 10^{-4}; \quad x = 2,98 \cdot 10^{-4} \text{ moli/l}.$$

Probleme propuse

7-1. Într-un l de soluție se conțin 1 mol NH_3 și 0,01 moli $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$. Calculați concentrația ionilor de cadmiu în această soluție.

Răspuns: $3,25 \cdot 10^{-9}$ moli/l.

7-2. În 10 ml apă s-a dizolvat 0,3684 g $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Calculați $c(\text{Fe}^{2+})$ în soluția obținută.

Răspuns: $7,8 \cdot 10^{-7}$ moli/l.

7-3. Calculați solubilitatea clorurii de argint în soluția 0,1 molară de NH_3 .

Răspuns: $S \approx 5,5 \cdot 10^{-3}$ moli/l,
 $S = 4,96 \cdot 10^{-3}$ moli/l.

7-4. Determinați $c(\text{Hg}^{2+})$ în soluția ce conține 0,01 moli/l $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ și 0,08 moli/l KI.

Răspuns: $5,78 \cdot 10^{-27}$ moli/l.

7-5. La soluția 0,2 molară de NiSO_4 s-a adăugat un volum egal de soluție 2 molară de NH_3 . Calculați $c(\text{Ni}^{2+})$, dacă admitem că în soluție se formează ionul complex $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Răspuns: $2,62 \cdot 10^{-8}$ moli/l.

7-6. Într-un l de soluție se conțin 0,1 moli CuSO_4 și 2,4 moli NH_3 . Calculați $c(\text{Cu}^{2+})$ dacă considerăm că se formează ioni complecși $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Răspuns: $5,84 \cdot 10^{-15}$ moli/l.

7-7. Ce cantitate de NH_4SCN trebuie de introdus într-un l de soluție de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ cu concentrația molară egală cu $5 \cdot 10^{-5}$ moli/l, ca să micșorăm concentrația ionilor Hg^{2+} până la 10^{-11} moli/l pe baza formării ionului complex $[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-}$?

Răspuns: $\approx 4,4 \cdot 10^{-4}$ moli/l.

7-8. Se va dizolva 0,1 g AgBr în 100 ml soluție monomolară de NH_3 ? Argumentați răspunsul prin calcule.

Răspuns: Nu.

7-9. Se va forma precipitat la amestecarea soluției 0,1 molare de $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ cu același volum de soluție 0,2 molare de Na_2S ?

Răspuns: Da.

7-10. În care soluție $c(\text{Cd}^{2+})$ este mai mare: în soluția 0,1 molară de $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ sau în soluția 0,1 molară de $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$?

Răspuns: În soluția 0,1 molară de $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$.

8. TESTE COMPLEMENT SIMPLU – analiza calitativă

8-1. În cazul tratării cu acid sulfuric a soluției care conține cationi din grupele II și III analitice se precipită:

A. toți cationii;

B. Ba^{2+} , Sr^{2+} și Ca^{2+} ;

C. Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} (parțial), Hg_2^{2+} și Pb^{2+} ;

D. Ba^{2+} , Sr^{2+} ;

E. Ba^{2+} , Sr^{2+} , Pb^{2+} .

8-2. Soluția în care $c(\text{OH}^-) = 10^{-8}$ moli/l are mediul:

A. puternic acid;

B. slab acid;

C. puternic bazic;

D. slab bazic;

E. neutru.

8-3. Cromatul de potasiu formează cu Ag^+ precipitat:

A. roșu-cărămiziu;

B. galben;

C. alb;

D. brun;

E. cafeniu.

8-4. În cazul tratării soluției, în care se conțin cationi din grupa a II-a analitică cu exces de soluție NH_3 , se precipită:

A. toți cationii;

B. numai Pb^{2+} ;

C. numai Hg_2^{2+} ;

D. Pb^{2+} și Hg_2^{2+} ;

E. Ag^+ și Hg_2^{2+} .

- 8-5. Valoarea pH-ului soluției cu $c(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 10^{-3}$ (moli/l) este aproximativ egală cu:
- A. 3;
 - B. 11;
 - C. $3 - \lg 2$;
 - D. 6,0;
 - E. $11 + \lg 2$.
- 8-6. Efectul analitic al reacției Pb^{2+} cu NaOH este:
- A. precipitat galben;
 - B. precipitat alb, solubil în exces de soluție NH_3 ;
 - C. precipitat alb, insolubil în exces de NaOH;
 - D. precipitat alb, solubil în exces de NaOH și insolubil în NH_3 ;
 - E. precipitat brun, solubil în NaOH.
- 8-7. În caz de trecere a unui curent de H_2S prin soluția, în care sunt prezenți cationii grupelor I, a II-a și a III-a analitice, se sedimentează:
- A. toți cationii;
 - B. Ba^{2+} și Pb^{2+} ;
 - C. cationii din grupa a II-a analitică;
 - D. cationii din grupa a III-a analitică;
 - E. Ag^+ și Ca^{2+} .
- 8-8. Tăria ionică a soluției cu $c(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,01$ moli/l este egală cu:
- A. 0,15;
 - B. 0,05;
 - C. 0,06;
 - D. 0,30;
 - E. 0,12.
- 8-9. Pentru separarea ionilor de Sr^{2+} de ionii de Ca^{2+} se utilizează reacția cu:
- A. apă de ghips;
 - B. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
 - C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
 - D. Na_2CO_3 ;
 - E. Na_2HPO_4 .
- 8-10. Cromatul de potasiu formează cu Pb^{2+} precipitat:
- A. alb;
 - B. brun;
 - C. negru;
 - D. roșu;
 - E. galben.

- 8-11. Valoarea aproximativă a pH-ului soluției cu $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10^{-4}$ moli/l este egală cu:
- 4;
 - $4 - \lg 2$;
 - $4 + \lg 2$;
 - 10;
 - 4,3.
- 8-12. Efectul analitic al reacției ionului Ag^+ cu soluția NH_3 este:
- precipitat alb;
 - precipitat galben;
 - precipitat roșu;
 - precipitat brun, solubil în exces de soluție NH_3 ;
 - precipitat alb, insolubil în exces de soluție NH_3 .
- 8-13. În caz de acțiune a unui exces de bază alcalină cu amestecul de cationi din grupa a II-a analitică, se sedimentează complet:
- toți cationii;
 - $\text{Ag}^+, \text{Pb}^{2+}$;
 - $\text{Hg}_2^{2+}, \text{Pb}^{2+}$;
 - $\text{Ag}^+, \text{Hg}_2^{2+}$;
 - Pb^{2+} .
- 8-14. Sărurile de sodiu colorează flacăra incoloră a becului de gaz în:
- galben;
 - portocaliu;
 - violet;
 - verde;
 - roșu.
- 8-15. Se consideră o soluție în care $c(\text{Ba}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{Pb}^{2+})$. La adăugarea acidului sulfuric se formează precipitatele: BaSO_4 ($\text{PS} = 0,11 \cdot 10^{-9}$), CaSO_4 ($\text{PS} = 2,5 \cdot 10^{-5}$) și PbSO_4 ($\text{PS} = 1,6 \cdot 10^{-8}$). Indicați în ce ordine se vor sedimenta cationii din soluția dată:
- $\text{Ca}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$;
 - $\text{Pb}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Ca}^{2+}$;
 - $\text{Ca}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Pb}^{2+}$;
 - $\text{Ba}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Ca}^{2+}$;
 - $\text{Ba}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Pb}^{2+}$.
- 8-16. În cazul prelucrării precipitatului Hg_2Cl_2 cu exces de NH_3 se obține un precipitat negru care are formula:
- $[\text{Hg}_2\text{NH}_2]\text{Cl}$
 - Hg ;

- C. $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$;
- D. Hg_2O ;
- E. HgOH .

8-17. Condiția de efectuare a reacției de identificare a K^+ cu $\text{H}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_6$ este:

- A. mediu acid;
- B. mediu bazic;
- C. lipsa cationilor de Na^+ ;
- D. în prezența CH_3COONa ;
- E. lipsa cationilor Li^+ .

8-18. Ce cation din cei enumerați mai jos formează precipitat negru cu exces de soluție amoniacală?

- A. Ag^+ ;
- B. Hg_2^{2+} ;
- C. Sr^{2+} ;
- D. Ba^{2+} ;
- E. Li^+ .

8-19. Reacția dintre Na^+ și $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ se efectuează în mediu:

- A. slab acid sau neutru;
- B. slab acid;
- C. acid;
- D. slab bazic sau neutru;
- E. bazic.

8-20. Reacția dintre K^+ și $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ se efectuează în mediu:

- A. slab acid sau neutru;
- B. slab bazic;
- C. acid;
- D. slab bazic sau neutru;
- E. bazic.

8-21. Reactivul Nessler formează cu sărurile de amoniu precipitat de culoare:

- A. albă;
- B. roșie;
- C. roșie-brună;
- D. galbenă;
- E. portocalie.

8-22. Condiția principală de precipitare a cationului Ba^{2+} cu dicromatul de potasiu este:

- A. mediu acid;

- B. mediu bazic;
C. la încălzire;
D. prezența acetatului de sodiu;
E. la rece.
- 8-23. Ionii de calciu colorează flacăra incoloră a becului de gaz în:
A. galben;
B. violet;
C. roșu - cărămiziu;
D. verde;
E. albastru.
- 8-24. În cazul tratării Pb^{2+} cu o bază alcalină se formează precipitat:
A. negru;
B. alb;
C. precipitat alb, solubil în exces de reactiv;
D. galben;
E. galben, solubil în exces de reactiv.
- 8-25. Sărurile de potasiu colorează flacăra incoloră a becului de gaz în:
A. galben;
B. violet;
C. roșu-carmin;
D. verde;
E. albastru.
- 8-26. Dacă reacția de identificare a unui ion este puțin sensibilă, e necesar de respectat următoarea condiție:
A. de micșorat pH-ul soluției;
B. de încălzit soluția;
C. de mărit concentrația ionilor în soluție prin evaporare;
D. de mărit pH-ul soluției;
E. de micșorat concentrația ionilor în soluție prin diluare.
- 8-27. Ionii de calciu formează cu H_2SO_4 cristale:
A. octaedrice;
B. cubice;
C. sub formă de ace (din soluțiile diluate);
D. tetraedrice;
E. sub formă de ace (din soluțiile concentrate).
- 8-28. Despre reactivii selectivi se poate spune:
A. nu se folosesc în calitate de reactivi de grupă;

- B. produc un efect analitic comun cu un grup limitat de ioni;
 C. produc un efect analitic specific cu un singur ion;
 D. produc un efect analitic comun cu mai mulți cationi din diferite grupe;
 E. nu se folosesc pentru identificarea ionilor.
- 8-29.** Ionii de potasiu formează cu $\text{Na}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6]$ cristale:
 A. octaedrice;
 B. cubice;
 C. sub formă de ace;
 D. tetraedrice;
 E. sferice.
- 8-30.** În soluția de analizat se conțin ionii: Pb^{2+} , Ag^+ , Li^+ și Ba^{2+} . La adăugarea bazei alcaline se sedimentează:
 A. toți cationii;
 B. Ag^+ și Pb^{2+} ;
 C. Ag^+ , Pb^{2+} , Ba^{2+} ;
 D. Pb^{2+} și Ba^{2+} ;
 E. Pb^{2+} și Li^+ .
- 8-31.** Care din substanțele enumerate mai jos se dizolvă în apă caldă?
 A. AgCl ;
 B. PbSO_4 ;
 C. Hg_2Cl_2 ;
 D. PbCl_2 ;
 E. $[\text{Hg}_2\text{NH}_2]\text{Cl}$.
- 8-32.** Cationul de Li^+ împiedică la identificarea:
 A. K^+ cu $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$;
 B. Na^+ cu $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$;
 C. NH_4^+ cu $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$;
 D. K^+ cu $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$;
 E. NH_4^+ cu NaOH .
- 8-33.** În soluția de analizat se conțin ionii: Ag^+ , Li^+ și Ca^{2+} . La adăugarea excesului de soluție NH_3 se sedimentează:
 A. toți cationii enumerați;
 B. Ag^+ , Li^+ ;
 C. Ca^{2+} , Li^+ ;
 D. Ca^{2+} , Ag^+ ;
 E. nici unul din ionii enumerați nu se sedimentează.

- 8-34. Despre reactivii specifici se poate spune:
- A. se folosesc în calitate de reactivi de grupă;
 - B. produc un efect analitic comun cu un grup limitat de ioni;
 - C. produc efect analitic cu un singur ion;
 - D. produc un efect analitic comun cu mai mulți ioni din diferite grupe;
 - E. nu se folosesc pentru identificarea ionilor.
- 8-35. Care din cationii enumerați nu se sedimentează practic complet cu H_2SO_4 :
- A. Sr^{2+} ;
 - B. Ca^{2+} ;
 - C. Ba^{2+} ;
 - D. Hg_2^{2+} ;
 - E. Pb^{2+}
- 8-36. Efectul analitic al reacției ionului Ag^+ cu bazele alcaline este:
- A. precipitat alb Ag_2O ;
 - B. precipitat alb $AgOH$;
 - C. precipitat brun Ag_2O ;
 - D. precipitat galben Ag_2O ;
 - E. precipitat brun $AgOH$.
- 8-37. Sr^{2+} poate fi identificat cu apa de ghips în prezența cationilor:
- A. Ca^{2+} ;
 - B. Ba^{2+} ;
 - C. Pb^{2+} ;
 - D. Hg_2^{2+} ;
 - E. Ca^{2+} , Ba^{2+} .
- 8-38. Precipitarea completă a cationilor grupei a III-a cu reactivul de grupă se face în prezența:
- A. formalinei;
 - B. CH_3COONa ;
 - C. C_2H_5OH ;
 - D. C_2H_5ONa ;
 - E. NH_3 .
- 8-39. În urma reacției dintre Pb^{2+} și exces de soluție $NaOH$ se obține:
- A. precipitat alb;
 - B. soluție incoloră;
 - C. precipitat galben;

- D. soluție galbenă;
E. cristale aurii.
- 8-40.** NH_4^+ împiedică la identificarea Na^+ cu $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$, deoarece sărurile cationului de amoniu:
- A. creează mediu acid, care conduce la distrugerea reactivului cu formarea de HSbO_3 ;
 - B. formează compus complex cu sărurile Na^+ ;
 - C. intră în reacție cu $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ formând precipitatul $\text{NH}_4[\text{Sb}(\text{OH})_6]$;
 - D. creează mediu bazic, care conduce la distrugerea reactivului;
 - E. creează mediu neutru.
- 8-41.** Despre reactivii comuni se poate spune:
- A. nu se folosesc în calitate de reactivi de grupă;
 - B. produc un efect analitic comun cu un grup limitat de ioni;
 - C. produc un efect analitic specific cu un singur cation;
 - D. produc un efect analitic comun cu mai mulți cationi din diferite grupe;
 - E. nu se aplică pentru separarea unei grupe de cationi.
- 8-42.** În procesul descompunerii termice a sărurilor de amoniu se folosește soluția concentrată a HCl pentru:
- A. a dizolva rezidul uscat;
 - B. a transforma sărurile acizilor nevolatili în sărurile acidului volatil HCl ;
 - C. transformarea cationului de NH_4^+ în N_2 ;
 - D. identificarea cationului de NH_4^+ ;
 - E. absorbirea gazelor care se formează în urma calcinării.
- 8-43.** În prezența Sr^{2+} , Ca^{2+} poate fi identificat cu:
- A. apa de ghips;
 - B. H_2SO_4 (reacția microcristaloscopică);
 - C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
 - D. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
 - E. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
- 8-44.** În soluția de analizat se conțin ionii: Al^{3+} , Cu^{2+} , Mg^{2+} și Zn^{2+} . La tratarea acestei soluții cu exces de NH_3 se sedimentează:
- A. toți cationii enumerați;
 - B. Mg^{2+} și Zn^{2+} ;
 - C. Al^{3+} , Zn^{2+} și Mg^{2+} ;

D. Al^{3+} și Mg^{2+} ;

E. Cu^{2+} și Al^{3+} .

8-45. Soluția apoasă a unei sări de nichel este colorată în:

A. verde-deschis;

B. verde-închis;

C. roșu;

D. galben;

E. albastru.

8-46. Soluția 0,1 molară de KCN are pH-ul:

A. 10,65;

B. 11,65;

C. 11,15;

D. 12,15;

E. 9,30.

8-47. În soluția de analizat se conțin ionii: Fe^{3+} , Mg^{2+} și Cd^{2+} . La trecerea unui curent de H_2S prin această soluție se sedimentează:

A. toți cationii enumerați;

B. Mg^{2+} și Cd^{2+} ;

C. Mg^{2+} și Fe^{3+} ;

D. numai Cd^{2+} ;

E. Cd^{2+} și Fe^{3+} .

8-48. pH-ul soluției tampon într-un l al căreia se conține 0,10 moli CH_3COOH și 0,01 moli CH_3COOK este egal cu:

A. 4,76;

B. 5,76;

C. 3,76;

D. 4,26;

E. 5,26.

8-49. În soluția de analizat se conțin ionii: Sn^{2+} , Mn^{2+} și Cu^{2+} . La tratarea acestei soluții cu exces de bază alcalină se sedimentează:

A. toți cationii;

B. Sn^{2+} , Mn^{2+} ;

C. Sn^{2+} , Cu^{2+} ;

D. Mn^{2+} , Cu^{2+} ;

E. numai Mn^{2+} .

8-50. Culoarea roz a soluției de analizat indică prezența posibilă a ionului:

A. Co^{2+} ;

B. Fe^{2+} ;

- C. Cr^{3+} ;
- D. Ni^{2+} ;
- E. Cu^{2+} .

8-51. În procesul tratării soluției în care se conțin ionii de Cr^{3+} , Cd^{2+} și As^{V} cu exces de amoniac se sedimentează:

- A. toți ionii;
- B. numai Cd^{2+} ;
- C. nici unul nu se sedimentează;
- D. Cd^{2+} și As^{V} ;
- E. Cr^{3+} și Cd^{2+} .

8-52. Culoarea albastră-deschisă a soluției de analizat indică prezența posibilă a ionului:

- A. Cr^{3+} ;
- B. Ni^{2+} ;
- C. Fe^{3+} ;
- D. Co^{2+} ;
- E. Cu^{2+} .

8-53. În procesul tratării soluției, în care se conțin cationii Zn^{2+} , Hg^{2+} și Fe^{2+} cu exces de soluție NH_3 , se sedimentează:

- A. toți ionii;
- B. Fe^{2+} și Hg^{2+} ;
- C. numai Fe^{2+} ;
- D. Fe^{2+} și Zn^{2+} ;
- E. Zn^{2+} și Hg^{2+} .

8-54. În soluția de analizat se conțin ionii: Cr^{3+} , Zn^{2+} și Cu^{2+} . La adăugarea excesului de NH_3 se sedimentează:

- A. toți ionii;
- B. Zn^{2+} ;
- C. nici unul nu se sedimentează;
- D. Cu^{2+} ;
- E. Cr^{3+} și Zn^{2+} .

8-55. La 100 ml de soluție 0,1 molară de CH_3COOH ($\text{pK}_a = 4,76$) s-a adăugat același volum de soluție 0,1 molară de CH_3COONa . pH-ul soluției obținute este:

- A. 4,76;
- B. 8,88;
- C. 9,03;

D. 2,38;

E. 9,24.

8-56. În urma oxidării sărurilor de crom(III) în mediu bazic se obține soluție:

A. portocalie;

B. verde;

C. galbenă;

D. albastră;

E. zmeurie.

8-57. pH-ul soluției 0,1 molare de NaHCO_3 este:

A. 9,68;

B. 11,66;

C. 5,16;

D. 10,32;

E. 8,34.

8-58. pH-ul soluției 0,1 molare de NaH_2PO_4 este:

A. 4,68;

B. 7,21;

C. 7,58;

D. 10,11;

E. 3,61.

8-59. pH-ul cărei soluții apoase, din cele enumerate mai jos, nu se va schimba la diluare?

A. soluției de NH_3 ;

B. soluției de CH_3COOH ;

C. soluției de HCOOH ;

D. soluției de NaHCO_3 ;

E. soluției de NH_4Cl .

8-60. pH-ul cărei soluții apoase, din cele enumerate mai jos, nu se va schimba la diluare?

A. soluției de CH_3COOH ;

B. soluției ce conține 0,1 moli/l NH_3 + 0,1 moli/l NaCl ;

C. soluției de NH_3 ;

D. soluției de NH_4Cl ;

E. soluției ce conține 0,1 moli/l NH_3 + 0,1 moli/l NH_4Cl .

8-61. pH-ul cărei soluții apoase, din cele enumerate mai jos, nu se va schimba la diluare?

A. soluției ce conține 0,1 moli/l HCOOH + 0,1 moli/l HCOOK ;

- B. soluției de HCOOH;
 C. soluției de HCOONa;
 D. soluției de CH₃COONa;
 E. soluției de NH₃.
- 8-62.** Alegeți din cele cinci variante propuse mai jos pe acea care conține numai săruri, ce în soluții apoase creează mediu acid:
- A. NH₄Cl, NaCl, KNO₃;
 B. NH₄Cl, AlCl₃, FeCl₃;
 C. Na₂CO₃, K₂SO₄, AlCl₃;
 D. Na₃PO₄, KNO₃, NH₄NO₃;
 E. NH₄Cl, KCl, Bi(NO₃)₃.
- 8-63.** Alegeți din cele cinci variante propuse mai jos pe acea care conține numai săruri ce în soluții apoase creează mediu bazic:
- A. HCOOK, NH₄Cl, NH₄NO₃;
 B. HCOOK, KCl, K₂CO₃;
 C. CH₃COONa, Na₂CO₃, K₂C₂O₄;
 D. Na₃PO₄, (NH₄)₂SO₄, NaCl;
 E. NaH₂PO₄, NH₄NO₃, AlCl₃.
- 8-64.** Care din următoarele săruri formează prin dizolvare în apă soluții cu pH = 7?
- A. Na₂CO₃;
 B. CH₃COONH₄, NaCl;
 C. NH₄Cl, CaCl₂;
 D. AlCl₃, NH₄Cl;
 E. NH₄Cl, BaCl₂.
- 8-65.** La aceeași cantitate (mol) de substanțe CH₃COONa și NaCN se adaugă același volum de apă. Se știe că $K_a^{CH_3COOH} = 1,74 \cdot 10^{-5}$ și $K_a^{HCN} = 5,0 \cdot 10^{-10}$. La care dintre săruri hidroliza va fi mai înaintată?
- A. CH₃COONa;
 B. ambele hidrolizează în aceeași măsură;
 C. NaCN;
 D. numai sarea CH₃COONa hidrolizează;
 E. nici una din săruri nu hidrolizează.
- 8-66.** Proprietăți amfotere manifestă cationul:
- A. Fe(III);
 B. Mn(II);

- C. Sb(III);
D. Sb(V);
E. Cd(II).
- 8-67. Care din substanțele enumerate mai jos se dizolvă în exces de NH_4Cl :
A. $\text{MnO}(\text{OH})_2$ ($\text{PS} \approx 10^{-56}$);
B. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ($\text{PS} \approx 10^{-9}$);
C. $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ($\text{PS} \approx 10^{-31}$);
D. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ($\text{PS} \approx 10^{-19}$);
E. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ($\text{PS} \approx 10^{-15}$).
- 8-68. Proprietăți amfotere manifestă cationul:
A. Sb(V);
B. Al(III);
C. Fe(III);
D. Mn(II);
E. Cu(II).
- 8-69. În soluția de analizat se conțin ionii: Sb^{3+} , Cd^{2+} , Al^{3+} și Mg^{2+} . La adăugarea excesului de bază alcalină se sedimentează:
A. toți cationii;
B. Cd^{2+} și Mg^{2+} ;
C. Cd^{2+} , Sb^{3+} , Mg^{2+} ;
D. Sb^{3+} , Mg^{2+} ;
E. Sb^{3+} , Al^{3+} .
- 8-70. Cloroxizii de bismut și stibiu pot fi separați prin reacția cu:
A. HCl;
B. HNO_3 ;
C. CH_3COOH ;
D. $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$;
E. HCOOH
- 8-71. Condiția principală a reacției Fe^{2+} cu hexacianoferatul(III) de potasiu este:
A. mediu slab bazic;
B. prezența CH_3COONa ;
C. mediu bazic;
D. prezența amoniacului;
E. mediu acid.
- 8-72. Care din cationii enumerați mai jos nu se precipită complet cu soluția amoniacală?
A. Al^{3+} ;
B. Cr^{3+} ;

- C. Fe^{3+} ;
D. Sb(III) ;
E. Sn(IV) .
- 8-73. Care din hidroxizii enumerați mai jos sunt solubili în exces de bază alcalină?
A. Mg(OH)_2 ;
B. MnO(OH)_2 ;
C. Sb(OH)_3 ;
D. Co(OH)_2 ;
E. Fe(OH)_2 .
- 8-74. Care din hidroxizii enumerați mai jos se dizolvă în exces de NH_4Cl :
A. Cu(OH)_2 ($\text{PS} \approx 10^{-19}$);
B. Co(OH)_2 ($\text{PS} \approx 10^{-16}$);
C. Mn(OH)_2 ($\text{PS} \approx 10^{-13}$);
D. Fe(OH)_3 ($\text{PS} \approx 10^{-38}$);
E. MnO(OH)_2 ($\text{PS} \approx 10^{-56}$).
- 8-75. Care din cationii enumerați mai jos nu se precipită complet la adăugarea soluției amoniacale:
A. Sn(II) ;
B. Al(III) ;
C. Mn(II) ;
D. Bi(III) ;
E. Sb(III) .
- 8-76. Solubilitatea electrolitului A_2B este egală cu 0,001 moli/l. Valoarea PS a acestui electrolit este:
A. $2 \cdot 10^{-6}$;
B. $1 \cdot 10^{-6}$;
C. $2,5 \cdot 10^{-10}$;
D. $4 \cdot 10^{-9}$;
E. $0,4 \cdot 10^{-9}$.
- 8-77. În urma tratării soluției de analizat cu acid sulfuric diluat se degajă un gaz brun-roșcat. Aceasta ne indică prezența posibilă a anionului:
A. Br^- ;
B. SO_3^{2-} ;
C. CO_3^{2-} ;
D. I^- ;
E. NO_2^- .

- 8-78. $PS_{CaCO_3} = 4,9 \cdot 10^{-9}$. Solubilitatea $CaCO_3$ ($Mr = 100$) este egală cu:
- A. $7 \cdot 10^{-5}$ g/l;
 - B. 0,07 g/l;
 - C. 0,007 moli/l;
 - D. $7 \cdot 10^{-5}$ moli/l;
 - E. $0,7 \cdot 10^{-5}$ moli/l.
- 8-79. Se consideră soluția cu $c(CaCl_2) = 0,01$ moli/l. Concentrația (moli/l) Pb^{2+} necesară pentru începerea precipitării ionilor Cl^- în formă de $PbCl_2$ ($PS = 1,6 \cdot 10^{-5}$) este egală cu:
- A. 0,04;
 - B. 0,16;
 - C. 0,80;
 - D. 0,0008;
 - E. 0,0016.
- 8-80. Se consideră soluția 0,01 molară de $AgNO_3$. Concentrația molară (moli/l) a cromat-anionilor necesară începerii sedimentării ionilor Ag^+ în formă de Ag_2CrO_4 ($PS = 1,1 \cdot 10^{-12}$) este egală cu:
- A. $1,1 \cdot 10^{-12}$;
 - B. $1,1 \cdot 10^{-10}$;
 - C. $1,1 \cdot 10^{-8}$;
 - D. $1,1 \cdot 10^{-14}$;
 - E. $1,05 \cdot 10^{-6}$.
- 8-81. Anionul Br^- poate fi oxidat la Br_2 acționând cu reactivul:
- A. apa de iod;
 - B. soluția acidă de $NaNO_2$;
 - C. soluția diluată de H_2SO_4 ;
 - D. apa de var;
 - E. apa de clor.
- 8-82. La anumită temperatură soluția saturată de $CaSO_4$ are concentrația molară 0,0025 moli/l. PS_{CaSO_4} la această temperatură are valoarea:
- A. $6,00 \cdot 10^{-6}$;
 - B. $2,50 \cdot 10^{-3}$;
 - C. $5,00 \cdot 10^{-3}$;
 - D. $6,25 \cdot 10^{-4}$;
 - E. $6,25 \cdot 10^{-6}$.

8-83. Solubilitatea sulfatului de bariu ($M_r=233,4$) este egală cu $0,002334$ g/l.

Valoarea PS_{BaSO_4} este:

- A. $5,43 \cdot 10^{-6}$;
- B. $4,66 \cdot 10^{-3}$;
- C. $2,00 \cdot 10^{-3}$;
- D. $1,00 \cdot 10^{-10}$;
- E. $1,15 \cdot 10^{-10}$.

8-84. Se consideră că 5 soluții de aceeași concentrație molară conțin ionii complecși: $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$, $[Hg(SCN)_4]^{2-}$ și $[Cd(CN)_4]^{2-}$. Valorile constantelor de stabilitate β_4 sunt respectiv egale cu: $3,63 \cdot 10^6$; $1,07 \cdot 10^{12}$; $2,95 \cdot 10^7$; $1,58 \cdot 10^{21}$ și $1,29 \cdot 10^{17}$. $c(Me^{2+})$ este mai mică în soluția ionului complex:

- A. $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$;
- B. $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$;
- C. $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$;
- D. $[Cd(CN)_4]^{2-}$;
- E. $[Hg(SCN)_4]^{2-}$.

8-85. Cea mai mică $c(Ni^{2+})$ este în soluția:

- A. 0,1 molară de $NiSO_4$;
- B. 0,1 molară de $[Ni(NH_3)_4]SO_4$;
- C. 0,01 molară de $NiSO_4$;
- D. 0,1 molară de $[Ni(NH_3)_4]SO_4$ ce conține 1 mol/l NH_3 ;
- E. 0,1 molară de $[Ni(NH_3)_4]Cl_2$.

8-86. Cea mai mică $c(Fe^{3+})$ este în soluția:

- A. 0,1 molară de $K_3[Fe(SCN)_6]$ ce conține 1 mol/l $KSCN$;
- B. 0,1 molară de $K_3[Fe(SCN)_6]$;
- C. 0,1 molară de $FeCl_3$;
- D. 0,01 molară de $FeCl_3$;
- E. 0,1 molară de $Na_3[Fe(SCN)_6]$.

8-87. Prezența cărui ion în soluție poate fi demonstrat cu ajutorul clorurii de bariu în mediu de acid clorhidric:

- A. CO_3^{2-} ;
- B. CH_3COO^- ;
- C. PO_4^{3-} ;
- D. Br^- ;
- E. SO_4^{2-} .

- 8-88.** Prezența cărui ion în soluție poate fi demonstrată cu ajutorul clorurii de bariu în mediu neutru:
- A. PO_4^{3-} ;
 - B. CH_3COO^- ;
 - C. NO_3^- ;
 - D. Br^- ;
 - E. S^{2-} .
- 8-89.** Prezența cărui ion în soluție poate fi demonstrată cu ajutorul azotatului de argint în mediu de acid azotic:
- A. PO_4^{3-} ;
 - B. CO_3^{2-} ;
 - C. I^- ;
 - D. SO_4^{2-} ;
 - E. CH_3COO^- .
- 8-90.** Dizolvarea AgCl în soluție de amoniac reprezintă un proces de:
- A. disociere a AgCl ;
 - B. ionizare a AgCl cu formarea de Ag^+ ;
 - C. complexare a ionului Cl^- ;
 - D. complexare a ionului Ag^+ ;
 - E. hidroliză.
- 8-91.** Identificarea anionului SO_3^{2-} în prezența anionului $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ se efectuează utilizând reactivul:
- A. BaCl_2 ;
 - B. Apa de iod;
 - C. Soluția acidulată de KMnO_4 ;
 - D. SrCl_2 ;
 - E. H_2SO_4 .
- 8-92.** Ce compus complex se obține la dizolvarea AgCl în amoniac:
- A. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$;
 - B. $[\text{Ag}(\text{NH}_2)_2]\text{Cl}$;
 - C. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$;
 - D. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)]\text{Cl}$;
 - E. $[\text{Ag}_2\text{NH}_2\text{O}]\text{Cl}$.
- 8-93.** În soluția de analizat se conțin ionii: Pb^{2+} , Ag^+ , Al^{3+} și Mg^{2+} . La adăugarea excesului de bază alcalină se sedimentează:
- A. toți cationii;
 - B. Ag^+ și Mg^{2+} ;

- C. Ag^+ , Pb^{2+} , Mg^{2+} ;
 D. Pb^{2+} , Mg^{2+} ;
 E. Pb^{2+} , Al^{3+} .
- 8-94.** În soluția de analizat se conțin ionii: Ag^+ , Zn^{2+} și Co^{2+} . La adăugarea excesului de soluție NH_3 se sedimentează:
- A. toți cationii enumerați;
 B. Ag^+ , Zn^{2+} ;
 C. Co^{2+} , Zn^{2+} ;
 D. Co^{2+} , Ag^+ ;
 E. nici unul, din ionii enumerați, nu se sedimentează.
- 8-95.** Se analizează o soluție în care e posibilă prezența cationilor: Pb^{2+} , Al^{3+} și Mg^{2+} . Confirmăm prezența cationului Mg^{2+} utilizând reactivul:
- A. soluție diluată de NaOH ;
 B. soluție diluată de NH_3 ;
 C. soluție concentrată de NH_3 (exces de NH_3);
 D. soluție diluată de Na_2HPO_4 ;
 E. soluție concentrată de NaOH (exces de NaOH).
- 8-96.** Alegeți din cele cinci variante propuse mai jos pe cea care conține numai particule cu proprietăți de acid în soluții apoase (din punct de vedere al teoriei protolitice Bronsted-Lowry):
- A. CH_3COOH , NH_3 , CO_3^{2-} ;
 B. CH_3COOH , NH_4^+ , H_2PO_4^- ;
 C. NH_4^+ , CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$;
 D. NH_4^+ , HCl , CO_3^{2-} ;
 E. NH_4^+ , CH_3COOH , CO_3^{2-} .
- 8-97.** Alegeți din cele cinci variante propuse mai jos pe cea care conține numai particule cu proprietăți bazice în soluții apoase (din punct de vedere al teoriei protolitice Bronsted-Lowry):
- A. NH_3 , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} ;
 B. NH_4^+ , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} ;
 C. CO_3^{2-} , H_2PO_4^- , CH_3COOH ;
 D. CH_3COOH , NH_3 , S^{2-} ;
 E. NH_3 , H_2PO_4^- , S^{2-} .
- 8-98.** Amidopirina este o bază monoacidă slabă. Solventul, în care această bază are proprietăți bazice mai pronunțate, este:
- A. H_2O ;
 B. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;

- C. CH_3COOH ;
- D. NH_3 lichid;
- E. Piridina.

8-99. Amoniacul este o bază slabă. Solventul, care deminuează proprietățile bazice ale amonicului, este:

- A. H_2O ;
- B. Piridina;
- C. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
- D. CH_3COOH ;
- E. HCOOH .

8-100. Constanta de aciditate (K_a) a fenolului este mai mare în solventul:

- A. CH_3OH ;
- B. H_2O ;
- C. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
- D. NH_3 lichid;
- E. CH_3COOH .

8-101. Se consideră că $E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = +0,54\text{V}$, $E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = +0,77\text{V}$, $E^0_{\text{Br}_2/\text{Br}^-} = +1,09\text{V}$, $E^0_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-} = +1,36\text{V}$. Care din reacțiile, ecuațiile cărora sunt indicate mai jos, are loc într-adevăr?

- A. $\text{Br}_2 + 2\text{Cl}^- = \text{Cl}_2 + 2\text{Br}^-$;
- B. $2\text{Br}^- + 2\text{Fe}^{3+} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Br}_2$;
- C. $\text{I}_2 + \text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{I}^-$;
- D. $\text{I}_2 + 2\text{Fe}^{3+} = 2\text{I}^- + 2\text{Fe}^{2+}$;
- E. $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{3+}$.

8-102. Se consideră că $E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = +0,54\text{V}$, $E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = +0,77\text{V}$, $E^0_{\text{Br}_2/\text{Br}^-} = +1,09\text{V}$, $E^0_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-} = +1,36\text{V}$. Care ecuație, din cele enumerate mai jos, este scrisă incorect?

- A. $\text{Br}_2 + 2\text{Cl}^- = \text{Cl}_2 + 2\text{Br}^-$;
- B. $\text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{2+} = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^-$;
- C. $\text{Br}_2 + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Br}^-$;
- D. $2\text{I}^- + 2\text{Fe}^{3+} = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$;
- E. $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$.

8-103. Se consideră că $E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = +0,54\text{V}$, $E^0_{\text{NO}_2^-/\text{NO}} = +0,98\text{V}$, $E^0_{\text{Br}_2/\text{Br}^-} = +1,09\text{V}$, $E^0_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-} = +1,36\text{V}$. Iodul în mediu acid oxidează ionii:

- A. Br^- ;
- B. Cl^- ;
- C. Fe^{2+} ;
- D. NO_2^- ;
- E. Nici un anion, din cei enumerați mai sus, nu poate fi oxidat de I_2 .

8-104. Se consideră că $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0,77V$, $E^0_{NO_2^-/NO} = +0,98V$,
 $E^0_{Br_2/Br^-} = +1,09V$, $E^0_{Cl_2/2Cl^-} = +1,36V$, $E^0_{MnO_4^-/Mn^{2+}} = +1,51V$
Anionii NO_2^- , în mediu acid, oxidează ionii:

A. Mn^{2+} ;

B. Cl^- ;

C. Br^- ;

D. Fe^{2+} ;

E. Toți ionii, din cei enumerați mai sus, sunt oxidați la acțiunea cu NO_2^- .

8-105. Se consideră că $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0,77V$, $E^0_{NO_2^-/NO} = +0,98V$,
 $E^0_{Br_2/Br^-} = +1,09V$, $E^0_{Cl_2/2Cl^-} = +1,36V$, $E^0_{I_2/2I^-} = +0,54V$.
Care din reacțiile, ecuațiile cărora sunt indicate mai jos, are loc într-adevăr?

A. $2HNO_2 + 2H^+ + 2Br^- = Br_2 + 2NO + 2H_2O$;

B. $2HNO_2 + 2H^+ + 2Cl^- = Cl_2 + 2NO + 2H_2O$;

C. $I_2 + 2NO + 2H_2O = 2HNO_2 + 2H^+ + 2I^-$;

D. $2HNO_2 + 2H^+ + Fe^{2+} = Fe^{3+} + NO + 2H_2O$;

E. $Br_2 + 2Cl^- = Cl_2 + 2Br^-$.

8-106. Se consideră că $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0,77V$, $E^0_{NO_2^-/NO} = +0,98V$,
 $E^0_{Br_2/Br^-} = +1,09V$, $E^0_{Cl_2/2Cl^-} = +1,36V$, $E^0_{I_2/2I^-} = +0,54V$.
Care din reacțiile, ecuațiile cărora sunt indicate mai jos, are loc?

A. $2HNO_2 + 2H^+ + 2Br^- = Br_2 + 2NO + 2H_2O$;

B. $2HNO_2 + 2H^+ + 2Cl^- = Cl_2 + 2NO + 2H_2O$;

C. $Cl_2 + 2Fe^{2+} = 2Fe^{3+} + 2Cl^-$;

D. $Fe^{3+} + NO + H_2O = HNO_2 + H^+ + Fe^{2+}$;

E. $Br_2 + 2Cl^- = Cl_2 + 2Br^-$.

8-107. Se consideră că $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0,77V$, $E^0_{NO_2^-/NO} = +0,98V$,
 $E^0_{Br_2/Br^-} = +1,09V$, $E^0_{Cl_2/2Cl^-} = +1,36V$, $E^0_{I_2/2I^-} = +0,54V$.
Care din reacțiile, ecuațiile cărora sunt indicate mai jos, nu are loc?

A. $Cl_2 + 2Br^- = Br_2 + 2Cl^-$;

B. $2HNO_2 + 2H^+ + 2Cl^- = Cl_2 + 2NO + 2H_2O$;

C. $Cl_2 + 2Fe^{2+} = 2Fe^{3+} + 2Cl^-$;

D. $Cl_2 + 2I^- = I_2 + 2Cl^-$;

E. $2I^- + 2Fe^{3+} = I_2 + 2Fe^{2+}$.

- 8-108.** Se consideră sulfuri greu solubile: PbS ($PS = 2,5 \cdot 10^{-27}$), MnS ($PS = 2,5 \cdot 10^{-10}$), FeS ($PS = 5 \cdot 10^{-18}$), CdS ($PS = 1,6 \cdot 10^{-28}$) și ZnS ($PS = 1,6 \cdot 10^{-24}$). Care din aceste sulfuri se dizolvă mai ușor în acid clorhidric?
- A. CdS;
 - B. PbS;
 - C. MnS;
 - D. FeS;
 - E. ZnS.
- 8-109.** Se consideră hidroxizi greu solubili: Ni(OH)₂ ($PS = 2 \cdot 10^{-15}$), Fe(OH)₂ ($PS = 7 \cdot 10^{-16}$), Mn(OH)₂ ($PS = 2 \cdot 10^{-13}$), Cd(OH)₂ ($PS = 2 \cdot 10^{-14}$) și Cu(OH)₂ ($PS = 8 \cdot 10^{-20}$). Care din acești hidroxizi se dizolvă mai ușor în acid clorhidric?
- A. Cu(OH)₂;
 - B. Fe(OH)₂;
 - C. Ni(OH)₂;
 - D. Cd(OH)₂;
 - E. Mn(OH)₂.
- 8-110.** Care solvent, din cei enumerați mai jos, are proprietăți amfotere?
- A. NH₃ lichid;
 - B. HCOOH;
 - C. CH₃COOH;
 - D. C₂H₅OH;
 - E. Piridină.

9. TESTE COMPLEMENT MULTIPLU – analiza calitativă

- 9-1. Scopurile unei analize chimice calitative sunt:
- A. determinarea compoziției calitative a unei substanțe;
 - B. determinarea raportului de masă a componentelor în sistemul de analizat;
 - C. identificarea componentelor substanțelor chimice în sistemul de analizat;
 - D. determinarea concentrației molare a soluției de analizat;
 - E. identificarea și separarea ionilor în soluția de analizat.
- 9-2. Proprietățile analitice ce permit efectuarea analizei chimice calitative a unei soluții sunt:
- A. densitatea;
 - B. temperatura;
 - C. culoarea;
 - D. degajarea unui gaz, în urma reacției cu acid;
 - E. formarea unui precipitat, în urma reacției cu un reactiv.
- 9-3. În calitate de reacții analitice de identificare pot fi utilizate reacțiile:
- A. de precipitare
 - B. de complexare;
 - C. $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$;
 - D. $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$;
 - E. $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$.
- 9-4. În calitate de reacții analitice de identificare pot fi utilizate reacțiile:
- A. $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$;
 - B. ce decurg cu formarea unui gaz caracteristic;
 - C. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$;
 - D. ce decurg cu schimbarea culorii soluției;
 - E. $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4\downarrow$.
- 9-5. Reactivi specifici sunt:
- A. reactivii ce produc un efect analitic cu un singur ion din sistemul de analizat;
 - B. NaOH în reacția de identificare a ionului NH_4^+ ;
 - C. reactivii care ne permit identificarea ionului dat în prezența altor ioni;
 - D. reactivii care produc același efect analitic cu un număr limitat de ioni;
 - E. reactivii care produc același efect analitic cu un număr mare de ioni.

- 9-6. În calitate de reactivi de grupă pot fi utilizați reactivii:
- A. comuni;
 - B. specifici;
 - C. selectivi;
 - D. $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ pentru cationii din grupa I analitică;
 - E. H_2SO_4 pentru cationii din grupa a III-a analitică.
- 9-7. În soluție fiecare ion este înconjurat de moleculele solventului. Acest fenomen se numește:
- A. solvatare;
 - B. hidroliză;
 - C. hidratare (când solventul este apă);
 - D. neutralizare;
 - E. formarea de ioni complecși (solvatocomplecși sau hidratocomplecși).
- 9-8. Pentru electroliții slabi e caracteristic:
- A. ionizarea completă la dizolvarea în apă;
 - B. parțial se găsesc în formă de ioni în soluție;
 - C. $\alpha < 1$;
 - D. $\alpha \approx 1$;
 - E. $\alpha \approx 0$.
- 9-9. Valoarea coeficientului de activitate depinde:
- A. de tăria ionică a soluției;
 - B. de concentrația neelectroliților din soluție;
 - C. de sarcina ionilor din soluție;
 - D. de concentrația tuturor ionilor din soluție;
 - E. numai de concentrația ionilor monovalenți.
- 9-10. Aceeași valoare a tăriei ionice egală cu 0,15 au soluțiile:
- A. 0,1 molară de K_2SO_4 ;
 - B. 0,15 molară de KCl ;
 - C. 0,05 molară de K_3PO_4 ;
 - D. 0,05 molară de CaCl_2 ;
 - E. 0,1 molară de Na_2CO_3 .
- 9-11. Valorile numerice ale căror mărimi (constanta de disociere, aciditatea soluției, gradul de disociere) se vor schimba la diluarea soluției 0,1 molare de CH_3COOH ?
- A. aciditatea soluției
 - B. constanta de disociere;
 - C. nici una nu se modifică;

- D. gradul de disociere;
- E. toate valorile enumerate se modifică.

9-12. Valorile numerice ale căror mărimi (constanta de disociere, pH-ul, gradul de disociere) se vor mări la diluarea soluției 0,1 molare de CH_3COOH ?

- A. pH-ul soluției;
- B. constanta de disociere;
- C. toate valorile enumerate se măresc;
- D. nici una nu se modifică;
- E. gradul de disociere.

9-13. Valorile numerice ale căror mărimi (constanta de disociere, aciditatea soluției, gradul de disociere) se vor modifica la diluarea soluției 0,1 molare de NH_3 ?

- A. constanta de disociere
- B. aciditatea soluției;
- C. gradul de disociere;
- D. toate valorile enumerate se modifică;
- E. nici una nu se modifică.

9-14. Formulele de calcul al pH-ului acidului slab HA sunt:

- A. $\text{pH} = \frac{1}{2} pK_a^{HA} - \frac{1}{2} \lg c_0(HA)$;
- B. $\text{pH} = \lg \alpha$;
- C. $\text{pH} = pK_a^{HA}$;
- D. $\text{pH} = -\lg c_0(HA) - \lg \alpha$;
- E. $\text{pH} = -\lg c_0(HA)$.

9-15. Formulele de calcul al pH-ului bazei slabe B sunt:

- A. $\text{pH} = \frac{1}{2} pK_b^B - \frac{1}{2} \lg c_0(B)$;
- B. $\text{pH} = 14 - \frac{1}{2} pK_b^B + \frac{1}{2} \lg c_0(B)$;
- C. $\text{pH} = \lg \alpha$;
- D. $\text{pH} = -\lg c_0(B) - \lg \alpha$;
- E. $\text{pH} = 14 + \lg c_0(B) + \lg \alpha$.

9-16. Formulele de calcul al $c(\text{H}^+)$ în soluția de acid slab HA sunt:

- A. $c(\text{H}^+) = c_0(HA) \cdot \alpha$;
- B. $c(\text{H}^+) = c_0(HA) \cdot K_a^{HA}$;
- C. $c(\text{H}^+) = \sqrt{c_0(HA) \cdot K_a^{HA}}$;

D. $c(H^+) = c_0(HA) \cdot \alpha^2$;

E. $c(H^+) = c_0(HA) \cdot \alpha$.

9-17. Formulele de calcul al $c(H^+)$ în soluția de bază slabă B sunt:

A. $c(H^+) = c_0(B) \cdot \alpha$;

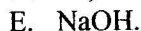
B. $c(H^+) = \frac{10^{-14}}{\alpha \cdot c_0(B)}$;

C. $c(H^+) = \sqrt{c_0(B) \cdot K_b^B}$;

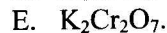
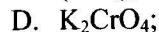
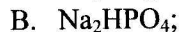
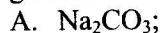
D. $c(H^+) = c_0(B)$;

E. $c(H^+) = \frac{10^{-14}}{\sqrt{K_b^B \cdot c_0(B)}}$.

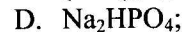
9-18. Cu care dintre reactivii de mai jos cationul Ag^+ formează precipitate de culoare neagră sau brună?



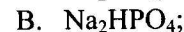
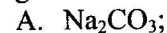
9-19. Cu care din reactivii de mai jos cationul Ba^{2+} formează precipitate galbene?



9-20. Cu care din reactivii de mai jos cationul Ba^{2+} formează precipitate albe?



9-21. Cu care din reactivii de mai jos cationul Pb^{2+} formează precipitate galbene?



- C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
D. K_2CrO_4 ;
E. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.
- 9-22.** Cu care din reactivii de mai jos cationul Pb^{2+} formează precipitate albe?
A. K_2CrO_4 ;
B. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$;
C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
D. Na_2HPO_4 ;
E. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.
- 9-23.** Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, se poate separa cationul de Ba^{2+} de ceilalți cationi din grupa III analitică?
A. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
B. Na_2CO_3 ;
C. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$;
D. CH_3COONa ;
E. K_2CrO_4 .
- 9-24.** Mediul acid au soluțiile apoase ale sărurilor:
A. NH_4Cl ;
B. AlCl_3 ;
C. Na_2CO_3 ;
D. NaCl ;
E. K_2SO_4 .
- 9-25.** Mediul bazic au soluțiile apoase ale sărurilor:
A. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$;
B. BaCl_2 ;
C. CH_3COONa ;
D. K_2CO_3 ;
E. NaCl .
- 9-26.** Se va modifica la diluare pH-ul soluțiilor apoase ale substanțelor:
A. NH_4Cl ;
B. BaCl_2 ;
C. NH_3 ;
D. AlCl_3 ;
E. KCN .
- 9-27.** În procesul diluării, se va mări pH-ul soluțiilor apoase ale substanțelor:
A. CH_3COONa ;
B. NH_4Cl ;
-

C. CH_3COOH ;

D. NaCl ;

E. FeCl_3 .

9-28. În procesul diluării, se va micșora pH-ul soluțiilor apoase ale substanțelor:

A. NH_3 ;

B. NH_4Cl ;

C. KCN ;

D. K_2SO_4 ;

E. CH_3COOK .

9-29. Alegeți, din variantele propuse, acelea care conțin numai substanțe cu proprietăți de acid în soluții apoase:

A. HCl , CH_3COONa , CH_3COOH ;

B. NH_4Cl , CH_3COOH , HCl ;

C. KCN , NH_3 , HClO_4 ;

D. NH_4NO_3 , HCOOH , H_2SO_4 ;

E. NH_4Cl , Na_2CO_3 , CH_3COONa .

9-30. Alegeți, din variantele propuse, acelea care conțin numai substanțe cu proprietăți bazice în soluții apoase:

A. NH_3 , CH_3COOK , NaCN ;

B. NaCN , CH_3COOH , HCOOH ;

C. HCl , NH_3 , CH_3COOK ;

D. NH_3 , NH_4Cl , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$;

E. CH_3COONa , Na_2CO_3 , KCN .

9-31. Gradul de hidroliză a unei sări a acidului slab și bazei tari, în soluția apoasă, este mai mare:

A. la diluare;

B. la micșorarea temperaturii;

C. la creșterea temperaturii;

D. cu cât valoarea K_a este mai mare;

E. cu cât valoarea K_a este mai mică.

9-32. Gradul de hidroliză a unei sări alcătuite din bază slabă și acid tare, în soluția apoasă, este mai mic:

A. la diluare;

B. la creșterea temperaturii;

C. cu cât valoarea K_b este mai mică;

D. cu cât valoarea K_b este mai mare;

E. cu cât temperatura soluției este mai mică.

- 9-33. În urma trecerii unui flux de H_2S prin soluția ce conține cationii Ba^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} și Na^+ se sedimentează ionii:
- A. toți cei enumerați;
 - B. Pb^{2+} ;
 - C. Zn^{2+} ;
 - D. Ba^{2+} ;
 - E. Na^+ .
- 9-34. În urma trecerii unui flux de H_2S prin soluția ce conține cationii Ca^{2+} , K^+ , Ag^+ și Fe^{2+} se sedimentează ionii:
- A. Ag^+ ;
 - B. toți cei enumerați;
 - C. K^+ ;
 - D. Ca^{2+} ;
 - E. Fe^{2+} .
- 9-35. În urma trecerii unui flux de H_2S prin soluția ce conține cationii Hg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} și Sr^{2+} se sedimentează ionii:
- A. toți cei enumerați;
 - B. Sr^{2+} ;
 - C. Zn^{2+} ;
 - D. Cu^{2+} ;
 - E. Hg^{2+} .
- 9-36. H_2S formează precipitate galbene cu cationii:
- A. Cd^{2+} ;
 - B. Bi^{3+} ;
 - C. Fe^{2+} ;
 - D. As^{3+} ;
 - E. Pb^{2+} .
- 9-37. H_2S formează precipitate negre cu cationii:
- A. Zn^{2+} ;
 - B. Al^{3+} ;
 - C. Cu^{2+} ;
 - D. Hg^{2+} ;
 - E. Fe^{2+} .
- 9-38. H_2S formează precipitate albe cu cationii:
- A. Al^{3+} ;
 - B. Zn^{2+} ;
 - C. Mg^{2+} ;
 - D. Ag^+ ;
 - E. Cr^{3+} .

- 9-39. În urma trecerii unui flux de H_2S prin soluția apoasă ce conține cationii Al^{3+} și Cr^{3+} se formează:
- A. Al_2S_3 – precipitat alb;
 - B. $Al(OH)_3$ – precipitat alb;
 - C. $Cr(OH)_3$ – precipitat verzui;
 - D. Cr_2S_3 – precipitat verzui;
 - E. Na_2CrO_4 – soluție galbenă.
- 9-40. Cromatul de potasiu formează precipitate galbene de cromati în reacția cu cationii:
- A. Pb^{2+} ;
 - B. Ag^+ ;
 - C. Mg^{2+} ;
 - D. Hg_2^{2+} ;
 - E. Ba^{2+} .
- 9-41. Tiosulfatul de sodiu formează precipitate negre de sulfuri în reacția cu cationii:
- A. Ca^{2+} ;
 - B. Ag^+ ;
 - C. Cu^{2+} ;
 - D. Cd^{2+} ;
 - E. Hg^{2+} .
- 9-42. Reacția de hidroliză se aplică pentru identificarea cationilor:
- A. Mg^{2+} ;
 - B. Fe^{2+} ;
 - C. Bi^{3+} ;
 - D. Sb^{3+} ;
 - E. Pb^{2+} .
- 9-43. Efectul analitic al reacției dintre sărurile de crom(III) și $NaOH$ este:
- A. $Cr(OH)_3$ – precipitat verzui (la adăugarea unei cantități echivalente de bază);
 - B. $Na_3[Cr(OH)_6]$ – soluție de culoare verde-deschis (la adăugarea unui exces de bază);
 - C. Na_2CrO_4 – soluție galbenă;
 - D. $Na_2Cr_2O_7$ – soluție portocalie;
 - E. CrO_3 – precipitat roșu.
- 9-44. Soluția $NaOH$ formează oxizi insolubili reacționând cu cationii:
- A. Pb^{2+} ;

- B. Zn^{2+} ;
- C. Ag^+ ;
- D. Hg_2^{2+} ;
- E. Hg^{2+} .

9-45. În exces de soluție NaOH formează hidroxocomplecși solubili în apă următorii cationi:

- A. Zn^{2+} ;
- B. Pb^{2+} ;
- C. Sn^{2+} ;
- D. Fe^{2+} ;
- E. Cu^{2+} .

9-46. Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, cationul Mn^{2+} formează precipitat negru-brun $\text{MnO}(\text{OH})_2$?

- A. H_2SO_4 ;
- B. H_2O_2 ;
- C. NaOH;
- D. $\text{Mg}(\text{OH})_2$;
- E. HCl.

9-47. În exces de soluție NaOH formează complecși solubili, de tipul $\text{Na}_3[\text{Me}(\text{OH})_6]$, cationii:

- A. Fe^{3+} ;
- B. Al^{3+} ;
- C. As^{3+} ;
- D. Cr^{3+} ;
- E. Sb^{3+} .

9-48. În exces de soluție NH_3 formează complecși solubili, de culoare albastră, de tipul $[\text{Me}(\text{NH}_3)_n](\text{OH})_2$, cationii:

- A. Ni^{2+} ;
- B. Zn^{2+} ;
- C. Cd^{2+} ;
- D. Cu^{2+} ;
- E. Hg^{2+} .

9-49. În exces de soluție NH_3 formează complecși solubili, incolori, de tipul $[\text{Me}(\text{NH}_3)_n](\text{OH})_2$, cationii:

- A. Cu^{2+} ;
- B. Hg^{2+} ;
- C. Ni^{2+} ;
- D. Cd^{2+} ;
- E. Zn^{2+} .

- 9-50. În exces de soluție NH_3 , în prezența NH_4Cl , formează complecși solubili, incolori, de tipul $[\text{Me}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, cationii:
- A. Cu^{2+} ;
 - B. Hg^{2+} ;
 - C. Ni^{2+} ;
 - D. Zn^{2+} ;
 - E. Cd^{2+} .
- 9-51. În urma tratării unei soluții ce conține Mn^{2+} și Fe^{2+} cu soluție de NaOH în prezența peroxidului de hidrogen se obțin precipitate:
- A. $\text{Fe}(\text{OH})_3$;
 - B. $\text{Fe}(\text{OH})_2$;
 - C. $\text{Mn}(\text{OH})_2$;
 - D. $\text{MnO}(\text{OH})_2$;
 - E. $\text{Mn}(\text{OH})_3$.
- 9-52. Iodura de potasiu formează precipitat galben sau roșu în reacția cu cationii:
- A. Hg^{2+} ;
 - B. Hg_2^{2+} ;
 - C. Pb^{2+} ;
 - D. Bi^{3+} ;
 - E. Ag^+ .
- 9-53. Cu care dintre următorii reactivi cationul Cu^{2+} formează precipitate de culoare neagră?
- A. Na_2SO_4 ;
 - B. H_2S ;
 - C. Na_2S ;
 - D. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
 - E. NH_3 .
- 9-54. Cu care dintre reactivii de mai jos cationul Bi^{3+} formează precipitate negre?
- A. KI ;
 - B. NaOH ;
 - C. H_2S ;
 - D. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$;
 - E. Na_2HPO_4 .
- 9-55. Precipitat negru de Bi metalic se formează la tratarea ionilor de Bi^{3+} cu următorii reactivi luați împreună:
- A. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$;
 - B. NaOH ;

- C. CH_3COONa ;
D. Na_2HPO_4 ;
E. SnCl_2 .
- 9-56. Cu care dintre reactivii enumerați mai jos cationul de Zn^{2+} formează precipitat de culoare albă?
A. $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$;
B. soluția diluată de NH_3 ;
C. H_2S ;
D. $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
E. NH_4Cl .
- 9-57. Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, se poate identifica cationul Mg^{2+} ?
A. soluția NH_3 ;
B. H_2S ;
C. NH_4Cl ;
D. NaCl ;
E. Na_2HPO_4 .
- 9-58. Cu care dintre reactivii enumerați mai jos se poate identifica ionul Mn^{2+} în mediu de acid azotic?
A. Na_2HPO_4 ;
B. PbO_2 ;
C. NaBiO_3 ;
D. H_2O_2 ;
E. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$.
- 9-59. Cu care dintre reactivii enumerați mai jos cationii Cu^{2+} formează precipitate de culoare neagră?
A. H_2S ;
B. NH_3 ;
C. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
D. $(\text{NH}_4)_2\text{S}$;
E. Na_2HPO_4 .
- 9-60. Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, se pot separa cationii Hg^{2+} de cationii Fe^{3+} și Bi^{3+} ?
A. NH_4Cl ;
B. NaOH ;
C. H_2S ;
D. $\text{NH}_3(\text{exces})$;
E. HCl .

- 9-61. Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, se pot separa cationii Cr^{3+} de cationii Al^{3+} ?
- A. NaOH ;
 - B. H_2O_2 ;
 - C. Na_2HPO_4 ;
 - D. NH_4Cl ;
 - E. NH_3 (exces).
- 9-62. Solubilitatea BaSO_4 se va mări la adăugarea în soluție a substanțelor:
- A. Na_2SO_4 ;
 - B. BaCl_2 ;
 - C. KNO_3 ;
 - D. NaCl ;
 - E. NH_3 .
- 9-63. Solubilitatea AgBr se va micșora la adăugarea în soluție a substanțelor:
- A. KBr ;
 - B. CH_3COOAg ;
 - C. NH_3 ;
 - D. KNO_3 ;
 - E. AgNO_3 .
- 9-64. Solubilitatea AgI va crește la adăugarea în soluție a substanțelor:
- A. exces de NH_3 ;
 - B. NaNO_3 ;
 - C. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
 - D. KI ;
 - E. AgNO_3 .
- 9-65. Solubilitatea AgBr va crește, dacă în soluție se va adăuga:
- A. KBr ;
 - B. CH_3COOAg ;
 - C. NH_3 ;
 - D. KNO_3 ;
 - E. AgNO_3 .
- 9-66. Solubilitatea $\text{Cu}(\text{OH})_2$ va crește, dacă în soluție se va adăuga:
- A. NaOH ;
 - B. NH_3 ;
 - C. HCl ;
 - D. NaCl ;
 - E. CuSO_4 .
-

- 9-67. Solubilitatea AgI se va micșora, dacă în soluție se va adăuga:
- A. exces de NH_3 ;
 - B. NaNO_3 ;
 - C. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
 - D. KI ;
 - E. AgNO_3 .
- 9-68. Solubilitatea BaSO_4 se va micșora la adăugarea în soluție a substanțelor:
- A. Na_2SO_4 ;
 - B. BaCl_2 ;
 - C. KNO_3 ;
 - D. NaCl ;
 - E. NH_3 .
- 9-69. Solubilitatea BaSO_4 va crește, dacă în soluție se va adăuga:
- A. NaNO_3 ;
 - B. KCl ;
 - C. H_2SO_4 ;
 - D. K_2SO_4 ;
 - E. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.
- 9-70. Solubilitatea AgBr se va micșora, dacă în soluție se va adăuga:
- A. NaNO_3 ;
 - B. NaBr ;
 - C. AgNO_3 ;
 - D. NH_3 ;
 - E. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.
- 9-71. Solubilitatea AgI va crește, la adăugarea în soluție a substanțelor:
- A. KI ;
 - B. AgNO_3 ;
 - C. exces de NH_3 ;
 - D. exces de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
 - E. exces de NaNO_3 .
- 9-72. Cu care reactivi prezentați mai jos anionul I^- formează precipitat?
- A. HgCl_2 ;
 - B. AgNO_3 ;
 - C. BiCl_3 ;
 - D. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$;
 - E. MgCl_2 .

- 9-73. Acidul sulfuric diluat poate fi utilizat pentru identificarea anionilor:
- A. SO_3^{2-} ;
 - B. NO_3^- ;
 - C. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$;
 - D. NO_2^- ;
 - E. S^{2-} .
- 9-74. Apa de iod se decolorează în reacția cu anionii-reducători:
- A. Cl^- ;
 - B. Br^- ;
 - C. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$;
 - D. SO_3^{2-} ;
 - E. S^{2-} .
- 9-75. Soluția diluată de KMnO_4 se decolorează în reacția cu anionii-reducători (mediul de acid sulfuric, la temperatura camerei):
- A. SO_3^{2-} ;
 - B. S^{2-} ;
 - C. NO_2^- ;
 - D. I^- ;
 - E. $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$.
- 9-76. În calitate de reactiv de grupă pentru anionii-reducători se utilizează reactivii:
- A. H_3PO_4 ;
 - B. H_2SO_4 ;
 - C. apa de iod;
 - D. soluția diluată de KMnO_4 în prezența H_2SO_4 ;
 - E. BaCl_2 .
- 9-77. Acidul sulfuric formează gaz cu miros de sulf ars în reacția cu anionii:
- A. S^{2-} ;
 - B. NO_2^- ;
 - C. SO_3^{2-} ;
 - D. CO_3^{2-} ;
 - E. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.
- 9-78. AgNO_3 precipită, în mediu neutru, anionii:
- A. CH_3COO^- ;
 - B. PO_4^{3-} ;
 - C. SCN^- ;
 - D. CO_3^{2-} ;
 - E. Cl^- .

- 9-79. AgNO_3 formează precipitat negru în reacția cu anionii:
- A. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$;
 - B. PO_4^{3-} ;
 - C. I^- ;
 - D. IO_3^- ;
 - E. S^{2-} .
- 9-80. $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ formează precipitat alb în reacția cu anionii:
- A. CH_3COO^- ;
 - B. Cl^- ;
 - C. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$;
 - D. SO_3^{2-} ;
 - E. PO_4^{3-} .
- 9-81. Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, se pot separa anionii grupei a II-a analitice de cei din prima grupă analitică?
- A. BaCl_2 ;
 - B. AgNO_3 ;
 - C. KMnO_4 ;
 - D. HNO_3 ;
 - E. CH_3COONa .
- 9-82. Care anioni din cei enumerați mai jos pot fi identificați, în cazul prezenței lor concomitente în soluția de analizat, acționând treptat cu apa de clor?
- A. Br^- ;
 - B. CO_3^{2-} ;
 - C. $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$;
 - D. CH_3COO^- ;
 - E. I^- .
- 9-83. Care din reactivii enumerați mai jos stau la baza clasificărilor anionilor în grupe analitice?
- A. KMnO_4 ;
 - B. BaCl_2 ;
 - C. AgNO_3 ;
 - D. KI ;
 - E. $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$.
- 9-84. Care din seriile de anioni enumerate mai jos conțin anioni din grupa I analitică?
- A. CrO_4^{2-} , CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$;
 - B. Cl^- , Br^- , IO_3^- ;

- C. PO_4^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, SO_3^{2-} ;
- D. CH_3COO^- , NO_3^- , NO_2^- ;
- E. SO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, AsO_4^{3-} .

9-85. Care din seriile de anioni enumerate mai jos conțin anioni din grupa a II-a analitică?

- A. SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , BrO_3^- ;
- B. Cl^- , Br^- , I^- ;
- C. SCN^- , CN^- , IO_3^- ;
- D. SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} ;
- E. CH_3COO^- , NO_2^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

9-86. Care din seriile de anioni enumerate mai jos conțin anioni din grupa a II-a analitică?

- A. NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} ;
- B. S^{2-} , CH_3COO^- , I^- ;
- C. NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CO_3^{2-} ;
- D. SCN^- , CH_3COO^- , BrO_3^- ;
- E. IO_3^- , Br^- , CO_3^{2-} .

9-87. Anionul Cl^- formează precipitate cu reactivii:

- A. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$;
- B. $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$;
- C. AgNO_3 ;
- D. $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$;
- E. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$.

9-88. Anionul IO_3^- formează precipitate cu reactivii:

- A. AgNO_3 ;
- B. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$;
- C. KCl ;
- D. NaNO_3 ;
- E. NH_4Cl .

9-89. Anionul $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ formează precipitate cu reactivii:

- A. AgNO_3 ;
- B. H_2SO_4 ;
- C. BaCl_2 ;
- D. $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$;
- E. HCl .

9-90. Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, se pot sedimenta anionii HCO_3^- ?

- A. NH_4Cl ;
- B. NH_3 ;

- C. NaCl;
D. CaCl₂;
E. CH₃COOH.
- 9-91.** Solvenții protogenici (acizi) sunt:
A. C₂H₅OH;
B. solvenții care au proprietatea de a ceda protoni;
C. HCOOH;
D. solvenții care au proprietatea de a adăuga protoni;
E. solvenții care în aceeași măsură pot ceda și adăuga protoni.
- 9-92.** Solvenții protofilici (bazici) sunt:
A. H₂O;
B. CH₃COOH;
C. solvenții care au proprietatea de a ceda protoni;
D. solvenții care au proprietatea de a adăuga protoni;
E. NH₃ lichid.
- 9-93.** Solvenții amfoteri sunt:
A. solvenții care au proprietatea de a ceda protoni;
B. solvenții care în aceeași măsură pot ceda și adăuga protoni;
C. C₂H₅OH;
D. etilendiamină;
E. HCOOH.
- 9-94.** Potențialul de oxido-reducere în soluția care conține KMnO₄ și MnSO₄ se va mări:
A. la creșterea c(H⁺);
B. la creșterea concentrației KMnO₄;
C. la micșorarea c(H⁺);
D. la creșterea c(MnSO₄);
E. la micșorarea c(MnSO₄).
- 9-95.** Potențialul de oxido-reducere în soluția care conține KMnO₄ și MnSO₄ se va micșora:
A. la mărirea c(H⁺);
B. la micșorarea c(MnSO₄);
C. la mărirea c(MnSO₄);
D. la mărirea c(KMnO₄);
E. la mărirea pH-ului soluției.
- 9-96.** Potențialul de oxido-reducere în soluția care conține Na₃AsO₄ și Na₃AsO₃ se va mări:
A. la mărirea c(Na₃AsO₃);
-

- B. la mărirea $c(\text{H}^+)$;
- C. la micșorarea $c(\text{Na}_3\text{AsO}_3)$;
- D. la mărirea $c(\text{Na}_3\text{AsO}_4)$;
- E. la micșorarea $c(\text{H}^+)$.

9-97. Potențialul de oxido-reducere în soluția care conține Na_3AsO_4 și Na_3AsO_3 se va micșora:

- A. la adăugarea NaHCO_3 ;
- B. la micșorarea $c(\text{Na}_3\text{AsO}_4)$;
- C. la mărirea $c(\text{Na}_3\text{AsO}_4)$;
- D. la micșorarea $c(\text{Na}_3\text{AsO}_3)$;
- E. la micșorarea $c(\text{H}^+)$.

9-98. Se consideră că soluția conține ionii Cl^- , Br^- și I^- . În baza valorilor potențialelor redox standard

($E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = 0,54\text{V}$, $E^0_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} = 1,09\text{V}$, $E^0_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-} = 1,36\text{V}$, $E^0_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+}} = 1,33\text{V}$) dicromatul de potasiu în mediu acid ($\text{pH} = 0$) poate oxida ionii:

- A. Cl^- ;
- B. toți ionii;
- C. Br^- ;
- D. I^- ;
- E. nici unul nu se oxidează.

9-99. Se consideră că soluția conține ionii Fe^{2+} , Cl^- , Br^- , I^- și Mn^{2+} . În baza valorilor potențialelor redox standard

($E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = 0,54\text{V}$, $E^0_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} = 1,09\text{V}$, $E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77\text{V}$, $E^0_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,51\text{V}$, $E^0_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-} = 1,36\text{V}$)

poate oxida în mediu acid ($\text{pH} = 0$) ionii:

- A. I^- ;
- B. Br^- ;
- C. Mn^{2+} ;
- D. Cl^- ;
- E. Fe^{2+} .

9-100. Direcția reacției $2\text{I}^- + \text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}^+ \Leftrightarrow \text{I}_2 + \text{AsO}_3^{3-} + \text{H}_2\text{O}$ poate fi schimbată la adăugarea substanțelor:

- A. NaHCO_3
- B. KI ;
- C. Na_3AsO_3 ;
- D. Na_3AsO_4 ;
- E. H_2SO_4 .

- 9-101. Direcția reacției $I_2 + AsO_3^{3-} + H_2O \leftrightarrow 2I^- + AsO_4^{3-} + 2H^+$ poate fi schimbată la adăugarea substanțelor:
- NaHCO₃;
 - KI;
 - Na₃AsO₃;
 - HCl;
 - NaOH.
- 9-102. Aciditatea soluției influențează potențialul de oxido-reducere al sistemelor:
- I₂/2I⁻;
 - Cl₂/2Cl⁻;
 - Cr₂O₇²⁻/2Cr³⁺;
 - Br₂/2Br⁻;
 - AsO₄³⁻/AsO₃³⁻.
- 9-103. Mărirea pH-ului soluției micșorează potențialul redox al sistemelor:
- Cr₂O₇²⁻/2Cr³⁺;
 - I₂/2I⁻;
 - NO₃⁻/NO;
 - Br₂/2Br⁻;
 - Cl₂/2Cl⁻.
- 9-104. Potențialul de oxido-reducere în soluția care conține Fe²⁺ și Fe³⁺ se micșorează la adăugarea substanțelor:
- FeCl₃;
 - Na₂HPO₄;
 - KSCN;
 - KNO₃;
 - HNO₃.
- 9-105. Știind că $E^0_{NO_3^-/NO} = +0,96V$, $E^0_{NO_2^-/NO} = +0,99V$,
 $E^0_{Br_2/Br^-} = +1,09V$, $E^0_{Cl_2/2Cl^-} = +1,36V$ și $E^0_{H_2O_2/H_2O} = +1,77V$,
propuneți reactivii pentru oxidarea Br⁻ până la Br₂:
- HNO₃;
 - HNO₂;
 - Cl₂;
 - FeCl₃;
 - H₂O₂.
- 9-106. Știind că $E^0_{NO_3^-/NO} = +0,96V$, $E^0_{NO_2^-/NO} = +0,99V$,
 $E^0_{Br_2/Br^-} = +1,09V$, $E^0_{I_2/2I^-} = +0,54V$ și $E^0_{SO_4^{2-}/SO_3^{2-}} = +0,20V$
propuneți reactivii pentru oxidarea Fe²⁺ până la Fe³⁺:
- I₂;

- B. HNO_3 ;
- C. H_2SO_4 ;
- D. NaNO_2 ;
- E. Br_2 .

9-107. Știind că $E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = 0,54\text{V}$, $E^0_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} = 1,07\text{V}$, $E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77\text{V}$, indicați care reacții, ecuațiile cărora sunt enumerate mai jos, au loc:

- A. $\text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+} = 2\text{I}^- + 2\text{Fe}^{3+}$;
- B. $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$;
- C. $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$;
- D. $\text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{2+} = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^-$;
- E. $\text{I}_2 + 2\text{Br}^- = \text{Br}_2 + 2\text{I}^-$.

9-108. Știind că $E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77\text{V}$, $E^0_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = +1,23\text{V}$, $E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = +0,54\text{V}$ și $E^0_{\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_3^{2-}} = +0,20\text{V}$, indicați care reacții, ecuațiile cărora sunt enumerate mai jos, au loc:

- A. $\text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^-$;
- B. $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$;
- C. $2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$;
- D. $2\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$;
- E. $4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$.

9-109. Știind că $E^0_{\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-} = +0,81\text{V}$, $E^0_{\text{NO}_2^-/\text{NO}} = +0,99\text{V}$, $E^0_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = +1,23\text{V}$, $E^0_{\text{I}_2/2\text{I}^-} = +0,54\text{V}$, $E^0_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-} = +1,09\text{V}$ și $E^0_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77\text{V}$, indicați care reacții, ale căror ecuații sunt enumerate mai jos, nu au loc:

- A. $\text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{I}^-$;
- B. $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$;
- C. $\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$;
- D. $2\text{NO}_3^- + 2\text{Br}^- + 4\text{H}^+ = 2\text{NO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- E. $2\text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Br}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$.

9-110. Substanța medicamentoasă MgSO_4 se identifică utilizând reacțiile farmaceutice cu reactivii:

- A. Na_2HPO_4 ;
- B. orto-oxichinoleina;
- C. BaCl_2 ;
- D. $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$;
- E. CoCl_2 .

9-111. Substanța medicamentoasă AgNO_3 se identifică utilizând reacțiile farmaceutice cu reactivii:

- A. HCl ;

- B. CH_2O ;
C. Zn;
D. FeSO_4 ;
E. difenilamina.
- 9-112. Substanța medicamentoasă KI se identifică utilizând reacțiile farmaceutice cu reactivii:
A. AgNO_3 ;
B. apa de clor;
C. $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$;
D. $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$;
E. H_2SO_4 (diluat).
- 9-113. Substanța medicamentoasă NaNO_2 se identifică utilizând reacțiile farmaceutice cu reactivii:
A. KI;
B. H_2SO_4 ;
C. antipirina;
D. FeSO_4 ;
E. $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$.
- 9-114. Substanța medicamentoasă NaHCO_3 se identifică utilizând reacțiile farmaceutice cu reactivii:
A. $\text{Zn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_8$;
B. $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$;
C. H_2SO_4 ;
D. HCl;
E. MgSO_4 .
- 9-115. Care metode de separare a substanțelor au la bază legea de repartiție între două lichide nemiscibile?
A. metoda cromatografică cu schimb de ioni;
B. metoda cromatografică de precipitare;
C. metoda cromatografică de adsorbție;
D. metoda cromatografică de repartiție;
E. metoda de extracție.
- 9-116. În metodele chimice de separare a cationilor se aplică reacțiile:
A. de precipitare;
B. de complexare;
C. de dizolvare;
D. de hidroliză;
E. de oxido-reducere.

PARTEA a II-a

ANALIZA CANTITATIVĂ

10. GRAVIMETRIA

10.1. Esența și clasificarea metodelor de analiză gravimetrică

Analiza gravimetrică este metoda de analiză chimică cantitativă care are la bază măsurarea exactă a masei substanței de analizat sau a părților ei componente, separate în stare chimic pură sau în formă de combinații respective de o compoziție constantă și cunoscută.

Deosebim trei grupe de metode chimice de analiză gravimetrică:

1. *metode de separare*, în care componentul de dozat se separă cantitativ în stare liberă din substanță sau amestecul de analizat și se cântărește precis (la balanța analitică).
2. *metode de eliminare (distilare)*, în care componentul de dozat se elimină în formă de combinație volatilă masa căreia se determină precis.
3. *metode de precipitare*, în care substanța de dozat se precipită cantitativ în formă de combinație chimică greu solubilă și după spălare, uscare și calcinare se cântărește la balanța analitică.

10.2. Metode de analiză gravimetrică de separare și eliminare

Analiza gravimetrică de separare (a se vedea esența metodei în 10.1) se aplică pentru dozarea cenușii într-un combustibil solid, dozarea cenușii sumare într-un produs vegetal, dozarea rezidului insolubil în acid clorhidric (sau acid sulfuric) într-o substanță medicamentoasă de natură organică, etc.

Calculul părții de masă (%) a componentului A în proba de analizat se efectuează folosind formula:

$$\omega(A) = \frac{m(A) \cdot 100}{a},$$

unde: $m(A)$ – masa componentului de analizat, g; a – masa probei de substanță, în care se conține componentul A, g.

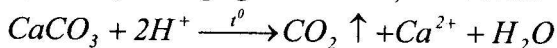
Exemplul 1: 0,5000 g de acid acetilsalicilic au fost tratate cu acid sulfuric și apoi calcinate până la masă constantă. Masa reziduuului obținut a fost egală cu 0,0045 g. Calculați partea de masă a reziduuului prin calcinare în proba de analizat.

Rezolvare:

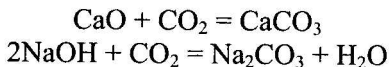
$$\omega(\text{reziduu}) = m(\text{reziduu}) \cdot 100/a = 0,0045 \cdot 100/0,5000 = 0,90\%$$

Analiza gravimetrică de eliminare (distilare) se aplică pentru dozarea componentului volatil dintr-o substanță de analizat. Separarea părții volatile a substanței de analizat se realizează prin acțiunea temperaturii ridicate, acizilor, bazelor, etc., care reacționează cu substanța de analizat, eliminând produși volatili. Se deosebesc metode gravimetrice de eliminare: directe și indirecte. În metodele directe componentul de analizat volatil se absoarbe cu un absorbant specific și după creșterea masei lui se calculează masa componentului de dozat.

Un exemplu de dozare directă a substanței volatile este dozarea CO_2 în rocile carbonatate, bazate pe dezagregarea carbonaților cu acizi:



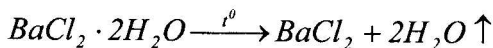
Proba de carbonat se descompune în aparate speciale, care permit să se capteze CO_2 degajat. Conținutul de CO_2 se calculează după sporirea masei tubului de absorbție, umplut cu var sodat ($\text{CaO} + \text{NaOH}$).



Formula de calcul: $\omega(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2) \cdot 100/a = (m_2 - m_1) \cdot 100/a$,

unde: a – masa probei de analizat, m_1 – masa tubului de absorbție până la captarea de CO_2 , m_2 – masa tubului de absorbție după captarea de CO_2 .

În metodele indirecte de dozare se determină masa reziduuului de substanță după eliminarea completă a componentului volatil de dozat. Masa substanței volatile de dozat se calculează din diferența de masă până și după eliminarea ei. Drept exemplu de dozare indirectă a substanței volatile poate servi dozarea apei de cristalizare într-un cristalohidrat. Schema dozării:



Formula de calcul: $\omega(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) \cdot 100/a = (a - m_1) \cdot 100/a$,

unde: a – masa probei de cristalohidrat; m_1 – masa reziduuului după eliminarea apei.

Alte exemple: determinarea umidității produselor vegetale (altor materiale și substanțe medicamentoase), determinarea pierderilor la calcinare etc.

Exemplul 2: 2,6248 g de substanță medicamentoasă (hexametil-tetramină) s-a uscat până la masă constantă. Masa rezidului a fost egală cu 2,5420 g. Calculați partea de masă a umidității în substanța de analizat.

Rezolvare:

$$\omega(H_2O) = m(H_2O) \cdot 100/a = (2,6248 - 2,5420) \cdot 100/2,6248 = 3,16\%$$

Când se analizează diferite materiale, care conțin apă higroscopică, deseori rezultatul analizei se recalculează în raport cu substanța absolut uscată. Aceasta se lămurește prin faptul că conținutul apei higroscopice variază în funcție de temperatură și umiditatea aerului. În așa caz partea de masă a oricărui component din materialul analizat de asemenea va varia.

Fie că partea de masă a componentului A în substanța de analizat este ω (A), iar partea de masă a apei higroscopice – $\omega(H_2O)$, atunci

$$\omega'(A) = \frac{\omega(A) \cdot 100}{100 - \omega(H_2O)},$$

unde: $\omega'(A)$ – partea de masă a componentului A în substanța de analizat absolut uscată.

Exemplul 3: La analiza sulfatului de sodiu tehnic s-a obținut următoarele rezultate $\omega(\%)$: Na_2SO_4 – 87,56; $NaCl$ – 1,14; H_2O – 11,30. De calculat părțile de masă a sulfatului și clorurii de sodiu în raport cu substanța de analizat uscată.

Rezolvare:

$$\omega'(Na_2SO_4) = \frac{\omega(Na_2SO_4) \cdot 100}{100 - \omega(H_2O)} = \frac{87,56 \cdot 100}{88,70} = 98,71\%$$

$$\omega'(NaCl) = \frac{\omega(NaCl) \cdot 100}{100 - \omega(H_2O)} = \frac{1,14 \cdot 100}{88,70} = 1,29\%$$

Probleme propuse

10-1. Calculați partea de masă a apei higroscopice în clorura de sodiu în baza următoarelor date experimentale: masa fiolei goale – 9,0005 g; masa fiolei cu proba de analizat până la încălzire – 9,4211 g; masa fiolei cu proba de analizat după încălzire (până la masa constantă) – 9,4143 g.

Răspuns: 1,62%.

10-2. O probă de produs vegetal cu masa 3,0000 g s-a uscat până la masa constantă. Pierderile de masă au alcătuit 0,3900 g. Calculați partea de masă a umidității produsului vegetal analizat.

Răspuns: 13,00%.

10-3. Calculați partea de masă a apei de cristalizare în clorura de bariu, în baza următoarelor date experimentale: masa fiolei cu substanța de analizat – 9,5895 g; masa fiolei fără substanță – 8,1320 g; masa fiolei cu substanța uscată – 9,3749 g.

Răspuns: 14,72%.

10-4. O probă de substanță medicamentoasă cu masa 0,6500 g s-a calcinat, s-a tratat cu acid sulfuric și iarăși s-a calcinat până la masa constantă. Masa reziduului este egală cu 0,0055 g. Calculați partea de masă a reziduului prin calcinare în substanța medicamentoasă.

Răspuns: 0,85%.

10-5. 5,0000 g de vitamină C s-a calcinat, s-a tratat cu acid sulfuric și iarăși s-a calcinat până la masa constantă. Masa reziduului este egală cu 0,0055 g. În conformitate cu Farmacopeea de Stat conținutul reziduului prin calcinarea cu acid sulfuric nu trebuie să depășească 0,10%. Corespunde vitamina C analizată acestei cerințe?

Răspuns: nu.

10-6. Partea de masă a apei higroscopice în substanța de analizat este egală cu 15,00%, iar a azotului – cu 4,25%. Care este partea de masă a azotului în substanța examinată absolut uscată?

Răspuns: 5,00%.

10-7. O probă de produs vegetal cu masa 1,5000 g s-a ars și calcinat într-un creuzet de porțelan până la masa constantă. Masa reziduului este egală cu 0,0600 g. Calculați partea de masă a cenușii sumare în raport cu produsul vegetal absolut uscat, dacă conținutul umidității alcătuia 15%.

Răspuns: 4,71%

10-8. Pentru determinarea umidității unei substanțe medicamentoase s-a luat proba cântărită cu masa 0,5436 g. După uscare masa probei constituia 0,5246 g. Să se calculeze partea de masă a apei în modelul de analizat.

Răspuns: 3,50%

10-9. În urma arderii unei substanțe organice cu masa 4,0000 g reziduul constituia 0,2000 g. Să se calculeze partea de masă a cenușii în substanța de analizat.

Răspuns: 5,00%

10-10. Calculați partea de masă a apei higroscopice în sarea de bucătărie din următoarele date: masa creuzetului gol – 5,1234 g; masa creuzetului cu proba de analizat umedă – 5,4826; masa creuzetului cu proba de analizat uscată – 5,4754 g.

Răspuns: 2,00%

10.3. Metoda de analiză gravimetrică de precipitare

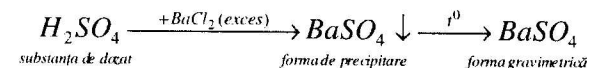
Esența metodei de analiză gravimetrică de precipitare constă în sedimentarea cantitativă a componentului de dozat din soluție în formă de compus greu solubil (numit și *forma de precipitare*), care, după filtrare și spălare, se usucă ori se calcinează până atinge o masă constantă și se cântărește precis. În rezultatul uscării sau calcinării se obține o substanță cu compoziția cunoscută care se numește *formă de cântărire* sau *formă gravimetrică*.

Masa componentului de dozat A se calculează din formula:

$$m(A) = m(B) \cdot F,$$

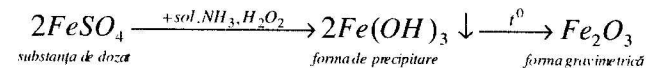
unde: $m(A)$ – masa componentului de dozat, g;
 $m(B)$ – masa precipitatului uscat (masa formei gravimetrice), g;
 F – factorul gravimetric, care se calculează din raportul masei moleculare a componentului ce trebuie determinat către masa moleculară a formei gravimetrice, ținând cont de coeficienții stoechiometrici.

Schema dozării acidului sulfuric în rezultatul sedimentării cu $BaCl_2$ în formă de $BaSO_4$:



$$m(H_2SO_4) = m(BaSO_4) \cdot F = m(BaSO_4) \cdot \frac{M(H_2SO_4)}{M(BaSO_4)}$$

Schema dozării $FeSO_4$ în rezultatul sedimentării în formă de $Fe(OH)_3$:



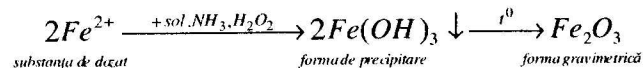
În acest caz pentru calcularea factorului gravimetric trebuie de ținut cont că

1 mol Fe_2O_3 se obține din 2 moli $FeSO_4$:

$$m(FeSO_4) = m(Fe_2O_3) \cdot F = m(Fe_2O_3) \cdot \frac{2M(FeSO_4)}{M(Fe_2O_3)}$$

Probleme rezolvate

Exemplul 1: O probă de substanță tehnică de sare Mohr cu masa 0,5012 g s-a tratat cu apă amoniacală în prezența peroxidului de hidrogen, Fe bivalent s-a oxidat în Fe(III) și s-a obținut precipitatul $Fe(OH)_3$. La calcinare s-a obținut forma gravimetrică Fe_2O_3 cu masa 0,0968 g. Să se calculeze partea de masă (%) a fierului în proba de analizat de sare Mohr.

Rezolvare:

$$m(Fe) = m(Fe_2O_3) \cdot F = m(Fe_2O_3) \cdot \frac{2M(Fe)}{M(Fe_2O_3)}$$

$$\omega(Fe) = \frac{m(Fe) \cdot 100}{a} = m(Fe_2O_3) \cdot \frac{2M(Fe)}{M(Fe_2O_3)} \cdot \frac{100}{a} =$$

$$= 0,0968 \cdot \frac{2 \cdot 55,85}{159,69} \cdot \frac{100}{0,5012} = 13,51\%$$

unde: a – masa probei de analizat.

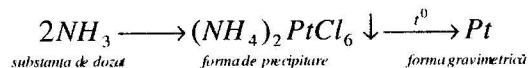
Exemplul 2: Să se calculeze masa magneziului în soluția de analizat, dacă se știe, că ionii de magneziu au fost sedimentați în forma de $MgNH_4PO_4$ și la calcinare s-a obținut $0,3815 \text{ g } Mg_2P_2O_7$.

Rezolvare:

$$m(Mg) = m(Mg_2P_2O_7) \cdot F = m(Mg_2P_2O_7) \cdot \frac{2M(Mg)}{M(Mg_2P_2O_7)} =$$

$$= 0,3815 \cdot \frac{24,3 \cdot 2}{222,6} = 0,08329 \text{ g}$$

Exemplul 3: Să se calculeze factorul gravimetric la dozarea NH_3 , dacă după sedimentarea lui în formă de $(NH_4)_2PtCl_6$ s-a obținut forma gravimetrică Pt.

Rezolvare:

Din această schemă este evident că 1 mol Pt se obține dintr-un mol $(NH_4)_2PtCl_6$, pentru formarea căruia se consumă 2 moli NH_3 , deci factorul gravimetric se va calcula din relația:

$$F = \frac{2M(NH_3)}{M(Pt)} = \frac{2 \cdot 17,03}{195,09} = 0,1746$$

Exemplul 4: Din proba unei substanțe organice cu masa 2,6248 g, după tratarea corespunzătoare, s-au obținut 0,3248 g $BaSO_4$. Să se calculeze partea de masă (%) a sulfului în proba de analizat. Recalculați partea de masă (%) la substanța uscată, dacă conținutul de apă în probă e de 2,58%.

Rezolvare:

$$\omega(S) = \frac{m(S) \cdot 100}{a}, \text{ unde: } a - \text{ masa probei de analizat;}$$

$$m(S) = m(BaSO_4) \cdot F = m(BaSO_4) \cdot \frac{M(S)}{M(BaSO_4)}$$

$$\omega(S) = \frac{m(S) \cdot 100}{2,6248} = m(BaSO_4) \cdot \frac{M(S)}{M(BaSO_4)} \cdot \frac{100}{2,6248} =$$

$$= 0,3248 \cdot \frac{32,06}{233,39} \cdot \frac{100}{2,6248} = 1,70\% -$$

partea de masă a sulfului în proba de analizat.

Știind $\omega(S)$ și $\omega(H_2O)$, vom determina partea de masă a sulfului în substanța uscată din relația:

$$\omega'(S) = \frac{\omega(S) \cdot 100}{100 - \omega(H_2O)} = \frac{1,70 \cdot 100}{100 - 2,58} = 1,75\%$$

Exemplul 5: Ce volum de soluție $AgNO_3$ de 2% este necesar pentru sedimentarea clorului din proba $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ cu masa de 0,4382 g?

Rezolvare:

Calculule se fac aproximativ, de aceea cifrele folosite se rotunjesc.

Scriem legea echivalenților și calculăm $m(AgNO_3)$:

$$n(AgNO_3) = n(\frac{1}{2} CaCl_2 \cdot 6H_2O)$$

$$\frac{m(AgNO_3)}{M(AgNO_3)} = \frac{m(CaCl_2 \cdot 6H_2O)}{M(\frac{1}{2} CaCl_2 \cdot 6H_2O)}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = \frac{m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{AgNO}_3)}{M(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,44 \cdot 170}{110} \approx 0,68 \text{ g}$$

Calculăm masa soluției de AgNO_3 de 2%, în care se va conține 0,68 g AgNO_3 :

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{m(\text{AgNO}_3)}{m(\text{sol. AgNO}_3)} \cdot 100$$

$$m(\text{sol. AgNO}_3) = \frac{m(\text{AgNO}_3) \cdot 100}{\omega(\text{AgNO}_3)} = \frac{0,68 \cdot 100}{2} = 34 \text{ g}$$

Volumul soluției AgNO_3 se calculează din relația: $\rho_{\text{sol.}} = \frac{m(\text{sol.})}{V(\text{sol.})}$.

Dar deoarece $\rho \approx 1 \text{ g/ml}$, atunci $V(\text{sol. AgNO}_3) \approx 34 \text{ ml}$, (fără excesul necesar) și $\approx 51 \text{ ml}$ (cu un exces de 1,5 ori).

Exemplul 6: Calculați volumul soluției 1 molară de H_2SO_4 necesare pentru precipitarea ionilor de bariu, dacă masa probei de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ este de 0,25 g.

Rezolvare:

Calculăm masa de acid sulfuric anhidru necesar pentru precipitare:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$$

$$\frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}$$

$$\frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{98} = \frac{0,25}{244}; \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,25 \cdot \frac{98}{244} \approx 0,1 \text{ g}$$

Calculăm volumul soluției 1 molare de H_2SO_4 , ce conține 0,1g acid sulfuric din relația:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{sol. H}_2\text{SO}_4)}$$

$$V(\text{sol. H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{0,1}{1 \cdot 98} \approx 0,001 \text{ l} \approx 1 \text{ ml}$$

Concluzie: Pentru precipitare se folosesc $\sim 1,5 \text{ ml}$ de soluție 1 molară de H_2SO_4 (luăm în considerare excesul necesar).

Exemplul 7: Să se calculeze masa probei de analizat $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, care trebuie de luat la analiza gravimetrică a clorurii de bariu, dacă se știe că forma gravimetrică obținută e BaSO_4 .

Rezolvare:

Din practica de muncă s-a constatat că pentru macroanalize e mai comod de lucrat cu precipitate cristaline cu masa $\approx 0,2-0,3 \text{ g}$ și amorfă $\approx 0,1-0,2 \text{ g}$.

În baza ecuației reacției chimice, 1 mol de BaCl_2 corespunde 1 mol de precipitat cristalin BaSO_4 .

Deci putem scrie:

$$n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n(\text{BaSO}_4)$$

$$\frac{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} = \frac{m(\text{BaSO}_4)}{M(\text{BaSO}_4)}$$

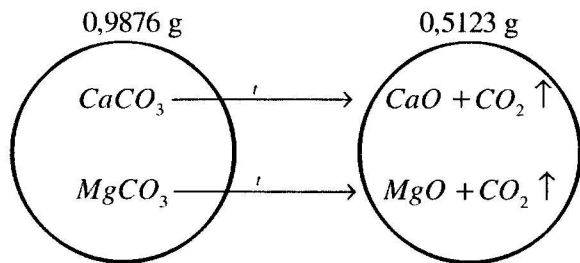
$$\frac{m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{244} = \frac{0,2}{233}$$

$$m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \cdot \frac{244}{233} \approx 0,21 \text{ g}$$

Exemplul 8: În urma calcinării amestecului de CaCO_3 și MgCO_3 cu masa 0,9876 g s-au obținut 0,5123 g de amestec CaO și MgO . Să se calculeze părțile de masă (%) ale componentilor în amestecul inițial.

Rezolvare:

În acest caz rezolvarea se face pe cale algebrică. La calcinare au loc procesele:



$$x = m(\text{CaCO}_3), \text{ atunci } (0,9876 - x) = m(\text{MgCO}_3);$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaO})$$

$$\frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{m(\text{CaO})}{M(\text{CaO})}; \quad \frac{x}{100,09} = \frac{m(\text{CaO})}{56,08};$$

$$m(\text{CaO}) = \frac{56,08x}{100,09} = 0,5603x; \quad n(\text{MgCO}_3) = n(\text{MgO});$$

$$\frac{m(\text{MgCO}_3)}{M(\text{MgCO}_3)} = \frac{m(\text{MgO})}{M(\text{MgO})}; \quad \frac{0,9876 - x}{84,32} = \frac{m(\text{MgO})}{40,31};$$

$$m(\text{MgO}) = \frac{40,31(0,9876 - x)}{84,32}; \quad m(\text{CaO}) + m(\text{MgO}) = 0,5123;$$

$$0,5603x + \frac{40,31(0,9876 - x)}{84,32} = 0,5123;$$

$$x = 0,4888 = m(\text{CaCO}_3); \quad m(\text{MgCO}_3) = 0,9876 - 0,4888 = 0,4988 \text{ g}$$

$$\omega(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot 100}{m(\text{amest.})} = \frac{0,4888 \cdot 100}{0,9876} = 49,49\%$$

$$\omega(\text{MgCO}_3) = \frac{m(\text{MgCO}_3) \cdot 100}{m(\text{amest.})} = \frac{0,4988 \cdot 100}{0,9876} = 50,51\%$$

Probleme propuse

10-11. Ce masă de substanță care conține circa 20% NaCl și 30% KCl se cere a fi luată pentru a obține 0,5 g AgCl?

Răspuns: 0,47 g.

10-12. Ce volum de soluție HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1$ moli/l se cere pentru precipitarea argintului din proba de analizat de azotat de argint cu masa 0,6 g?

Răspuns: ~ 53 ml

(cu un exces de 1,5 ori)

10-13. Să se calculeze partea de masă (%) a $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ în mostră de calaican tehnic, dacă din proba de 0,3314 g în urma analizei s-a obținut 0,2680 g BaSO_4 .

Răspuns: 96,32%

10-14. O probă de alaun de potasiu și aluminiu $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ cu masa 2,671 g s-a dizolvat în 200,00 ml apă și din 20,00 ml soluție s-au obținut 0,2680 g BaSO_4 . Să se calculeze partea de masă (%) a aluminiului în proba de alaun.

Răspuns: 5,80%

10-15. Să se calculeze partea de masă (%) a Co într-un preparat farmaceutic, dacă dintr-o mostră cu masa 0,2100 g, după sedimentarea cobaltului cu α -nitrozo- β -naftol, s-a obținut sediment calcinat Co_3O_4 cu masa 0,1012 g.

Răspuns: 35,38%

10-16. Din proba de carnalit cu masa 0,5000 g, după dizolvarea, sedimentarea sub formă de K_2PtCl_6 și reducerea platinei, s-au obținut 0,1308 g Pt. Să se calculeze partea de masă (%) a KCl în carnalit.

Răspuns: 19,99%

10-17. Să se calculeze partea de masă (%) ale Na_2SO_4 și NaCl în sulfatul de sodiu tehnic, dacă dintr-o probă cu masa 0,3500 g s-au obținut 0,5032 g BaSO_4 și 0,0131 g AgCl. Recalculați conținutul Na_2SO_4 și NaCl în substanță uscată, dacă umiditatea produsului e de 10,98%.

Răspuns: 87,50%; 1,53%;

98,29%; 1,71%.

10-18. O probă a unui compus organic cu masa 0,4004 g s-a calcinat și cenușa a fost dizolvată într-un balon cotat cu capacitatea 200,00 ml. Din 20,00 ml de soluție s-au obținut 0,1982 g $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3$. Să se calculeze partea de masă (%) a P în substanța analizată.

Răspuns: 8,17%

10-19. Pentru dozarea acidului salicilic proba unui preparat farmaceutic cu masa 0,2101 g a fost trecut în soluție de Na_2CO_3 , s-a adăugat iod și s-a obținut 0,5175 g de tetraiodfenilenchinonă $(\text{C}_6\text{H}_2\text{I}_2\text{O})_2$. Să se calculeze partea de masă (%) a acidului salicilic $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$ în preparat.

Răspuns: 98,34%

10-20. Dintr-o probă de sulfat de zinc tehnic cu masa 1,135 g s-au obținut: 0,5298 g $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ și 0,9052 g BaSO_4 . Să se calculeze părțile de masă (%) ZnSO_4 și K_2SO_4 în produsul tehnic.

Răspuns: 49,46%; 6,16%.

10-21. Din proba de amestec NaCl și KCl cu masa 0,1225 g s-au obținut 0,2850 g AgCl . Să se calculeze părțile de masă (%) ale NaCl și KCl în amestec.

Răspuns: 76,26%; 23,74%.

10-22. Din proba amestecului Na_2SO_4 și K_2SO_4 cu masa 0,0750 g s-au obținut 0,1120 g BaSO_4 . Să se calculeze părțile de masă (%) ale Na_2SO_4 și K_2SO_4 în amestec inițial.

Răspuns: 50,68%; 49,32%.

10-23. În urma calcinării probei ce conține amestec de K_2CO_3 și KHCO_3 cu masa 1,712 g s-au obținut 0,5512 g CO_2 . Să se calculeze părțile de masă (%) ale K_2CO_3 și KHCO_3 în proba analizată.

Răspuns: 97,15%; 2,85%.

10-24. Cristalohidratul $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ conține impurități $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Din 0,2812 g de preparat s-au obținut 0,1242 g $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Să se calculeze părțile de masă (%) ale componentelor în preparat.

Răspuns: 93,22%; 6,78%.

10-25. Din 25,00 ml soluție de sulfat de cupru s-a obținut precipitat CuSCN cu masa 0,2144 g. Să se calculeze concentrația de masă (g/l) a ionilor de $\text{Cu}(\text{II})$ în soluția inițială de CuSO_4 .

Răspuns: 4,480 g/l

10-26. O cantitate de 0,2864 g amestec de KCl și NaCl s-a dizolvat în apă și s-a adăugat soluție alcoolică de HClO_4 . Să se calculeze partea de masă (%) a clorurii de potasiu în amestec, dacă masa precipitatului KClO_4 constituie 0,2642 g.

Răspuns: 49,62%

10-27. Dintr-o probă de clorură de sodiu tehnică cu masa 0,3000 g s-a obținut 0,6280 g precipitat uscat de AgCl . Să se calculeze partea de masă (%) a NaCl în proba de analizat uscată, dacă umiditatea probei inițiale e de 3,58%.

Răspuns: 88,54%

10-28. Calculați masa de H_2SO_4 dintr-un l de soluție de acid sulfuric, dacă se știe că la acțiunea asupra a 50,00 ml din această soluție cu clorură de bariu s-a obținut BaSO_4 cu masa de 0,2126 g.

Răspuns: 1,7868 g.

10-29. Care este partea de masă (în %) a lui $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ în substanța tehnică de sulfat de magneziu, dacă din proba cu masa de 0,4285 g de această substanță tehnică s-a obținut $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ cu masa de 0,1920 g.

Răspuns: 99,24%

10-30. Care este masa probei de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ce trebuie luată pentru a doza fierul în formă de cântărire Fe_2O_3 , considerând masa optimă a acestuia egală cu 0,2 g?

Răspuns: ~ 0,7 g.

10-31. Care este volumul de soluție de oxalat de amoniu cu concentrația $c((\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,25$ moli/l necesar pentru precipitarea completă a ionilor de calciu, obținuți la dizolvarea carbonatului de calciu cu masa de 0,7 g?

Răspuns: ~ 42 ml (cu un exces de 1,5 ori).

10-32. Determinați partea de masă (în %) a aluminiului în alaunul $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, dacă din proba cu masa de 0,9000 g s-a obținut la transformările respective Al_2O_3 cu masa de 0,0967 g.

Răspuns: 5,69%

10-33. Din proba unui alaun de potasiu și aluminiu cu masa de 0,2690 g, după transformările corespunzătoare, s-a obținut $BaSO_4$ cu masa egală cu 0,2584 g. Calculați partea de masă (în %) a sulfatului de potasiu și aluminiu $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ în proba de analizat de alaun.

Răspuns: 97,62%

10-34. După transformările corespunzătoare a unei probe de analizat cu masa de 0,2415 g, care conține $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ și impurități indifferente, s-a obținut $BaSO_4$ cu masa de 0,1362 g și $Mg_2P_2O_7$ cu masa egală cu 0,1129 g. Calculați partea de masă (în %) a ambilor componenți în proba amestecului de analizat.

Răspuns: 59,56%; 36,27%.

10-35. Din 0,5210 g amestec de $CaCO_3$, $MgCO_3$ și impurități indifferente, după dizolvare, precipitățile respective și calcinare s-a obținut 0,2218 g CaO și 0,0146 g $Mg_2P_2O_7$. Să se calculeze părțile de masă (%) ale $CaCO_3$ și $MgCO_3$ în amestecul analizat.

Răspuns: $\omega(CaCO_3) = 75,98\%$;

$\omega(MgCO_3) = 2,12\%$.

11. TITRIMETRIA (VOLUMETRIA)

11.1 Esența și clasificarea metodelor de analiză titrimetrică

Analiza volumetrică (titrimetria) este metoda de analiză cantitativă în care se măsoară volumul de soluție de reactiv cu concentrația exact cunoscută necesară transformării totale a unei substanțe într-o altă substanță, conform unei ecuații chimice bine definite și cunoscute: $A + B = AB$, în care A reprezintă substanța de dozat, iar B – substanța reactiv cu care se dozează substanța A.

În analiza volumetrică se adaugă treptat soluția de reactiv, măsurată exact cu o biuretă, până când se ajunge la punctul de echivalență, deci până când reacția devine totală. Această operație se numește *titrare*, de unde și numele de *titrimetrie*. Volumul de soluție - reactiv B consumat în reacția cu substanța de analizat A se numește volum de echivalență. În funcție de volumul de echivalență și de concentrația soluției de reactiv, prin calcul stoechiometric, se determină conținutul în substanța de analizat.

În funcție de tipul reacției folosite, deosebim metode volumetrice:

- ✓ Volumetria prin reacții acido-bazice;
- ✓ Volumetria prin reacții de oxido-reducere (redoximetria);
- ✓ Volumetria prin reacții de precipitare;
- ✓ Volumetria prin reacții de complexare (complexometria).

După modalitatea de executare a titrărilor, deosebim:

a) *metode directe de titrare*, în care soluția de reactiv B cu concentrația exact cunoscută (soluția titrată de lucru; titrantul) se adaugă la soluția ce conține substanța de dozat A până la punctul de echivalență:



$n(\frac{V}{z_A} A) = n(\frac{V}{z_B} B)$ – legea echivalențelor, care stă la baza calculelor.

b) *metode indirecte de titrare (metode de substituție)*, în care substanța de dozat A se face să reacționeze cu o substanță-reactiv R, luat în exces, iar produsul de reacție se titrează cu soluția titrată de reactiv B:

$$A + R(\text{exces}) = P; n(\frac{1}{z_A} A) = n(\frac{1}{z_P} P)$$

$$P + B = BP; n(\frac{1}{z_P} P) = n(\frac{1}{z_B} B)$$

$n(\frac{1}{z_A} A) = n(\frac{1}{z_B} B)$ – legea echivalenților, pentru acest proces sumar.

Deci legea echivalenților în acest caz are același aspect ca și la titrarea directă, în pofida faptului că substanța A nu reacționează direct cu substanța B.

c) *metode de titrare prin diferență (titrarea după rest)*, în care substanța de dozat A se tratează cu un volum determinat de soluție titrată B, luat în exces, după care se titrează restul de soluție titrată B cu o altă soluție titrată D:

$$A + B (\text{exces, cantitate cunoscută}) = AB + B (\text{rest})$$

$$B (\text{rest}) + D = BD$$

$$n(\frac{1}{z_A} A) = n(\frac{1}{z_B} B) - n(\frac{1}{z_D} D) \text{ – legea echivalenților.}$$

Pornind de la modalitatea de titrare a probei de analizat, deosebim:

- ✓ *metoda probelor separate, în care se titrează proba de analizat în întregime;*
- ✓ *metoda de pipetare, în care proba de analizat se transferă cantitativ într-un balon cotate, se dizolvă, se diluează până la semn și se agită, apoi se titrează o parte alicotă a soluției obținute, luată cu pipeta.*

11.2. Calculele în analiza titrimetrică

11.2.1 Însemnări

- A – substanța de analizat (sau orice substanță);
- B – substanța ce se conține în soluția titrată (titrantul);
- $V_p(A)$ – volumul părții alicote de soluție a substanței de analizat, l;
- $V(B)$ – volumul titrantului (soluției titrate), ce se consumă la titrarea substanței de analizat sau părții alicote a ei, l;

- $V_b(A)$ – volumul soluției de analizat (balonului cotate în care se găsește substanța de analizat), l;
- V' – volumul soluției corespunzătoare, ml;
- $n(A)$ – cantitatea de substanță A, mol;
- $n(\frac{1}{z} A)$ – cantitatea de substanță a echivalentului substanței A, mol;
- $\omega(A)$ – partea de masă a substanței de dozat A în modelul de analizat (sau într-o soluție), %;
- $c(A)$ – concentrația molară a soluției substanței A, mol/l;
- $c(\frac{1}{z} A)$ – concentrația molară a echivalentului soluției substanței A, mol/l;
- $M(A)$ – masa molară a substanței A, g/mol;
- $M(\frac{1}{z} A)$ – masa molară a echivalentului substanței A, g/mol;
- $m(A)$ – masa substanței A, g;
- $\frac{1}{z}$ – factorul de echivalență, calculat pentru substanța dată și reacția concretă;
- z – numărul de echivalență;
- $T(A)$ – concentrația de masă numită titru (masa substanței A ce se conține într-un ml de soluție), g/ml;
- $T'(A)$ – concentrația de masă exprimată în g/100 ml (masa substanței A ce se conține în 100 ml de soluție);
- ρ – densitatea soluției (masa unei unități de volum de soluție), g/cm³ ori g/ml;
- $T(B/A)$ – titrul soluției titrate B în raport cu substanța de dozat A (masa substanței de dozat A care reacționează sau este echivalentă cu 1 ml soluție titrată B), g/ml;
- F – factorul de concentrație (sau K – coeficientul de corecție) – raportul dintre concentrația practică (reală) și cea teoretică (aproximativă);
- a – masa probei modelului de analizat (sau masa probei de soluție ce se analizează), g.

11.2.2 Modurile numerice de exprimare a compoziției soluțiilor și raporturile dintre ele

$$\omega(A) = \frac{m(A) \cdot 100}{a} = \frac{m(A) \cdot 100}{m(sol.A)} \quad (11.1)$$

$$\rho = \frac{a(sol.A)}{V'(sol.A)} = \frac{m(sol.A)}{V'(sol.A)} \quad (11.2)$$

$$\omega(A) = \frac{m(A) \cdot 100}{\rho \cdot V'(sol.A)} \quad (11.3)$$

$$c(A) = \frac{n(A)}{V(A)} = \frac{m(A)}{M(A) \cdot V(A)} = \frac{m(A) \cdot 1000}{M(A) \cdot V'(A)} = \frac{\omega(A) \cdot 10 \cdot \rho}{M(A)} \quad (11.4)$$

$$c(\frac{1}{z}A) = \frac{n(\frac{1}{z}A)}{V(A)} = \frac{m(A)}{M(\frac{1}{z}A) \cdot V(A)} = \frac{m(A) \cdot 1000}{M(\frac{1}{z}A) \cdot V'(A)} = \frac{\omega(A) \cdot 10 \cdot \rho}{M(\frac{1}{z}A)} \quad (11.5)$$

$$T(A) = \frac{m(A)}{V'(A)} = \frac{c(A) \cdot M(A)}{1000} = \frac{c(\frac{1}{z}A) \cdot M(\frac{1}{z}A)}{1000} = \frac{\omega(A) \cdot \rho}{100} \quad (11.6)$$

$$T'(A) = \frac{m(A) \cdot 100}{V'(A)} = T(A) \cdot 100 = \frac{c(\frac{1}{z}A) \cdot M(\frac{1}{z}A)}{10} = \omega(A) \cdot \rho \quad (11.7)$$

$$T(B/A) = \frac{m(A)}{V'(B)} = \frac{c(\frac{1}{z_B}B) \cdot M(\frac{1}{z_A}A)}{1000} = T(B) \frac{M(\frac{1}{z_A}A)}{M(\frac{1}{z_B}B)} \quad (11.8)$$

$$c(\frac{1}{z}A) = \frac{c(A) \cdot M(A)}{M(\frac{1}{z}A)} = z \cdot c(A) \quad (11.9)$$

$$K = F = \frac{c(\text{practică})}{c(\text{teoretică})} = \frac{c_{pr.}(A)}{c_{teor.}(A)} = \frac{c_{pr.}(\frac{1}{z}A)}{c_{teor.}(\frac{1}{z}A)} = \frac{T_{pr.}(A)}{T_{teor.}(A)} = \frac{T_{pr.}(B/A)}{T_{teor.}(B/A)} \quad (11.10)$$

11.2.3. Formulele de calcul ale cantității de substanță A și cantității de substanță a echivalentului substanței A

$$n(A) = \frac{m(A)}{M(A)} = c(A) \cdot V(sol.A) = c(A) \cdot V'(sol.A) \cdot 10^{-3} = \quad (11.11)$$

$$\frac{T(A) \cdot V'(sol.A)}{M(A)}$$

$$n(\frac{1}{z}A) = \frac{m(A)}{M(\frac{1}{z}A)} = c(\frac{1}{z}A) \cdot V(sol.A) = c(\frac{1}{z}A) \cdot V'(sol.A) \cdot 10^{-3} = \quad (11.12)$$

$$\frac{T(A) \cdot V'(sol.A)}{M(\frac{1}{z}A)}$$

Toate calculele în analiza titrimetrică se fac în baza legii echivalențelor. Deci pentru deducerea formulelor de calcul, în primul rând, se scrie legea echivalențelor, apoi se exprimă cantitatea de substanță a echivalentului substanței date, sau cantitatea de substanță (dacă formula echivalentului coincide cu formula moleculară a substanței date) prin unul din variantele indicate în relațiile (11.11) și (11.12).

11.2.4 Calculele la prepararea soluțiilor

a) Formulele de calcul al masei substanței solide A necesare pentru prepararea unei soluții cu volumul și concentrația cunoscute.

Din relațiile 11.3 – 11.6 (compartimentul 11.2.2) obținem:

$$m(A) = \frac{\omega(A) \cdot \rho(sol.A) \cdot V'(sol.A)}{100} = c(A) \cdot V(sol.A) \cdot M(A) = c(A) \cdot V'(sol.A) \cdot 10^{-3} \cdot M(A) = c(\frac{1}{z}A) \cdot V(sol.A) \cdot M(\frac{1}{z}A) = c(\frac{1}{z}A) \cdot V'(sol.A) \cdot 10^{-3} \cdot M(\frac{1}{z}A) = T(A) \cdot V'(sol.A) \quad (11.13)$$

Exemplul 1. Să se calculeze masa de Na_2CO_3 necesară pentru prepararea a 500 ml soluție 0,1 molară de carbonat de sodiu.

Rezolvare:

Exprimăm cantitatea de substanță a carbonatului de sodiu prin m , M , c și V (a se vedea relația 11.11).

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{sol. Na}_2\text{CO}_3),$$

de unde obținem formula de calcul al $m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ (a se vedea relația 11.13).

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{sol. Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \cdot 500 \cdot 10^{-3} \cdot 106 = 5,3 \text{ g}$$

Aceleași formule (relația 11.13) se aplică și la calcularea concentrației unei soluții, dacă se știe masa substanței dizolvate și volumul soluției.

Exemplul 2. O cantitate de 0,5300 g Na_2CO_3 s-a trecut cantitativ într-un balon cotat de 50 ml, s-a dizolvat în apă distilată, s-a completat cu apă până la semn și s-a agitat. Să se calculeze concentrația molară a echivalentului soluției preparate de carbonat de sodiu.

Rezolvare:

În mod analog (ca și în exemplul 1) scriem:

$$n(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3)} = c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{sol. Na}_2\text{CO}_3),$$

de unde și calculăm concentrația molară a echivalentului carbonatului de sodiu:

$$c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{sol. Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{0,5300}{53 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 2,0000 \text{ moli/l}$$

Exemplul 3. Să se calculeze concentrația molară a echivalentului acidului oxalic, $\text{T}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ și titrul acidului oxalic în raport cu NaOH pentru soluția obținută prin dizolvarea a 3,1220 g $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ într-un balon cotat de 250 ml.

Rezolvare:

$$n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{M(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} = c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot V(\text{sol. H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$$

$$c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{M(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{sol. H}_2\text{C}_2\text{O}_4)} = \frac{3,1220}{\frac{126,07}{2} \cdot 250 \cdot 10^{-3}} = \frac{3,1220}{63,035 \cdot 0,250} = 0,1981 \text{ moli/l}$$

Pentru calcularea $\text{T}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ scriem relația dintre titrul soluției și concentrația molară a echivalentului soluției de acid oxalic (a se vedea relația 11.6 din compartimentul 11.2.2.):

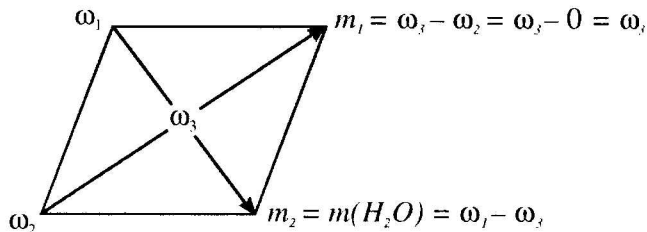
$$\text{T}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = \frac{c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot M(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)}{1000} = \frac{0,1981 \cdot 45,018}{1000} = 0,008918 \text{ g/ml}$$

Titrul acidului oxalic în raport cu NaOH se calculează din relația 11.8 (a se vedea compartimentul 11.2.2.):

$$\text{T}(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 / \text{NaOH}) = \frac{c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \cdot M(\text{NaOH})}{1000} = \frac{0,1981 \cdot 40}{1000} = 0,007924 \text{ g/ml}$$

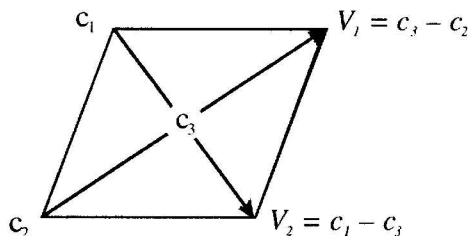
b) Calculele la prepararea unei soluții a unei substanțe prin diluarea altei soluții mai concentrate a aceleiași substanțe.

Problemele de acest tip se pot rezolva, aplicând regula dreptunghiului. Fie că amestecăm o soluție a substanței A cu partea de masă $\omega_1(A)$ cu apă (se consideră soluția A cu $\omega_2(A) = 0$) și obținem altă soluție cu o parte de masă intermediară $\omega_3(A)$. Scriem în partea stânga a dreptunghiului valorile $\omega_1(A)$ și $\omega_2(A)$, iar în centrul lui $\omega_3(A)$. În partea dreaptă a dreptunghiului scriem valorile maselor ce se obțin la scăderea părților de masă după diagonală (din valorile mai mari scădem cele mai mici).



unde: m_1 și m_2 sunt masele soluțiilor (cu părțile de masă ω_1 și respectiv ω_2) ce se amestecă pentru a obține soluția cu ω_3 și masa $m_1 + m_2$.

În mod analog se aplică regula dreptunghiului când se amestecă două soluții a unei și aceleiași substanțe cu diferite valori ale concentrației molare (molare a echivalentului sau titrului):



unde: V_1 și V_2 sunt volumele soluțiilor ce se amestecă pentru a obține soluția cu concentrația c_3 și volumul ($V_1 + V_2$). Dacă $c_1 > c_2$, atunci $c_3 > c_2$ și $V_1 = c_3 - c_2$, $V_2 = c_1 - c_3$. În cazul când prima soluție se amestecă cu apă (se diluează) $c_2 = 0$.

Exemplul 4. Să se calculeze volumul de acid clorhidric concentrat cu $\omega_1(\text{HCl}) = 38\%$ și densitatea $1,19 \text{ g/ml}$ (g/cm^3) necesar pentru prepararea a 500 ml soluție $0,1$ molară de acid clorhidric.

Rezolvare

Varianta I. Calculăm masa clorurii de hidrogen ce se conține în 500 ml soluție cu $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/l}$.

$$\frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl});$$

$$m(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 0,1 \cdot 500 \cdot 10^{-3} \cdot 36,5 = 1,825 \text{ g}$$

Din relația 11.1 (a se vedea compartimentul 11.2.2) calculăm masa soluției concentrate de HCl care conține $1,825 \text{ g HCl}$.

$$\omega(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl}) \cdot 100}{m(\text{sol.HCl})}; \quad m(\text{sol.HCl}) = \frac{m(\text{HCl}) \cdot 100}{\omega(\text{HCl})} = \frac{1,825 \cdot 100}{38} = 4,80 \text{ g}$$

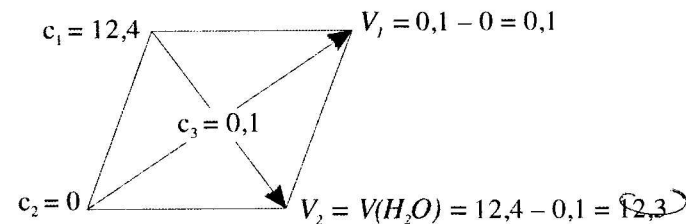
Cunoscând densitatea soluției de acid clorhidric concentrat, calculăm volumul ei (a se vedea relația 11.2, compartimentul 11.2.2):

$$\rho = \frac{m(\text{sol.HCl})}{V(\text{sol.HCl})}; \quad V(\text{sol.HCl}) = \frac{m(\text{sol.HCl})}{\rho(\text{sol.HCl})} = \frac{4,80}{1,19} = 4,04 \text{ ml}$$

Varianta II. Calculăm concentrația molară a soluției HCl cu $\omega_1(\text{HCl}) = 38\%$ (a se vedea relația 11.4 din compartimentul 11.2.2):

$$c(\text{HCl}) = \frac{\omega(\text{HCl}) \cdot 10 \cdot \rho(\text{sol.HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{38 \cdot 10 \cdot 1,19}{36,5} \approx 12,4 \text{ mol/l}$$

Alcătuim schema grafică în conformitate cu regula dreptunghiului:



$$\text{Deci } \frac{V_1}{V_2} = \frac{0,1}{12,3}; \quad \text{și } V_3 = V_1 + V_2 = 0,1 + 12,3 = 12,4 \text{ ml}$$

unde: V_1 – volumul soluției cu concentrația $12,4 \text{ mol/l}$; V_2 – volumul apei; V_3 – volumul soluției cu concentrația $0,1 \text{ mol/l}$.

Calculăm volumul soluției concentrate de HCl ($c(\text{HCl}) = 12,4 \text{ mol/l}$) necesar pentru prepararea a 500 ml de soluție $0,1$ molară HCl.

Deoarece volumele soluțiilor sunt invers proporționale cu concentrațiile lor, atunci scriem:

$$\frac{V_1(\text{sol.HCl})_{\text{conc.}}}{V_3(\text{sol.HCl})_{\text{dil.}}} = \frac{c(\text{HCl})_{\text{dil.}}}{c(\text{HCl})_{\text{conc.}}} \text{ și } \frac{x}{500} = \frac{0,1}{12,4}$$

$$x = \frac{500 \cdot 0,1}{12,4} = 4,04 \text{ ml} - \text{volumul sol. concentrate de HCl necesar}$$

pentru prepararea a 500 ml sol. $0,1$ molară de HCl.

Varianta III. Calculăm concentrația molară a soluției concentrate de HCl și o notăm prin c_1 :

$$c_1(\text{HCl}) = \frac{\omega(\text{HCl}) \cdot 10 \cdot \rho(\text{sol.HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{38 \cdot 10 \cdot 1,19}{36,5} \approx 12,4 \text{ mol/l}$$

Scriem relația pentru cantitatea de substanță HCl în soluția concentrată de acid (n_1) și în soluția 0,1 molară de HCl (n_2).

$$n_1(\text{HCl}) = c_1(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{sol.HCl}); \quad n_2(\text{HCl}) = c_2(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{sol.HCl});$$

Întrucât la prepararea soluției 0,1 molare de HCl, un anumit volum de soluție concentrată HCl se diluează cu apă, atunci $n_1(\text{HCl}) = n_2(\text{HCl})$ și $c_1(\text{HCl}) \cdot V_1(\text{sol.HCl}) = c_2(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{sol.HCl})$;

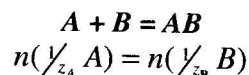
$$12,4 \cdot x = 0,1 \cdot 500; \quad x = \frac{500 \cdot 0,1}{12,4} = 4,04 \text{ ml} - \text{volumul soluției de acid}$$

clorhidric cu $\omega(\text{HCl}) = 38\%$ și $\rho(\text{sol.HCl}) = 1,19 \text{ g/ml}$ necesar pentru prepararea a 500 ml soluție 0,1 molară de HCl.

11.2.5 Calculul concentrației soluției substanței B în urma titrării cu ea a soluției titrate de substanță A (sau a unei probe de substanță standard A)

Acest proces de stabilire a concentrației unei soluții prin titrare cu ea a soluției titrate a altei substanțe (sau titrarea unei probe de substanță standard) se numește **standardizare**.

Scriem legea echivalențelor pentru reacția



Luând în considerare relația 11.12 (a se vedea compartimentul 11.2.3), scriem:

$$c(\frac{1}{z_A} A) \cdot V(\text{sol.A}) = c(\frac{1}{z_B} B) \cdot V(\text{sol.B}) - \text{titrarea prin metoda de pipetare și } c(\frac{1}{z_B} B) = \frac{c(\frac{1}{z_A} A) \cdot V(\text{sol.A})}{V(\text{sol.B})} \quad (11.14)$$

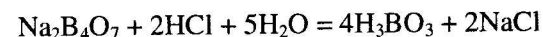
$$\text{sau } \frac{m(A)}{M(\frac{1}{z_A} A)} = c(\frac{1}{z_B} B) \cdot V(\text{sol.B}) - \text{titrarea probei în întregime de}$$

$$\text{substanță standard A și } c(\frac{1}{z_B} B) = \frac{m(A)}{M(\frac{1}{z_A} A) \cdot V(\text{sol.B})} \quad (11.15)$$

Exemplul 5. La titrarea a 0,7814 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ s-au consumat 22,15 ml soluție HCl. Să se calculeze concentrația molară a soluției de acid clorhidric.

Rezolvare

Scriem ecuația reacției și legea echivalențelor:



$$n(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = n(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{HCl})$$

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl})$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M(\frac{1}{2} \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{sol.HCl})} = \frac{0,7841}{381,7/2 \cdot 22,15 \cdot 10^{-3}} = 0,1856 \text{ mol/l}$$

Exemplul 6. La titrarea a 10,00 ml soluție de NaOH s-au consumat 10,26 ml soluție HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1856 \text{ mol/l}$. Să se calculeze concentrația molară a soluției de NaOH.

Rezolvare

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) - \text{legea echivalențelor};$$

$$c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{sol.NaOH}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl});$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl})}{V(\text{sol.NaOH})} = \frac{0,1856 \cdot 10,26 \cdot 10^{-3}}{10,00 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,1856 \cdot 10,26}{10,00} = 0,1904 \text{ mol/l}$$

Exemplul 7. Pentru stabilirea titlului soluției de H_2SO_4 , 25,00 ml soluție de Na_2CO_3 cu titrul 0,005300 g/ml s-au titrat cu soluție de acid sulfuric din care s-au consumat 24,50 ml. Știind că reacția se produce conform ecuației: $Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$, să se calculeze titrul soluției de H_2SO_4 .

Rezolvare

Scriem legea echivalențelor și exprimăm cantitățile de substanță a echivalențelor prin titrul lor (a se vedea relația 11.12 din compartimentul 11.2.3):

$$\begin{aligned} n(\frac{1}{2} H_2SO_4) &= n(\frac{1}{2} Na_2CO_3) \\ \frac{T(H_2SO_4) \cdot V'(sol.H_2SO_4)}{M(\frac{1}{2} H_2SO_4)} &= \frac{T(Na_2CO_3) \cdot V'(sol.Na_2CO_3)}{M(\frac{1}{2} Na_2CO_3)} \\ T(H_2SO_4) &= \frac{T(Na_2CO_3) \cdot V'(sol.Na_2CO_3) \cdot M(\frac{1}{2} H_2SO_4)}{M(\frac{1}{2} Na_2CO_3) \cdot V'(sol.H_2SO_4)} = \\ &= \frac{0,005300 \cdot 25,00 \cdot 49,04}{53 \cdot 24,50} = 0,005004 \text{ g/ml} \end{aligned}$$

11.2.6. Formulele de calcul al masei substanței de dozat A în rezultatul titrării unei probe a ei în întregime.

a) Metoda directă de titrare

Fie că substanța de dozat se trece cantitativ într-un balon de titrare, se dizolvă într-un volum arbitrar de apă și se titrează direct cu soluția titrată B. În conformitate cu ecuația reacției $A + B = AB$, scriem legea echivalențelor:

$$n(\frac{1}{z_A} A) = n(\frac{1}{z_B} B),$$

unde: $\frac{1}{z_A}$ și $\frac{1}{z_B}$ sunt factorii de echivalență a substanțelor respective.

Luând în considerare că $n(\frac{1}{z_A} A) = \frac{m(A)}{M(\frac{1}{z_A} A)}$ și exprimând

$n(\frac{1}{z_B} B)$ prin volumul soluției titrate care s-a consumat la titrare și concentrația titrantului B, obținem relațiile:

$$\frac{m(A)}{M(\frac{1}{z_A} A)} = c(\frac{1}{z_B} B) \cdot V(B) - \text{când cunoaștem concentrația molară a}$$

echivalentului titrantului B și

$$m(A) = c(\frac{1}{z_B} B) \cdot V(B) \cdot M(\frac{1}{z_A} A) = c(\frac{1}{z_B} B) \cdot V(B) \cdot 10^{-3} \cdot M(\frac{1}{z_A} A) \quad (11.16)$$

$$\frac{m(A)}{M(\frac{1}{z_A} A)} = \frac{T(B)}{M(\frac{1}{z_B} B)} \cdot V'(B) - \text{când cunoaștem titrul soluției titrate B:}$$

$$m(A) = \frac{T(B) \cdot V'(B) \cdot M(\frac{1}{z_A} A)}{M(\frac{1}{z_B} B)} \quad (11.17)$$

În cazul în care cunoaștem titrul titrantului în raport cu substanța de dozat $T(B/A)$, formula de calcul are aspectul (a se vedea relația 11.8):

$$m(A) = T_{B/A} \cdot V'(B) \quad (11.18)$$

În cazul în care se știe factorul de concentrație (coeficientul de corecție) și concentrația teoretică a titrantului, formulele respective de calcul sunt:

$$m(A) = F_B \cdot c_{teor.}(\frac{1}{z_B} B) \cdot V(B) \cdot M(\frac{1}{z_A} A) \quad (11.16a)$$

$$m(A) = \frac{F_B \cdot T_{teor.}(B) \cdot V'(B) \cdot M(\frac{1}{z_A} A)}{M(\frac{1}{z_B} B)} \quad (11.17a)$$

$$\text{și } m(A) = F_B \cdot T_{teor.}(B/A) \cdot V'(B) \quad (11.18a)$$

Exemplul 8. Să se calculeze partea de masă a carbonatului de sodiu în mostra de carbonat de sodiu tehnic, știind că la titrarea unei probe de carbonat tehnic cu masa 0,1198 g s-au consumat 20,60 ml soluție de acid clorhidric cu $c(HCl) = 0,1060$ mol/l.

Rezolvare:

$$n(\frac{1}{2} Na_2CO_3) = n(HCl) - \text{legea echivalențelor}$$

$$\frac{m(Na_2CO_3)}{M(\frac{1}{2} Na_2CO_3)} = c(HCl) \cdot V(sol.HCl);$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl}) \cdot M(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) \\ = 0,1060 \cdot 20,60 \cdot 10^{-3} \cdot 53 = 0,1157 \text{ g}$$

Calculăm partea de masă a carbonatului de sodiu din relația 11.1:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 100}{m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ tehnic})} = \frac{0,1157 \cdot 100}{0,1198} = 96,60\%$$

Exemplul 9. La titrarea permanganometrică a soluției de analizat de FeSO_4 , în mediu de acid sulfuric, s-au consumat 30,00 ml soluție permanganat de potasiu cu titrul 0,003161 g/ml. Să se calculeze masa de FeSO_4 în soluția analizată.

Rezolvare:

$n(\text{FeSO}_4) = n(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)$ – legea echivalenților, unde $\frac{1}{5}\text{KMnO}_4$ – formula echivalentului permanganatului de potasiu

$$\frac{m(\text{FeSO}_4)}{M(\text{FeSO}_4)} = \frac{T(\text{KMnO}_4)}{M(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)} \cdot V'(\text{KMnO}_4) \text{ și obținem relația 11.17}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = \frac{T(\text{KMnO}_4) \cdot V'(\text{KMnO}_4) \cdot M(\text{FeSO}_4)}{M(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)} \\ = \frac{0,003161 \cdot 30,00 \cdot 151,91}{31,61} = 0,4557 \text{ g}$$

Rezolvarea poate fi făcută și folosind relația 11.16 (ca și în exemplul 8), dacă în prealabil calculăm $c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)$ cunoscând $T(\text{KMnO}_4)$. Într-adevăr:

$$T(\text{KMnO}_4) = \frac{c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) \cdot M(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)}{1000} \text{ (a se vedea relația 11.6}$$

din compartimentul 11.2.2) și

$$c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = \frac{T(\text{KMnO}_4) \cdot 1000}{M(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)} = \frac{0,003161 \cdot 1000}{31,61} = 0,1000 \text{ moli/l.}$$

În continuare calculăm $m(\text{FeSO}_4)$:

$$m(\text{FeSO}_4) = c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) \cdot V'(\text{KMnO}_4) \cdot 10^{-3} \cdot M(\text{FeSO}_4) \\ = 0,1000 \cdot 30,00 \cdot 10^{-3} \cdot 151,91 = 0,4557 \text{ g}$$

Exemplul 10. O probă de sare de fier(II) cu masa 0,3000 g s-a dizolvat în acid sulfuric diluat și s-a titrat cu soluție KMnO_4 la care s-au consumat 22,00 ml soluție cu $T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} = 0,005000 \text{ g/ml}$. Să se calculeze partea de masă a Fe în proba de analizat.

Rezolvare:

Cunoscând relațiile 11.1 și 11.8, scriem pentru $\omega(\text{Fe})$ și $m(\text{Fe})$:

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe}) \cdot 100}{m(\text{probei de sare})}$$

$$m(\text{Fe}) = T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} \cdot V'(\text{sol.KMnO}_4)$$

$$\omega(\text{Fe}) = \frac{T_{\text{KMnO}_4/\text{Fe}} \cdot V'(\text{sol.KMnO}_4) \cdot 100}{m(\text{probei de sare})} = \frac{0,005000 \cdot 22,00 \cdot 100}{0,3000} = 36,67\%$$

Exemplul 11. La titrarea unei soluții de CaCl_2 s-au consumat 20,50 ml soluție 0,1 molară de AgNO_3 cu factorul de concentrație (coeficientul de corecție) 1,050. Să se calculeze masa clorurii de calciu în soluția de analizat.

Rezolvare:

$n(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2) = n(\text{AgNO}_3)$ – legea echivalenților;

$$\frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2)} = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{sol.AgNO}_3)$$

$$= F_{\text{AgNO}_3} \cdot c_{\text{teor.}}(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{sol.AgNO}_3)$$

$$m(\text{CaCl}_2) = F_{\text{AgNO}_3} \cdot c_{\text{teor.}}(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{sol.AgNO}_3) \cdot M(\frac{1}{2}\text{CaCl}_2)$$

$$= 1,050 \cdot 0,1 \cdot 20,50 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{110,99}{2} = 0,1195 \text{ g}$$

Exemplul 12. Să se calculeze masa probei de var ars, care conține 90% de CaO și 10% impurități indiferente, dacă pentru titrarea ei s-au consumat 20,00 ml de soluție HCl cu titrul în raport cu CaO egal cu 0,009000 g/ml.

Rezolvare:

Calculăm masa CaO care reacționează cu volumul dat de soluție HCl, folosind relația 11.18

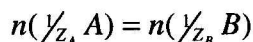
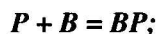
$$m(\text{CaO}) = T_{\text{HCl/CaO}} \cdot V'(\text{sol.HCl}) = 0,009000 \cdot 20,00 = 0,1800 \text{ g}$$

Scriem expresia părții de masă a lui CaO în varul ars (a se vedea relația 11.1) și calculăm masa probei de var ars $\omega(\text{CaO}) = \frac{m(\text{CaO}) \cdot 100}{m(\text{var ars})}$;

$$m(\text{var ars}) = \frac{m(\text{CaO}) \cdot 100}{\omega(\text{CaO})} = \frac{0,1800 \cdot 100}{90} = 0,2000 \text{ g}.$$

b) Metoda indirectă de titrare.

În acest caz substanța de dozat A reacționează cu un reactiv luat în exces, iar produsul de reacție se titreză cu soluția titrată B (a se vedea compartimentul 11.1):

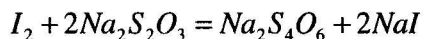
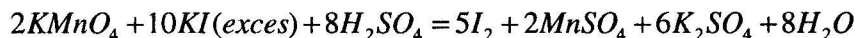


Deoarece legea echivalențelor are același aspect ca și la titrarea directă, atunci și formulele de calcul vor fi aceleași (11.16, 11.17, 11.18, 11.16a, 11.17a, 11.18a).

Exemplul 13. La 25,00 ml soluție de KMnO_4 s-a adăugat exces de KI, iar la titrarea iodului eliminat s-au consumat 49,97 ml soluție 0,1000 molară de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Să se calculeze titrul soluției de KMnO_4 .

Rezolvare:

Scriem ecuațiile reacțiilor și legea echivalențelor.



$$n\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right) = n\left(\frac{1}{2} \text{I}_2\right) = n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

Exprimăm $n\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right)$ prin m și masa molară a echivalentului, iar $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ prin $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ și $V(\text{sol.Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ și calculăm $m(\text{KMnO}_4)$:

$$\frac{m(\text{KMnO}_4)}{M\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right)} = c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{sol.Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

$$m(\text{KMnO}_4) = c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{sol.Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right) = 0,1000 \cdot 49,97 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{158,04}{5} = 0,1579 \text{ g}$$

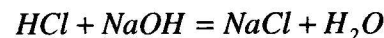
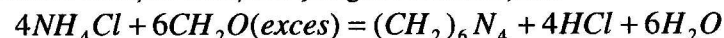
Titrul soluției KMnO_4 se calculează din relația 11.6:

$$T_{\text{KMnO}_4} = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{V'(\text{sol.KMnO}_4)} = \frac{0,1579}{25} = 0,006316 \text{ g/ml}$$

Exemplul 14. O probă cântărită de NH_4Cl tehnic cu masa 0,1010 g s-a dizolvat în apă și după adăugarea unui surplus de aldehydă formică neutralizată, s-a titrat cu soluție 0,1 molară NaOH. S-au consumat 18,00 ml. Să se calculeze partea de masă a clorurii de amoniu în proba de analizat, dacă se știe că factorul de concentrație a soluției NaOH constituie 1,005.

Rezolvare:

Scriem ecuațiile reacțiilor și legea echivalențelor:



$$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$$

$$\frac{m(\text{NH}_4\text{Cl})}{M(\text{NH}_4\text{Cl})} = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{sol.NaOH})$$

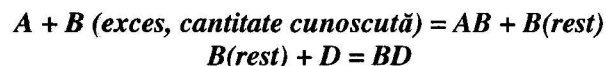
$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{sol.NaOH}) \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl}) = F_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{teor.}}(\text{NaOH}) \cdot V'(\text{sol.NaOH}) \cdot 10^{-3} \cdot M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 1,005 \cdot 0,1 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 53,49 = 0,09676 \text{ g}$$

Din relația 11.1 calculăm $\omega(NH_4Cl)$:

$$\omega(NH_4Cl) = \frac{m(NH_4Cl) \cdot 100}{m(NH_4Cl \text{ tehnic})} = \frac{0,09676 \cdot 100}{0,1010} = 95,81\%$$

c) *Metoda de titrare prin diferență (titrarea după rest).*

În acest caz substanța de dozat A se face să reacționeze cu un exces de soluție titrată B (volum cunoscut), iar restul de soluție B se titrează cu altă soluție titrată D:



Deoarece $n\left(\frac{1}{Z_A} A\right) = n\left(\frac{1}{Z_B} B\right)_{\text{reacționat}}$;

$$n\left(\frac{1}{Z_B} B\right)_{\text{reacționat}} = n\left(\frac{1}{Z_B} B\right) - n\left(\frac{1}{Z_B} B\right)_{\text{rest}} \text{ și}$$

$n\left(\frac{1}{Z_B} B\right)_{\text{rest}} = n\left(\frac{1}{Z_D} D\right)$, legea echivalențelor, care stă la baza deducerii formulelor de calcul al masei substanței A, are aspectul următor:

$$n\left(\frac{1}{Z_A} A\right) = n\left(\frac{1}{Z_B} B\right) - n\left(\frac{1}{Z_D} D\right)$$

$$\frac{m(A)}{M\left(\frac{1}{Z_A} A\right)} = c\left(\frac{1}{Z_B} B\right) \cdot V(\text{sol.B}) - c\left(\frac{1}{Z_D} D\right) \cdot V(\text{sol.D})$$

$$m(A) = \left(c\left(\frac{1}{Z_B} B\right) \cdot V(\text{sol.B}) - c\left(\frac{1}{Z_D} D\right) \cdot V(\text{sol.D}) \right) \cdot M\left(\frac{1}{Z_A} A\right) =$$

$$= \left(F_B \cdot c_{\text{teor.}}\left(\frac{1}{Z_B} B\right) \cdot V'(\text{sol.B}) \cdot 10^{-3} - F_D \cdot c_{\text{teor.}}\left(\frac{1}{Z_D} D\right) \cdot V'(\text{sol.D}) \cdot 10^{-3} \right) \cdot$$

$$\cdot M\left(\frac{1}{Z_A} A\right) = c_{\text{teor.}}\left(\frac{1}{Z_B} B\right) \cdot 10^{-3} \cdot M\left(\frac{1}{Z_A} A\right) \cdot \left(F_B \cdot V'(\text{sol.B}) - F_D \cdot V'(\text{sol.D}) \right) =$$

$$= (B/A) \cdot \left(F_B \cdot V'(\text{sol.B}) - F_D \cdot V'(\text{sol.D}) \right) \quad (119)$$

Exemplul 15. O cantitate de 0,7500 g $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ s-a dizolvat în apă, s-a adăugat 25,00 ml soluție KOH, iar restul de KOH, s-a titrat cu soluție HCl cu $c(HCl) = 0,1250$ moli/l și s-au consumat 4,02 ml. Să se calculeze concentrația molară a soluției de KOH.

Rezolvare:

Scriem legea echivalențelor și relația 11.19 pentru masa acidului oxalic:

$$n\left(\frac{1}{2} H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O\right) = n(KOH) - n(HCl)$$

$$\frac{m(H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O)}{M\left(\frac{1}{2} H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O\right)} = c(KOH) \cdot V(\text{sol.KOH}) - c(HCl) \cdot V(\text{sol.HCl})$$

$$\frac{0,7500}{\frac{126,07}{2}} = x \cdot 25,00 \cdot 10^{-3} - 0,1250 \cdot 4,02 \cdot 10^{-3}$$

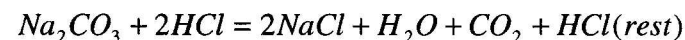
$$\frac{0,7500}{63,035 \cdot 10^{-3}} = 25,00 \cdot x - 0,5025$$

$$x = c(KOH) = \frac{11,8982 - 0,5025}{25} = 0,4558 \text{ moli/l}$$

Exemplul 16. O probă de Na_2CO_3 tehnic cu masa 0,1032 g s-a dizolvat în 50,00 ml soluție HCl cu $c(HCl) = 0,09496$ moli/l, iar excesul de acid a fost mai apoi titrat în prezența metiloranjului cu 24,80 ml de soluție 0,1 molară de NaOH ($F = 1,298$). Să se calculeze partea de masă a impurităților indifferente în probă.

Rezolvare:

Scriem ecuațiile reacțiilor, legea echivalențelor și formula de calcul a masei carbonatului de sodiu (a se vedea relația 11.19):



$$n\left(\frac{1}{2} Na_2CO_3\right) = n(HCl) - n(KOH)$$

$$\frac{m(Na_2CO_3)}{M\left(\frac{1}{2} Na_2CO_3\right)} = c(HCl) \cdot V'(\text{sol.HCl}) \cdot 10^{-3} -$$

$$- F_{KOH} \cdot c_{\text{teor.}}(KOH) \cdot V'(\text{sol.KOH}) \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned}
 m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= (c(\text{HCl}) \cdot V'(\text{sol.HCl}) \cdot 10^{-3} - \\
 &- F_{\text{KOH}} \cdot c_{\text{teor.}}(\text{KOH}) \cdot V'(\text{sol.KOH}) \cdot 10^{-3}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \\
 &= (0,09496 \cdot 50,00 - 1,298 \cdot 0,1 \cdot 24,80) \cdot 106 \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} = \\
 &= 1,5290 \cdot 53 \cdot 10^{-3} = 0,08104 \text{ g}
 \end{aligned}$$

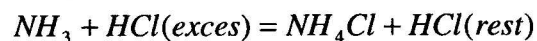
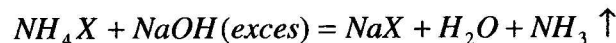
$$m(\text{impuritatilor}) = m(\text{probei}) - m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1032 - 0,08104 = 0,02216 \text{ g}$$

$$\omega(\text{imp.}) = \frac{m(\text{imp.}) \cdot 100}{m(\text{probei})} = \frac{0,02216 \cdot 100}{0,1032} = 21,47\%$$

Exemplul 17. Proba unei sări de amoniu cu masa 1,0000 g a fost prelucrată cu o soluție concentrată de NaOH. Amoniacul care s-a eliminat se captează cu 50,00 ml soluție HCl cu $c(\text{HCl}) = 1,0720$ moli/l. Excesul de acid se titrează cu 25,40 ml de soluție NaOH cu $T(\text{NaOH}) = 0,004120$ g/ml. Să se calculeze partea de masă (%) a amoniacului în probă.

Rezolvare:

Scriem ecuațiile reacțiilor, legea echivalențelor și formula de calcul al masei de NH_3 .



$$n(\text{NH}_3) = n(\text{HCl}) - n(\text{NaOH})$$

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = c(\text{HCl}) \cdot V'(\text{sol.HCl}) \cdot 10^{-3} - \frac{T(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} \cdot V'(\text{sol.NaOH})$$

$$m(\text{NH}_3) = \left(c(\text{HCl}) \cdot V'(\text{sol.HCl}) \cdot 10^{-3} - \frac{T(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} \cdot V'(\text{sol.NaOH}) \right) \cdot$$

$$\begin{aligned}
 M(\text{NH}_3) &= \left(1,0720 \cdot 50 \cdot 10^{-3} - \frac{0,004120}{40} \cdot 25,40 \right) \cdot 17,03 = \\
 &= (0,0536 - 0,002616) \cdot 17,03 = 0,8683 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3) \cdot 100}{m(\text{proba})} = \frac{0,8683 \cdot 100}{1,0000} = 86,83\%$$

11.2.7 Calcularea masei substanței de dozat A în cazul titrării unei părți alicote a ei (metoda de pipetare)

Deoarece în acest caz substanța de dozat se trece cantitativ într-un balon cotate și, după dizolvare și diluare până la semn, se titrează numai o parte alicotă a ei, luată cu pipeta, legea echivalențelor va avea aspectul:

$$n(\text{Z}_A) = n(\text{Z}_B) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} - \text{pentru titrările directe și prin metoda de substituție;}$$

$$n(\text{Z}_A) = \left(n(\text{Z}_B) - n(\text{Z}_D) \right) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} - \text{pentru titrarea prin diferență,}$$

unde: $\frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}}$ este raportul dintre volumele balonului cotate, în care se conține

soluția substanței de analizat A, și a pipetei (părții alicote de soluție a substanței A).

Într-adevăr la titrările directe și indirecte (metoda de substituție) $n(\text{Z}_B)$ reprezintă cantitatea de substanță a echivalentului substanței B ce se consumă la titrarea numai a unei părți alicote (volumul unei pipete) a soluției substanței A. Iar pentru titrarea probei în întregime de substanță A, deci a soluției substanței A din balonul cotate respectiv, se va consuma soluție titrată B de $\frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}}$ ori mai mult. În mod analog judecăm în cazul titrării prin diferență.

Formulele de calcul al masei substanței A în cazul titrărilor directe și prin metoda de substituție (a se compara cu relațiile 11.16, 11.17, 11.18, 11.16a, 11.17a, 11.18a):

$$m(A) = c(\frac{1}{2}B) \cdot V(B) \cdot M(\frac{1}{2}A) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.20)$$

$$m(A) = \frac{T(B) \cdot V'(B) \cdot M(\frac{1}{2}A)}{M(\frac{1}{2}B)} \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.21)$$

$$m(A) = T_{B/A} \cdot V'(B) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.22)$$

$$m(A) = F_B \cdot c_{teor.}(\frac{1}{2}B) \cdot V(B) \cdot M(\frac{1}{2}A) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.20a)$$

$$m(A) = \frac{F_B \cdot T_{teor.}(B) \cdot V'(B) \cdot M(\frac{1}{2}A)}{M(\frac{1}{2}B)} \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.21a)$$

$$\text{și } m(A) = F_B \cdot T_{teor.} B/A \cdot V'(B) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.22a)$$

Formulele de calcul al masei substanței A în rezultatul titrării prin diferență (a se compara cu relația 11.19 din compartimentul 11.2.6):

$$m(A) = (c(\frac{1}{2}B) \cdot V(sol.B) - c(\frac{1}{2}D) \cdot V(sol..D)) \cdot M(\frac{1}{2}A) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.23)$$

$$m(A) = T_{teor.}(B/A) \cdot (F_B \cdot V'(sol.B) - F_D \cdot V'(sol..D)) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} \quad (11.24)$$

Exemplul 18. Să se calculeze masa H_2SO_4 într-o soluție cu volumul de 250 ml, dacă la titrarea a 25,00 ml din această soluție s-au consumat 21,72 ml soluție 0,1 molară de NaOH cu coeficientul de corecție $K_{NaOH} = 1,012$. Care vor fi valorile $T_{H_2SO_4}$, $c(\frac{1}{2}H_2SO_4)$ și $K_{H_2SO_4}$?

Rezolvare:

Scriem legea echivalențelor și formula de calcul al $m_{H_2SO_4}$ (a se vedea relația 11.20a).

$$n(\frac{1}{2}H_2SO_4) = n(NaOH) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}};$$

$$\frac{m(H_2SO_4)}{M(\frac{1}{2}H_2SO_4)} = K_{NaOH} \cdot c_{teor.}(NaOH) \cdot V(sol.NaOH) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}}$$

$$m(H_2SO_4) = K_{NaOH} \cdot c_{teor.}(NaOH) \cdot V'(NaOH) \cdot 10^{-3} \cdot M(\frac{1}{2}H_2SO_4) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} =$$

$$= 1,012 \cdot 0,1 \cdot 21,72 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{98,08}{2} \cdot \frac{250}{25} = 1,0779 \text{ g}$$

Calculăm titrul soluției de H_2SO_4 din relația 11.6:

$$T(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{V'(H_2SO_4)} = \frac{1,0779}{250} = 0,0043116 \text{ g/ml}$$

Concentrația molară a echivalentului acidului sulfuric poate fi găsită din expresia:

$c(\frac{1}{2}H_2SO_4) \cdot V(sol.H_2SO_4) = c(NaOH) \cdot V(sol.NaOH)$, care se obține din legea echivalențelor pentru volumele de soluții ce au reacționat:

$$c(\frac{1}{2}H_2SO_4) = \frac{c(NaOH) \cdot V(sol.NaOH)}{V(sol.H_2SO_4)} = \frac{1,012 \cdot 0,1 \cdot 21,72}{25,00} = 0,08792 \text{ moli/l}$$

Obținem aceeași valoare a $c(\frac{1}{2}H_2SO_4)$ din relația:

$$T(H_2SO_4) = \frac{c(\frac{1}{2}H_2SO_4) \cdot M(\frac{1}{2}H_2SO_4)}{1000} \quad (\text{a se vedea formula 11.6})$$

$$c(\frac{1}{2}H_2SO_4) = \frac{T(H_2SO_4) \cdot 1000}{M(\frac{1}{2}H_2SO_4)} = \frac{0,0043116 \cdot 1000}{98,08/2} = 0,08792 \text{ moli/l}$$

Calculăm $K_{H_2SO_4}$ (a se vedea relația 11.10)

$$K_{H_2SO_4} = \frac{c_{pr.}(\frac{1}{2}H_2SO_4)}{c_{teor.}(\frac{1}{2}H_2SO_4)} = \frac{0,08792}{0,1} = 0,8792$$

Exemplul 19. O soluție de sodă tehnică s-a trecut cantitativ într-un balon cotate de 250,00 ml și s-a diluat până la semn cu apă. La titrarea a 25,00 ml din soluția obținută, în prezența metiloranjului în calitate de indicator, s-au consumat 22,45 ml de soluție titrată de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1025$ moli/l. Să se calculeze masa carbonatului de sodiu în soluția inițială de sodă.

Rezolvare:

Scriem legea echivalenților și formula de calcul a $m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ (a se vedea relația 11.20):

$$n(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{HCl}) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}}$$

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3)} = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl}) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{sol.HCl}) \cdot M(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} = 0,1095 \cdot 22,45 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{106}{2} \cdot \frac{250}{25} = 1,3029 \text{ g}$$

Exemplul 20. O probă de sulfat de amoniu tehnic cu masa 1,6160 g s-a trecut cantitativ într-un balon cotate de 250,00 ml, s-a dizolvat în apă și s-a diluat până la semn. 25,00 ml din soluția obținută, s-au fiert cu soluție concentrată de NaOH, iar amoniacul format a fost absorbit de soluția de H_2SO_4 cu volumul 40,00 ml și $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1020$ moli/l. La titrarea restului de acid sulfuric s-au consumat 17,00 ml de soluție NaOH cu $c(\text{NaOH}) = 0,0960$ moli/l. Să se calculeze $\omega(\text{NH}_3)$ în proba de sulfat de amoniu tehnic.

Rezolvare:

Scriem legea echivalenților și calculăm masa de amoniac (a se vedea relația 11.23).

$$n(\text{NH}_3) = (n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) - n(\text{NaOH})) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}}$$

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = (c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{sol.H}_2\text{SO}_4) - c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{sol.NaOH})) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}}$$

$$m(\text{NH}_3) = (c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V'(\text{sol.H}_2\text{SO}_4) \cdot 10^{-3} - c(\text{NaOH}) \cdot V'(\text{sol.NaOH}) \cdot 10^{-3}) \cdot M(\text{NH}_3) \cdot \frac{V_{b.c.}}{V_{pip.}} = (0,1020 \cdot 40,00 - 0,0960 \cdot 17,00) \cdot 17,03 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{250}{25} = 0,4169 \text{ g}$$

Din relația 11.1 calculăm partea de masă a amoniacului în proba de analizat:

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3) \cdot 100}{m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ tehnic})} = \frac{0,4169 \cdot 100}{1,6160} = 25,80\%$$

Probleme propuse pentru rezolvare de sine stătător

11.3.1 Volumetria prin reacții acido-bazice

11-1. O probă de $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{c.p})$ cu masa de 2,5000 g s-a dizolvat într-un balon cotate cu capacitatea de 500 ml. Determinați concentrația molară, molară a echivalentului și titrul soluției obținute.

*Răspuns: 0,0472 moli/l;
0,0943 moli/l; 0,0050 g/ml.*

11-2. Ce volum de soluție de acid clorhidric cu partea de masă a acestuia egală cu 38,8% și densitatea de 1,19 g/ml trebuie de luat pentru a prepara 500 ml de soluție cu $c(\text{HCl}) = 0,1$ moli/l?

Răspuns: ≈ 4 ml.

11-3. Să se calculeze masa de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ necesară pentru prepararea a 100 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,1 moli/l.

Răspuns: 1,907 g.

11-4. În procesul titrării boraxului $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ cu masa egală cu 0,7863 g s-au consumat 20,63 ml de soluție de HCl. Calculați concentrația molară a acidului clorhidric.

Răspuns: 0,1999 moli/l

11-5. O cantitate de 5,2060 g Na_2CO_3 (c.p) s-a trecut cantitativ într-un balon cotat cu volumul de 500 ml, s-a diluat până la cotă și s-a amestecat. La titrarea a 25,00 ml de soluție standard obținută s-au consumat 26,17 ml de soluție HCl. Calculați concentrația molară a acidului clorhidric și F(HCl).

Răspuns: 0,1877 mol/l; 0,9385

11-6. Ce masă de borax trebuie cântărită la balanța analitică ca, după dizolvarea ei într-un volum arbitrar de apă, la titrare să se consume nu mai mult de 25,00 ml de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1000$ mol/l.

Răspuns: 0,4767 g

11-7. Calculați concentrația molară și cea molară a echivalentului acidului sulfuric în soluția lui cu $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30\%$ și $\rho = 1,22$ g/cm³.

Răspuns: 3,73 mol/l; 7,46 mol/l.

11-8. Determinați cantitatea de substanță a sodei anhidre și cantitatea de substanță a echivalentului ei într-o probă cu masa de 530 g, dacă ea participă la reacția cu acidul clorhidric până la formarea oxidului de carbon (IV).

Răspuns: 5 moli; 10 moli.

11-9. Determinați volumul soluției de acid sulfuric cu $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 39,2\%$ și $\rho = 1,30$ g/cm³ care trebuie adăugat la 1200 ml soluție de acid sulfuric cu concentrația molară a echivalentului egală cu 0,16 mol/l, pentru a obține o soluție cu $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,20$ mol/l.

Răspuns: 4,7 ml.

11-10. Determinați volumul de acid sulfuric cu partea de masă egală cu 96 % și $\rho = 1,84$ g/cm³ necesar pentru prepararea unui litru de soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,1 mol/l.

Răspuns: $\approx 2,8$ ml.

11-11. Determinați volumul de acid azotic cu partea de masă egală cu 67% și $\rho = 1,40$ g/cm³ necesar pentru prepararea a 5 l de soluție de HNO_3 cu concentrația molară 0,1 mol/l.

Răspuns: ≈ 34 ml.

11-12. Determinați titrul soluției de HCl, dacă adăugarea la 20,00 ml din această soluție a unui exces de soluție de AgNO_3 conduce la formarea a 0,2868 g AgCl.

Răspuns: 0,003649 g/ml.

11-13. Calculați volumul de acid clorhidric cu partea de masă egală cu 38% și densitatea 1,19 g/cm³ necesar pentru prepararea a 1500 ml soluție cu $T(\text{HCl}) = 0,01260$ g/ml.

Răspuns: 41,8 ml.

11-14. La titrarea unei probe cântărite de borax cu masa egală cu 0,0976 g s-au consumat 21,55 ml de acid clorhidric. Calculați concentrația molară a acidului clorhidric și $T(\text{HCl}/\text{NaHCO}_3)$.

*Răspuns: 0,02375 mol/l;
0,001995 g/ml.*

11-15. Calculați titrul soluției de H_2SO_4 , dacă la titrarea unei probe cântărite de Li_2CO_3 , cu masa egală cu 0,1551 g, s-au consumat 18,18 ml de această soluție.

Răspuns: 0,01130 g/ml.

11-16. Calculați masa KOH ce se conține în proba de analizat, dacă la titrarea ei s-au consumat 19,44 ml soluție de H_2SO_4 cu concentrația molară a echivalentului egală cu 0,1410 mol/l.

Răspuns: 0,1538 g.

11-17. Calculați masa NaOH ce se conține în 100 ml de soluție, dacă se știe că la titrarea a 25,00 ml din această soluție s-au consumat 21,80 ml soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) \approx 0,1$ mol/l și $F_{\text{HCl}} = 0,9830$.

Răspuns: 0,3428 g.

11-18. Proba de analizat ce conține KOH și KHCO_3 cu masa de 0,7200 g s-a dizolvat într-un volum arbitrar de apă. La titrarea soluției obținute în prezența fenolftaleinei s-au consumat 18,60 ml soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,5000$ mol/l, iar la prelungirea titrării în prezența metiloranjului s-au consumat încă 2,00 ml de aceeași soluție de HCl. Calculați partea de masă a KOH și KHCO_3 în proba de analizat.

Răspuns: 72,5%; 13,9%.

11-19. La titrarea a 0,1144 g CaCO_3 (c.p) s-au consumat 27,65 ml soluție de HCl. Calculați $T_{\text{HCl}/\text{CaO}}$.

Răspuns: 0,002319 g/ml.

11-20. O cantitate de 20 ml soluție de KOH cu $c(\text{KOH}) = 0,1$ mol/l se titrează cu soluție HCl de aceeași concentrație. Calculați pH-ul soluției la adăugarea a 18,00 ml și 20,02 ml soluție de HCl.

Răspuns: 11,72; 4,30.

11-21. Ce probă cântărită de sodă Na_2CO_3 trebuie să luăm pentru a stabili pe baza ei titrul soluției de acid sulfuric cu $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 0,10$ mol/l, dacă avem la dispoziție un balon cotat cu volumul de 100 ml și efectuăm titrarea în prezența metiloranjului?

Răspuns: circa 0,53 g.

11-22. Calculați concentrația molară a echivalentului acidului sulfuric și titrul acidului sulfuric, dacă la titrarea a 50,00 ml de soluție de Na_2CO_3 , obținută prin dizolvarea unei probe cântărite de 0,5000 g în balonul cotat de 200 ml, în prezența metiloranjului, se consumă 24,00 ml de soluție de H_2SO_4 .

*Răspuns: 0,09827 mol/l;
0,004819 g/ml.*

11-23. O cantitate de 0,1250 g Na_2CO_3 chimic pur s-a trecut cantitativ într-un balon cotat de 200 ml, s-a dizolvat, s-a adăugat apă până la semn și s-a amestecat. Determinați $c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3)$ și $T(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ soluției obținute.

*Răspuns: 0,01179 mol/l;
0,0006250 g/ml.*

11-24. O cantitate de 20 ml soluție 0,1 molară de HCl se titrează cu soluție de KOH de aceeași concentrație. Calculați pH-ul soluției la adăugarea a 19,98 ml și 20,20 ml soluție de KOH.

Răspuns: 4,30; 10,70.

11-25. Calculați concentrația molară a echivalentului, titrul și F (factorul de concentrație) a acidului sulfuric, dacă la titrarea a 20 ml de soluție de acid sulfuric s-au consumat 33,85 ml de soluție de bo-

rax, obținută prin dizolvarea unei probe cântărite de 2,4000 g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ în balonul cotat de 200 ml.

*Răspuns: 0,1065 mol/l;
0,005223 g/ml; 1,065.*

11-26. În procesul titrării a 50 ml soluție de KOH s-au consumat 35,46 ml soluție de acid sulfuric cu concentrația molară a echivalentului egală cu 0,0503 mol/l. Calculați masa hidroxidului de potasiu în 500 ml de această soluție.

Răspuns: 1,0006 g.

11-27. Dintr-o probă de hidroxid de sodiu tehnic cu masa de 0,5600 g s-a preparat 250 ml de soluție. La titrarea a 50,00 ml din această soluție s-au consumat în prezența fenolftaleinei 22,50 ml, iar la prelungirea titrării în prezența metiloranjului - 0,94 ml soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1120$ mol/l. Determinați partea de masă (%) a lui NaOH și Na_2CO_3 în modelul de analizat.

Răspuns: 86,24%; 9,96%.

11-28. În procesul titrării a 25,00 ml de soluție, care conține un amestec de Na_2CO_3 și NaHCO_3 , în prezența fenolftaleinei, s-au consumat 9,46 ml de soluție HCl cu concentrația molară egală cu 0,1200 mol/l, iar la titrarea în prezența metiloranjului s-au consumat 24,86 ml de aceeași soluție. Calculați masa Na_2CO_3 și NaHCO_3 ce se conține în 250 ml de soluție analizată.

Răspuns: 1,2033 g; 0,5988 g.

11-29. Indicați, care din următoarele substanțe: KOH, K_2CO_3 sau KHCO_3 – se află în soluția respectivă, dacă: a) la titrarea în prezența fenolftaleinei se consumă același volum de HCl ca și în prezența metiloranjului; b) la titrarea în prezența fenolftaleinei se consumă de două ori mai puțin HCl, decât în prezența metiloranjului; c) soluția nu dă reacție alcalină cu fenolftaleina, dar poate fi titrată în prezența metiloranjului.

*Răspuns: a) KOH; b) K_2CO_3 ;
c) KHCO_3 .*

11-30. În procesul titrării a 20 ml soluție de acid clorhidric cu $c(\text{HCl}) = 0,1985$ moli/l s-au consumat 16,33 ml soluție de KOH. Calculați masa (g) de hidroxid de potasiu în 100 ml de această soluție.

Răspuns: 1,3639 g.

11-31. În procesul titrării a 20 ml soluție de Na_2CO_3 în prezența metiloranjului s-au consumat 19,16 ml soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,9960$ moli/l. Densitatea soluției de Na_2CO_3 este egală cu $1,050 \text{ g/cm}^3$. Determinați partea de masă (%) a Na_2CO_3 în soluție.

Răspuns: 4,82%.

11-32. În procesul titrării unei probe de soluție ce conține KOH și KHCO_3 , s-au consumat în prezența fenolftaleinei 10,00 ml de acid clorhidric cu $c(\text{HCl}) = 0,1000$ moli/l, iar la prelungirea titrării în prezența metiloranjului s-au mai consumat încă 2,00 ml soluție de HCl. Calculați masa KOH și KHCO_3 din soluție.

Răspuns: 0,0561 g; 0,0200 g.

11-33. Care este masa de KOH și K_2CO_3 ce se conține în proba cântărită a preparatului tehnic de hidroxid de potasiu, dacă la dizolvarea într-un volum arbitrar de apă și la titrarea soluției obținute în prezența fenolftaleinei s-au consumat 22,40 ml soluție HCl cu concentrația molară egală cu $0,09500$ moli/l, iar la titrarea în prezența metiloranjului 25,80 ml de aceeași soluție?

Răspuns: 0,1013 g; 0,0446 g.

11-34. În procesul titrării soluției, obținute la dizolvarea în apă a KOH tehnic cu masa egală cu 3,1580 g, s-au consumat 27,45 ml soluție de HCl cu $T_{\text{HCl}/\text{NaOH}} = 0,07862 \text{ g/ml}$. Determinați partea de masă (%) a hidroxidului de potasiu în modelul de analizat.

Răspuns: 95,84%.

11-35. În procesul titrării unei probe cântărite cu masa egală cu 0,4478 g ce conține Na_2CO_3 , NaHCO_3 și NaCl, s-au consumat în prezența fenolftaleinei 18,80 ml de acid clorhidric cu concentrația molară egală cu $0,1998$ moli/l. La titrarea aceleiași probe în prezen-

ța metiloranjului s-au consumat 40,00 ml de sol. HCl. Calculați părțile de masă (%) a Na_2CO_3 și NaHCO_3 în modelul de analizat.

Răspuns: 88,92%; 9,00%.

11-36. Calculați concentrația molară și titrul soluției de KOH, dacă pentru titrarea probei cântărite de acid succinic cu $m(\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,1495 \text{ g}$, dizolvată într-un volum arbitrar de apă, s-au consumat 25,20 ml din această soluție.

*Răspuns: 0,1005 moli/l;
0,005638 g/ml.*

11-37. O probă cântărită de NH_4Cl cu masa egală cu 1,1200 g s-a dizolvat într-un balon cotat de 200 ml. La 25,00 ml din soluția obținută s-a adăugat 50,00 ml de soluție NaOH cu $c(\text{NaOH}) = 0,1068$ moli/l. După înlăturarea completă a amoniacului prin fierbere restul de bază a fost titrat cu acid clorhidric cu $c(\text{HCl}) = 0,1100$ moli/l și s-au consumat 26,20 ml. Calculați partea de masă (în %) a amoniacului în modelul de analizat.

Răspuns: 29,85%.

11-38. Proba cântărită de NH_4Cl tehnic cu masa egală cu 0,1550 g s-a dizolvat într-un volum arbitrar de apă, s-a adăugat surplus (~5 ml) de soluție neutralizată de aldehydă formică cu $\omega(\text{CH}_2\text{O}) \approx 40\%$. La titrarea clorurii de hidrogen ce se elimină s-au consumat 22,00 ml soluție de NaOH cu $c(\text{NaOH}) = 0,1000$ moli/l. Calculați partea de masă a clorurii de amoniu în proba tehnică.

Răspuns: 75,94%.

11-39. Sub acțiunea H_2SO_4 concentrat azotul din proba de substanță organică cu masa 0,8880 g s-a transformat în $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, iar acesta prin fierbere cu bază alcalină concentrată s-a transformat în amoniac. Amoniacul a fost absorbit, fiind trecut printr-o soluție de H_2SO_4 cu un volum egal cu 50,00 ml și $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1200$ moli/l. Determinați partea de masă a azotului (%) în substanța organică, dacă pentru titrarea surplusului (restului) de acid sulfuric s-au consumat 12,00 ml de soluție de NaOH cu $c(\text{NaOH}) = 0,09800$ moli/l.

Răspuns: 7,61%.

11-40. O probă cântărită de NH_4Cl tehnic cu masa de 0,1000 g s-a dizolvat în apă și după adăugarea unui surplus de aldehydă formică neutralizată, s-a titrat cu soluție de NaOH și s-a consumat un volum egal cu 18,00 ml. Calculați partea de masă (%) a NH_4Cl în preparatul tehnic, dacă se știe că 1 ml soluție de NaOH este echivalent cu 0,005349 g NH_4Cl .

Răspuns: 96,28%.

11-41. O probă ce conține CaCO_3 s-a prelucrat cu 50,00 ml de soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,2000$ mol/l. Pentru titrarea restului de HCl s-a consumat un volum egal cu 10,00 ml de soluție de NaOH . Determinați masa de CaCO_3 în probă, dacă se știe că pentru titrarea a 25,00 ml de HCl se consumă 24,00 ml de soluție de NaOH .

Răspuns: 0,3962 g.

11-42. Care este masa probei cântărite de acid succinic $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ necesară pentru a stabili pe baza ei titrul soluției de KOH cu $c(\text{KOH}) \approx 0,1$ mol/l prin metoda de pipetare, dacă ne folosim de un balon cotat cu volumul de 250 ml?

Răspuns: circa 1,5 g.

11-43. Calculați masa acidului sulfuric în soluție, dacă la titrarea acestuia s-au consumat 23,50 ml soluție de NaOH cu titrul egal cu 0,005764 g/ml.

Răspuns: 0,1661 g.

11-44. Calculați masa de CaO , dacă la titrarea soluției lui s-au consumat 18,43 ml soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,2135$ mol/l.

Răspuns: 0,1103 g.

11-45. Într-un balon cotat cu capacitatea de 200 ml s-a preparat o soluție ce conține KOH și K_2CO_3 . La titrarea a 10,00 ml din această soluție s-au consumat: în prezența fenolftaleinei 9,80 ml soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1000$ mol/l; în prezența metiloranjului – 11,00 ml de această soluție HCl . Calculați masele de KOH și K_2CO_3 din soluția de analizat.

Răspuns: 0,9650 g; 0,3317 g.

11-46. O cantitate de 9,7770 g de acid azotic concentrat s-a trecut cantitativ într-un balon cotat de un l și s-a diluat până la semn. Cu soluția obținută s-a titrat 25,00 ml soluție de NaOH cu $c(\text{NaOH}) \approx 0,1$ mol/l ($F_{\text{NaOH}}=1,040$) și s-au consumat 25,45 ml. Calculați $\omega(\text{HNO}_3)$ în acidul azotic concentrat.

Răspuns: 65,83%.

11-47. Determinați masa H_3PO_4 ce se află în soluția dată, dacă pentru titrarea ei în prezența fenolftaleinei se consumă 25,50 ml de soluție de NaOH cu $c(\text{NaOH}) = 0,2000$ mol/l.

Răspuns: 0,2499 g.

11-48. O probă de fier redus (substanță medicamentoasă) cu masa egală cu 0,6500 g s-a dizolvat în 50 ml soluție de HCl cu $c_t(\text{HCl}) \approx 0,5$ mol/l ($F_{\text{HCl}} = 1,040$). La titrarea restului de HCl s-au consumat 15,00 ml de soluție de NaOH cu $c(\text{NaOH}) = 0,2000$ mol/l. Calculați partea de masă (în %) a fierului în substanța medicamentoasă.

Răspuns: 98,81%.

11-49. Cu ce este egală partea de masă a $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ în acidul oxalic, dacă la titrarea probei de 0,1500 g, dizolvate într-un volum arbitrar de apă, s-au consumat 25,00 ml soluție de KOH cu $c(\text{KOH}) = 0,0900$ mol/l?

Răspuns: 94,55%.

11-50. Calculați eroarea de titrare (de indicator) la titrarea a 10 ml soluție de acid formic cu $c(\text{HCOOH}) = 0,1$ mol/l în prezența metiloranjului ($pT = 4$) și fenolftaleinei ($pT = 9$).

Răspuns: $E_{\text{HA}} = -35,71\%$;

$E_{\text{OH}^-} = +0,02\%$.

11-51. O cantitate de 20 ml soluție de HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1$ mol/l se titrează cu soluție de KOH de aceeași concentrație. Calculați pH-ul soluției la adăugarea a 19,80 ml și 20,02 ml soluție de KOH .

Răspuns: 3,30; 9,70.

11-52. Calculați eroarea de titrare (de indicator) la titrarea acidului clorhidric cu $c(\text{HCl}) = 0,2$ moli/l cu soluție de NaOH de aceeași concentrație în prezența roșului de metil ($pT = 5$).

Răspuns: $E_H^+ = -0,01\%$.

11-53. O probă cântărită de NH_4Cl tehnic cu masa de 0,1568 g s-a dizolvat într-un volum arbitrar de apă. La soluția obținută s-a adăugat 40,00 ml soluție de NaOH cu $c(\text{NaOH}) = 0,1102$ moli/l și s-a încălzit până la dispariția mirosului de amoniac. La titrarea restului de NaOH s-au consumat 18,96 ml de soluție HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1128$ moli/l. Calculați partea de masă a clorurii de amoniu în modelul de analizat.

Răspuns: 77,42%.

11-54. Ce volum de soluție HCl 4,0000 molară trebuie adăugat la 500,00 ml de soluție cu $T(\text{HCl}/\text{CaO}) = 0,08400$ g/ml, pentru a prepara o soluție cu titrul în raport cu CaO egal cu 0,09000 g/ml?

Răspuns: 135 ml.

11-55. Calculați concentrația molară și titrul soluției HCl, dacă pentru a titra 0,4217 g de borax se consumă 17,50 ml de această soluție.

Răspuns: 0,1264 moli/l;
0,004612 g/ml.

11-56. O probă de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ cu masa 0,6000 g a fost dizolvată într-un balon cotat cu volumul 100,0 ml. Pentru a titra 20,00 ml de soluție astfel preparată se consumă 18,34 ml NaOH. Determinați molaritatea soluției NaOH și titrul ei în raport cu $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Răspuns: 0,1038 moli/l;
0,004672 g/ml.

11-57. Determinați concentrația molară a soluției de KOH, dacă pentru titrarea a 15,00 ml s-au consumat 18,70 ml de soluție HCl ($T(\text{HCl}) = 0,002864$ g/ml).

Răspuns: 0,09782 moli/l.

11-58. Care trebuie să fie masa probei de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pentru ca la titrare să se consume 20,00 ml de NaOH cu concentrația 0,1 moli/l?

Răspuns: $\approx 0,13$ g.

11-59. Ce masă de KH_2PO_4 se va lua pentru analiză, pentru ca la titrarea în prezența fenolftaleinei să se consume 20,00 ml de KOH cu concentrația 0,1 moli/l?

Răspuns: $\approx 0,27$ g.

11-60. O probă de acid fosforic cu masa 0,1182 g s-a dizolvat în apă și s-a titrat în prezența fenolftaleinei cu 22,18 ml de KOH cu $c(\text{KOH}) \approx 0,1$ moli/l ($F = 0,9519$). Determinați partea de masă (%) a acidului fosforic.

Răspuns: 87,52%.

11-61. În procesul titrării unei soluții obținute dintr-o probă de acid oxalic cu masa 0,1371 g s-au consumat 22,10 ml de soluție cu $c(\text{NaOH}) = 0,09842$ moli/l. Câte molecule de apă de cristalizare se conțin în preparatul inițial?

Răspuns: 2.

11-62. Ce masă de NaNO_3 se va lua pentru analiză, pentru ca, după reducerea ionului de NO_3^- și captarea amoniacului obținut cu 40,00 ml de HCl cu concentrația molară egală cu 0,1 moli/l, să se consume pentru titrarea excesului de acid 20,00 ml soluție 0,1 molară de NaOH?

Răspuns: $\approx 0,17$ g.

11-63. O probă de anilină cu masa 1,3000 g s-a dizolvat în 100,00 ml de acid acetic anhidru. Pentru titrarea a 5,00 ml din această soluție s-au consumat 6,80 ml de HClO_4 în dioxan cu concentrația 0,1000 moli/l. Calculați partea de masă (%) a impurităților indifferente în probă.

Răspuns: 2,57%.

11-64. Pentru a titra în mediul acidului acetic glacial 0,1758 g de salicilat de sodiu, care conține impurități indifferente, s-au consumat 9,86 ml de soluție de HClO_4 în același solvent cu

$c(\text{HClO}_4) = 0,1 \text{ mol/l}$ ($F = 1,1008$). Calculați partea de masă (%) a componentului de bază în probă.

Răspuns: 98,95%.

11-65. O probă cântărită de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ cu masa egală cu 2,3500 g s-a trecut cantitativ într-un balon cotate de 200,00 ml, s-a dizolvat și s-a diluat până la semn. La titrarea a 20,00 ml din soluția obținută s-au consumat 19,36 ml de soluție KOH. Să se calculeze concentrația molară a soluției de KOH, titrul ei și titrul în raport cu HCl.

*Răspuns: 0,1926 mol/l;
0,01086 g/ml; 0,007028 g/ml.*

11-66. În balonul cotate cu capacitatea 250,00 ml s-a preparat soluția de bază KOH. La titrarea a 50,00 ml din această soluție s-au consumat 38,46 ml soluție de acid sulfuric cu $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05030 \text{ mol/l}$. Să se calculeze masa de KOH în soluția preparată.

Răspuns: 1,085 g.

11-67. În procesul titrării boraxului tehnic cu masa 0,8530 g s-au consumat 20,20 ml soluție de acid clorhidric cu $c(\text{HCl}) = 0,2100 \text{ mol/l}$. Să se calculeze partea de masă a componentului de bază $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ în boraxul tehnic.

Răspuns: 94,84%.

11-68. Să se calculeze partea de masă a dimetilanelinei ($M = 121,2 \text{ g/mol}$) într-o probă de acest reactiv, dacă după dizolvarea a 85,2 mg din această probă în metiletiletone, la titrarea soluției obținute s-au consumat 4,65 ml soluție 0,1000 molară de HClO_4 în același solvent.

Răspuns: 66,15%.

11-69. În procesul titrării în mediu de acid acetic anhidru a unui aminoacid chimic pur cu masa 0,1311 g s-au consumat 21,50 ml soluție HClO_4 cu concentrația molară egală cu 0,0812 mol/l. Să se calculeze masa molară a aminoacidului, care se comportă drept o bază monoprotică.

Răspuns: 75,1 g/mol.

11-70. La 0,7500 g $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ s-a adăugat 25,00 ml soluție de KOH, iar excesul de soluție KOH s-a titrat cu 4,02 ml soluție HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1250 \text{ mol/l}$. Calculați concentrația molară a soluției de KOH.

Răspuns: 0,4960 mol/l.

11.3.2 Volumetria prin reacții de oxido-reducere

11-71. Concentrația molară a echivalentului soluției de permanganat de potasiu este egală cu 0,0200 mol/l. Să se calculeze titrul acestei soluții în raport cu Fe, FeSO_4 , H_2O_2 și NaNO_2 .

*Răspuns: 0,001117 g/ml;
0,003038 g/ml; 0,00034015 g/ml;
0,0006900 g/ml.*

11-72. $T(\text{KMnO}_4) = 0,005000 \text{ g/ml}$. Calculați $T(\text{KMnO}_4/\text{Fe})$ și $c(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4)$.

*Răspuns: 0,008835 g/ml;
0,1582 mol/l.*

11-73. Ce masă de KMnO_4 trebuie luată pentru prepararea a: a) 250,00 ml de soluție cu $c(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol/l}$; b) 500,00 ml de soluție cu $T(\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{O}_2) = 0,000850 \text{ g/ml}$?

*Răspuns: a) 0,1580 g;
b) 0,7902 g.*

11-74. Ce masă de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ trebuie luată pentru prepararea a 100,00 ml de soluție de acid oxalic cu concentrația molară a echivalentului egală cu 0,02 mol/l?

Răspuns: 0,1261 g.

11-75. Pentru prepararea a 100,00 ml soluție de acid oxalic cu $c(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,0200 \text{ mol/l}$ s-a cântărit la balanța analitică o probă de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ cu masa 0,1196 g, s-a trecut în balonul cotate de 100,00 ml și s-a diluat până la semn. Calculați factorul de concentrație (coeficientul de corecție) a soluției preparate.

Răspuns: 0,9487.

11-76. Ce masă de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ trebuie luată pentru prepararea a 500,00 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului oxalatului de sodiu 0,02 moli/l necesară pentru standardizarea soluției de KMnO_4 ?

Răspuns: 0,6700 g.

11-77. Pentru prepararea a 500,00 ml soluție de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ cu $c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,0200$ moli/l s-au luat la balanța analitică 0,6850 g $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, s-a trecut în balonul cotate de 500,00 ml și s-a diluat până la semn. Calculați factorul de concentrație (coeficientul de corecție) a soluției preparate.

Răspuns: 1,0224.

11-78. O probă de soluție de H_2O_2 cu volumul egal cu 3,00 ml (densitatea = 1 g/ml) s-a dizolvat într-un balon cotate de 250 ml. La titrarea a 10,00 ml din soluția obținută s-au consumat 11,50 ml de KMnO_4 cu $T(\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{O}_2) = 0,0003400$ g/ml. Calculați partea de masă (%) a H_2O_2 în proba de analizat.

Răspuns: 3,26%

11-79. O probă cântărită de apă oxigenată cu masa de 5,000 g s-a trecut într-un balon cotate de 500 ml și s-a diluat până la semn. La titrarea a 25,00 ml din soluția obținută s-au consumat 37,43 ml soluție de KMnO_4 cu $c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = 0,1$ moli/l și $F = 1,1240$. Calculați partea de masă (%) a H_2O_2 în modelul de analizat.

Răspuns: 28,61%

11-80. Calculați concentrația molară a echivalentului permanganatului de potasiu, dacă la titrarea unei probe de acid oxalic cu masa 0,1035 g s-au consumat 25,00 ml soluție de KMnO_4 .

Răspuns: 0,06567 moli/l.

11-81. Ce volum de apă oxigenată cu $\omega(\text{H}_2\text{O}_2) \approx 3\%$ și $\rho = 1$ g/cm³ este necesar pentru prepararea a 250 ml soluție de peroxid de hidrogen cu concentrația molară a echivalentului 0,0200 moli/l.

Răspuns: circa 3 ml.

11-82. O cantitate de 1 ml de apă oxigenată pusă în vânzare s-a introdus într-un balon cotate de 100,00 ml și s-a diluat cu apă până la semn. La titrare, la fiecare 20 ml de soluție diluată de H_2O_2 , s-au consumat în medie câte 16,90 ml soluție de KMnO_4 cu $c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = 0,0198$ moli/l. Calculați masa H_2O_2 ce se conține în 100,00 ml soluție inițială de analizat.

Răspuns: 2,84 g/100 ml.

11-83. În procesul oxidării a 0,0244 g de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ s-au consumat 19,50 ml soluție de KMnO_4 . Determinați concentrația molară a echivalentului permanganatului de potasiu și factorul de concentrație (coeficientul de corecție).

Răspuns: 0,01985 moli/l; 0,992

11-84. Determinați masa calciului ce se conține în 250 ml de soluție de CaCl_2 , dacă după ce se adaugă la 25,00 ml din ea 40,00 ml de soluție de $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ cu $c(\frac{1}{2}(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,1000$ moli/l și separarea precipitatului format de CaC_2O_4 , pentru titrarea restului de oxalat de amoniu s-au consumat 15,00 ml de soluție de KMnO_4 cu $c(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4) = 0,02000$ moli/l.

Răspuns: 0,7415 g.

11-85. Ionii de calciu au fost sedimentați în formă de $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, precipitatul a fost spălat, separat și dizolvat în acid sulfuric diluat. Acidul oxalic format a fost titrat cu 20,15 ml soluție de KMnO_4 cu $T(\text{KMnO}_4/\text{CaO}) = 0,01752$ g/ml. Determinați masa calciului ce se conține în soluția de analizat.

Răspuns: 0,2523 g.

11-86. În procesul titrării unei probe de apă oxigenată s-au consumat 14,50 ml de soluție de KMnO_4 . Determinați masa H_2O_2 în proba de analizat dacă se știe că 1 ml soluție de KMnO_4 este echivalent cu 0,08376 g Fe.

Răspuns: 0,3697 g.

11-87. În procesul titrării a 20,00 ml soluție de acid oxalic cu $T(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,006900$ g/ml s-au consumat 25,00 ml soluție

de KMnO_4 . Calculați concentrația molară a echivalentului soluției de permanganat de potasiu.

Răspuns: 0,08757 mol/l.

11-88. O cantitate de 0,1500 g de carbonat de calciu tehnic s-au dizolvat în acid clorhidric, apoi ionii de calciu s-au sedimentat în formă de CaC_2O_4 . Precipitatul spălat s-a dizolvat în acid sulfuric și s-a titrat cu 18,85 ml soluție de KMnO_4 cu $T(\text{KMnO}_4/\text{CaCO}_3) = 0,00600 \text{ g/ml}$. Să se calculeze partea de masă a CaCO_3 în modelul tehnic analizat.

Răspuns: 75,4%.

11-89. O cantitate de 0,4000 g de sulfat de fier (II) s-a dizolvat într-un balon cotat cu volumul de 100,00 ml. La titrarea a 20,00 ml din soluția obținută s-au consumat 14,20 ml soluție de KMnO_4 cu $c(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4) = 0,0198 \text{ mol/l}$. Calculați partea de masă a $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ în proba de analizat.

Răspuns: 97,70%.

11-90. O cantitate de 0,0979 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (c.p) s-a trecut cantitativ într-un balon cotat de 100 ml și s-a diluat cu apă până la semn. La 25,00 ml din soluția obținută s-a adăugat surplus de KI și la titrarea iodului eliminat s-au consumat 25,50 ml soluție de tiosulfat de sodiu. Determinați concentrația molară a tiosulfatului de sodiu.

Răspuns: 0,01958 mol/l.

11-91. În procesul titrării a 20,00 ml de apă de clor prin metoda iodometrică indirectă s-au consumat 19,20 ml de soluție de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ cu concentrația molară egală cu 0,0195 mol/l. Calculați masa clorului în 100 ml de apă de clor.

Răspuns: 0,0664 g.

11-92. La soluția acidulată ce conține H_2O_2 s-au adăugat surplus de KI. La titrarea iodului eliminat s-au consumat 22,40 ml de soluție de tiosulfat de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,1010 mol/l. Determinați masa H_2O_2 în soluție.

Răspuns: 0,03846 g.

11-93. La 25,00 ml soluție de HCl s-a adăugat un surplus de amestec de $\text{KIO}_3 + \text{KI}$ și iodul eliminat s-a titrat cu soluție de tiosulfat de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,02100 mol/l. La această titrare s-au consumat 24,00 ml soluție de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Calculați masa HCl ce se conține în 250,00 ml de soluție de HCl.

Răspuns: 0,1838 g.

11-94. La proba cântărită de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ cu masa egală cu 0,0645 g s-a adăugat exces de KI și HCl. La titrarea iodului eliminat s-au consumat 22,85 ml de soluție de tiosulfat de sodiu. Calculați concentrația molară a soluției de tiosulfat de sodiu și titrul ei în raport cu I_2 și KMnO_4 .

*Răspuns: 0,05757 mol/l;
0,007306 g/ml; 0,001820 g/ml.*

11-95. Proba de analizat, ce conține ioni de cupru(II), a fost trecută într-un balon cotat de 200,00 ml și s-a diluat cu apă până la semn. La 10,00 ml din această soluție s-a adăugat exces de KI și la titrarea iodului eliminat s-au consumat 12,60 ml soluție de tiosulfat de sodiu cu $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cu}) = 0,003177 \text{ g/ml}$. Calculați masa ionilor de cupru(II) din soluția de analizat.

Răspuns: 0,8006 g.

11-96. Calculați masa clorului ce se conține într-un l de apă de clor, dacă pentru titrarea iodului obținut prin tratarea a 25,00 ml de această apă cu exces de KI s-au consumat 20,10 ml de soluție 0,1 molară de tiosulfat de sodiu cu factorul de concentrație $F = 1,1000$.

Răspuns: 3,1352 g.

11-97. Pentru dozarea plumbului din minereu s-a luat o probă cu masa de 5,000 g. După dizolvarea ei în acid ionul Pb^{2+} a fost precipitat sub formă de PbCrO_4 , precipitatul a fost filtrat, spălat și dizolvat în amestec de HCl și KI. Iodul eliminat s-a titrat cu soluție de tiosulfat de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,05000 mol/l, din care s-au consumat 42,00 ml. Care este partea de masă a plumbului în minereu?

Răspuns: 2,90%.

11-98. Concentrația molară a echivalentului soluției de iod este egală cu 0,02 moli/l. Calculați titrul acestei soluții în raport cu: As_2O_3 ; H_2S ; CH_2O și $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (acidul ascorbic).

*Răspuns: 0,0009892 g/ml;
0,0003408 g/ml; 0,0003003 g/ml;
0,001761 g/ml.*

11-99. În procesul titrării a 25,00 ml soluție de iod molecular s-au consumat 22,15 ml soluție de tiosulfat de sodiu cu $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1313$ moli/l. Calculați concentrația molară a echivalentului soluției de iod și factorul de concentrație.

Răspuns: 0,1163 moli/l; 1,1630.

11-100. O cantitate de 1,2400 g As_2O_3 tehnic s-a cântărit și s-a dizolvat într-un balon cotat de 250 ml. La titrarea a 25,00 ml din soluția obținută de As_2O_3 s-au consumat 24,10 ml de soluție de iod cu $c(\frac{1}{2}\text{I}_2) = 0,0980$ moli/l. Calculați partea de masă (%) a As_2O_3 în modelul de analizat.

Răspuns: 94,21%

11-101. O cantitate de 1,0000 g acid ascorbic $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, se trece cantitativ într-un balon cotat de 100 ml și se dizolvă în apă. La titrarea a 10,00 ml din soluția preparată s-au consumat 11,40 ml soluție de iod cu $c(\frac{1}{2}\text{I}_2) = 0,0973$ moli/l. Acidul ascorbic medicinal trebuie să conțină cel puțin 99% de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$. Preparatul analizat este medicinal sau nu?

Răspuns: Nu.

11-102. La 25,00 ml de soluție H_2S s-a adăugat 50,00 ml soluție de iod cu $c(\frac{1}{2}\text{I}_2) = 0,01960$ moli/l. La titrarea restului de iod s-au consumat 11,00 ml soluție de tiosulfat de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,02040 moli/l. Determinați masa H_2S ce se conține într-un litru de soluție cercetată.

Răspuns: 0,5150 g.

11-103. Determinați masa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ necesară pentru standardizarea unei soluții de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ cu concentrația aproximativ egală cu 0,1 moli/l, având la dispoziție un balon cotat de 200,00 ml, o pipetă

de 10,00 ml și tinzând ca la titrarea iodului eliminat să se consume 25,00 ml soluție de tiosulfat de sodiu?

Răspuns: circa 2,5 g.

11-104. În urma arderii unei substanțe organice ce conține sulf s-a obținut SO_2 care a fost absorbit de apă. La titrarea soluției de SO_2 obținute s-au consumat 3,33 ml soluție de iod cu $c(\frac{1}{2}\text{I}_2) = 0,01125$ moli/l. Determinați partea de masă a sulfului în substanța organică, dacă masa probei de analizat era egală cu 2,0000 g.

Răspuns: 0,03%.

11-105. La 25,00 ml soluție de tiosulfat de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,0200 moli/l s-a adăugat 20,00 ml soluție de iod cu $T(\text{I}_2) = 0,0003175$ g/ml. Se va colora soluția obținută la adăugarea la ea a amidonului sau nu?

Răspuns: Nu.

11-106. Determinați masa iodului necesar pentru prepararea a 8 l soluție, 1 ml al căreia va fi echivalent cu 0,001 g As.

Răspuns: 27,11 g.

11-107. Calculați concentrația molară a soluției de iod, dacă la titrarea probei de As_2O_3 (c.p.) cu masa egală cu 0,1008 g s-au consumat 20,00 ml de această soluție.

Răspuns: 0,1019 moli/l.

11-108. În procesul titrării iodului, eliminat prin tratarea a 5,00 ml de soluție de KBrO_3 cu exces de KI, s-au consumat 5,12 ml soluție 0,1 molară de tiosulfat de sodiu cu $F(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1,000$. Calculați factorul de concentrație (coeficientul de corecție) a soluției de KBrO_3 .

Răspuns: 1,024.

11-109. O cantitate de 0,2020 g de substanță ce conține As_2O_3 s-a dizolvat și apoi s-a titrat cu soluție de KBrO_3 cu $c(\frac{1}{6}\text{KBrO}_3) \approx 0,1$ moli/l ($F = 1,1010$). La titrare s-au consumat 8,90 ml soluție de KBrO_3 . Calculați partea de masă (%) a As_2O_3 în proba de analizat.

Răspuns: 23,99%.

11-110. O cantitate de 0,2784 g KBrO_3 (c.p.) s-a trecut cantitativ în balonul cotat de 100 ml și s-a diluat cu apă până la semn. Calculați factorul de concentrație (coeficientul de corecție) a soluției obținute.

Răspuns: 1,000.

11-111. Pentru analiză s-a cântărit o probă de 1,0000 g de babil și s-a dizolvat în acid sulfuric; în soluția obținută s-a titrat Sb(III) cu soluție de KBrO_3 cu $c(\frac{1}{6}\text{KBrO}_3) = 0,1100$ moli/l din care s-au consumat 21,40 ml. Calculați partea de masă a Sb în proba de babil.

Răspuns: 14,33%.

11-112. Care este masa KBrO_3 necesară pentru prepararea a 10 l soluție, 1 ml a căreia va fi echivalent cu 0,01 g Sb .

Răspuns: 45,73 g.

11-113. Care este masa de arsen (III) echivalentă cu 1 ml de soluție de KBrO_3 , obținută la dizolvarea a 4,1666 g KBrO_3 în apă într-un balon cotat de un l.

Răspuns: 0,005607 g.

11-114. La 10,00 ml soluție de KBrO_3 s-a adăugat exces de KI , iodul eliminat s-a titrat cu soluție titrată de tiosulfat de sodiu și s-au consumat 40,00 ml soluție de tiosulfat cu concentrația molară egală cu 0,0200 moli/l. Determinați concentrația molară a echivalentului bromatului de potasiu și factorul de concentrație.

Răspuns: 0,0800 moli/l; 0,8000.

11-115. O probă cântărită de streptocid cu masa egală cu 0,0989 g s-a dizolvat într-un volum arbitrar de apă (20–25 ml), apoi s-a adăugat exces de acid sulfuric și KBr și s-a titrat cu 21,05 ml soluție standard de KBrO_3 . Se știe că 1 ml de soluție de KBrO_3 este echivalent cu 0,004300 g streptocid. Calculați partea de masă (%) a streptocidei în proba de analizat.

Răspuns: 91,52%.

11-116. Ce valoare are masa molară a echivalentului aluminiului, dacă el va fi dozat prin precipitare cu oxichinoleină, după care se efectuează titrarea prin metoda bromo-bromatometrică a soluției

obținute după dizolvarea precipitatului de oxichinolinat în acid clorhidric?

Răspuns: 2,25 g/mol.

11-117. O probă de rezorcină $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ cu masa egală cu 0,1000 g s-a trecut într-un balon cotat de 50 ml și s-a diluat cu apă până la semn. La 5,00 ml din soluția obținută s-a adăugat 10,00 ml soluție de KBrO_3 cu $c(\frac{1}{6}\text{KBrO}_3) = 0,1000$ moli/l, exces de KBr și acid sulfuric. După 5–10 minute la amestecul obținut s-a adăugat exces de KI și iodul eliminat s-a titrat cu soluție de tiosulfat de sodiu cu concentrația molară egală cu 0,1020 moli/l, la care s-au consumat 4,80 ml. Calculați partea de masă a rezorcinei în modelul de analizat.

Răspuns: 93,67%.

11-118. O probă cântărită de aldehydă formică tehnică cu masa egală cu 0,2879 s-a dizolvat în apă, apoi s-a adăugat NaOH și 50,00 ml soluție de iod cu $c(\frac{1}{2}\text{I}_2) = 0,1004$ moli/l. După acidularea soluției la titrarea restului de iod s-au consumat 15,20 ml soluție de tiosulfat de sodiu cu $T(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01600$ g/ml. Determinați partea de masă a aldehydei formice în modelul de analizat.

Răspuns: 18,16%.

11-119. Care este masa substanței ce conține 0,3% de S necesară pentru a obține H_2S , la titrarea căruia se va consuma 10,00 ml soluție de iod cu $c(\frac{1}{2}\text{I}_2) = 0,0500$ moli/l?

Răspuns: 2,6717 g.

11-120. În procesul titrării a 20,00 ml de soluție acidulată de FeSO_4 s-au consumat 22,50 ml de soluție de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ cu $c(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,1000$ moli/l. Ce volum de apă trebuie de adăugat la 200,0 ml de soluție de FeSO_4 ca $c(\text{FeSO}_4)$ să fie egală cu 0,0500 moli/l?

Răspuns: 250,0 ml.

11-121. 1,3875 g de sulfat de fier(II) cristalin s-a dizolvat în apă, s-a trecut cantitativ într-un balon cotat de 100 ml și s-a diluat cu apă până la semn. La titrarea a 25,00 ml din soluția obținută s-au consumat 17,25 ml de soluție de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ cu $c(\frac{1}{6}\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) =$

0,0500 moli/l. Să se calculeze partea de masă a cristalohidratului $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ în proba analizată de sulfat de fier(II).

Răspuns: 69,13%.

11-122. În procesul titrării unei probe de izoniazidă (substanță medicamentoasă) cu masa 0,2834 g s-au consumat 20,50 ml de soluție 0,1000 molară de $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$. Să se calculeze partea de masă a hidrazidei acidului izonicotinic $\text{C}_6\text{H}_4\text{NCONHNH}_2$ în substanța medicamentoasă analizată.

Răspuns: 99,20%.

11-123. Pentru standardizarea azotitului de sodiu s-au titrat 10,00 ml soluție de acid sulfanilic cu concentrația molară 0,1056 moli/l și s-au consumat 10,85 ml soluție NaNO_2 . Să se calculeze concentrația molară a soluției de azotit de sodiu și factorul de concentrație a ei.

Răspuns: 0,09733 moli/l; 0,9733.

11.3.3 Volumetria prin reacții de precipitare

11-124. Care este masa clorului în soluția de NH_4Cl , ce se analizează, dacă pentru titrarea ei s-au consumat 30,00 ml soluție de AgNO_3 , al cărei titru în raport cu clorul este egal cu 0,003512 g/ml?

Răspuns: 0,1054 g.

11-125. Care este masa BaCl_2 ce se conține în 250 ml soluție, dacă, după adăugarea la 25,00 ml de soluție de BaCl_2 a 40,00 ml soluție 0,1 molară de AgNO_3 ($F = 1,020$), la titrarea restului de AgNO_3 s-au consumat 15,00 ml soluție 0,1 molară de NH_4SCN ($F = 0,980$)?

Răspuns: 2,7177 g.

11-126. Calculați masa NaCl necesară pentru prepararea a 100 ml soluție cu $c(\text{NaCl}) = 0,05$ moli/l.

Răspuns: 0,2922 g.

11-127. Calculați titrele soluției de AgNO_3 în raport cu NaCl și KBr dacă $c(\text{AgNO}_3) = 0,0500$ moli/l.

*Răspuns: 0,002922 g/ml;
0,005951 g/ml.*

11-128. Proba cântărită de NaBr tehnic cu masa egală cu 0,2058 g s-a dizolvat în apă. La soluția obținută s-a adăugat 40,00 ml soluție 0,1 molară de AgNO_3 ($F = 0,998$) și la titrarea restului de AgNO_3 s-au consumat 21,20 ml soluție de KSCN . Calculați partea de masă a impurităților în proba de analizat, dacă se știe că un ml soluție de AgNO_3 este echivalent cu 1,06 ml soluție de KSCN .

Răspuns: 0,20%.

11-129. O probă cântărită de KBr tehnic cu masa egală cu 0,3838 g s-a dizolvat și s-a titrat cu 28,80 ml soluție de AgNO_3 cu $T(\text{AgNO}_3/\text{Cl}) = 0,003546$ g/ml. Calculați partea de masă (%) a KBr în proba de analizat.

Răspuns: 89,32%.

11-130. O cantitate de 0,2266 g substanță, ce conține clor, s-a dizolvat în apă și la soluția obținută s-a adăugat 30,00 ml soluție 0,1 molară de AgNO_3 cu $F = 1,121$. La titrarea excesului de AgNO_3 s-au consumat 0,50 ml soluție 0,1 molară ($F = 1,169$) de NH_4SCN . Calculați conținutul (în %) clorului în substanța de analizat.

Răspuns: 51,70%.

11-131. În procesul titrării unei soluții de NaCl s-au consumat 24,50 ml soluție de AgNO_3 cu $T(\text{AgNO}_3/\text{Cl}) = 0,001694$ g/ml. Calculați masa de NaCl în soluția analizată.

Răspuns: 0,06842 g.

11-132. O probă cântărită de NaBr cu masa egală cu 0,1408 g s-a dizolvat în apă și la soluția obținută s-a adăugat 50,00 ml soluție 0,05 molară de AgNO_3 ($F = 0,9000$). La titrarea restului de AgNO_3 s-au consumat 27,00 ml soluție 0,05 molară de NH_4SCN ($F = 0,9200$). Determinați partea de masă a impurităților în proba de analizat.

Răspuns: 26,33%.

11-133. Într-un balon cotat de 250 ml s-a trecut 25,00 ml soluție de HCl și s-a diluat până la semn. La titrarea a 20,00 ml din soluția obținută s-au consumat 24,37 ml soluție 0,1 molară de

AgNO₃ (F = 0,9850). Calculați masa clorurii de hidrogen ce se conține într-un l de soluție inițială de HCl.

Răspuns: 43,76 g.

11-134. O cantitate de 0,3000 g de substanță medicamentoasă AgNO₃ s-a dizolvat în apă acidulată cu HNO₃ și s-a titrat cu soluție 0,1 molară de NH₄SCN (F = 0,9500). La titrare s-au consumat 18,50 ml soluție de NH₄SCN. 1 ml de soluție 0,1 molară de NH₄SCN corespunde unei cantități de 0,01699 g AgNO₃. Calculați partea de masă (%) a AgNO₃ în substanța analizată.

Răspuns: 99,53%.

11-135. O cantitate de 0,5000 g de substanță medicamentoasă HgO s-a dizolvat în acid azotic și, după diluare, s-a titrat cu soluție 0,1 molară de NH₄SCN (F = 1,0000), la care s-au consumat 45,90 ml. 1 ml soluție 0,1 molară de NH₄SCN corespunde unei cantități de 0,01083 g HgO. Calculați partea de masă (%) a HgO în substanța analizată.

Răspuns: 99,42%.

11-136. În procesul titrării a 10,00 ml de soluție injectibilă izotonică de NaCl s-au consumat 17,48 ml soluție 0,1 molară (F = 0,9000) de AgNO₃. Calculați concentrația de masă (g/100 ml) a soluției de NaCl.

Răspuns: 0,92 g/100 ml.

11-137. În procesul titrării a 0,1050 g NaCl (c.p.) s-au consumat 20,00 ml soluție de Hg₂(NO₃)₂. Calculați concentrația molară a echivalentului soluției de Hg₂(NO₃)₂.

Răspuns: 0,0898 moli/l

11.3.4 Volumetria prin reacții de complexare

11-138. Calculați masa probei de complexon III necesară pentru prepararea a 100 ml soluție cu concentrația molară egală cu 0,05 moli/l.

Răspuns: 1,8612 g.

11-139. În procesul titrării a 10,00 ml soluție, ce conține ioni de calciu, s-au consumat 13,80 ml soluție standard de trilon B cu concentrația molară egală cu 0,0500 moli/l. Calculați masa ionilor de calciu dintr-un l de soluție analizată.

Răspuns: 2,766 g.

11-140. O cantitate de 0,2500 g de substanță medicamentoasă MgSO₄·7H₂O s-a dizolvat în 100 ml de apă, s-a adăugat 5 ml tampon amoniacal și s-a titrat cu soluție 0,05 molară (F = 0,9200) de Na₂E.D.T.A. În procesul titrării s-au consumat 21,84 ml. 1 ml soluție 0,05 molară de Na₂E.D.T.A. corespunde unei cantități de 0,01232 g MgSO₄·7H₂O. Calculați partea de masă (%) a MgSO₄·7H₂O în substanța analizată.

Răspuns: 99,02%.

11-141. O cantitate de 24,0000 g FeNH₄(SO₄)₂·12H₂O s-au dizolvat într-un balon cotat cu capacitatea egală cu un litru. La titrarea a 10,00 ml din soluția obținută s-au consumat 10,30 ml de soluție complexon III. Calculați concentrația molară, titrul în raport cu Fe₂O₃ și titrul în raport cu CaO a soluției de complexon III.

*Răspuns: 0,04832 moli/l;
0,003858 g/ml; 0,002710 g/ml.*

11-142. La o probă de soluție ce conține cationi de aluminiu s-a adăugat 20,00 ml soluție 0,05 molară (F = 1,040) de complexon III, iar la titrarea excesului de complexon (indicator negru de eriocrom T) s-au consumat 6,05 ml soluție de ZnSO₄ cu concentrația molară 0,0500 moli/l. Calculați masa aluminiului în soluția analizată.

Răspuns: 19,90 mg.

11-143. O cantitate de 0,4000 g sulfat de aluminiu și de potasiu s-a dizolvat în apă, s-a adăugat 30,00 ml soluție 0,05 molară ($F = 0,9000$) de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ și excesul de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ s-a titrat cu soluție 0,05 molară ($F = 0,9200$) de ZnSO_4 , la care s-au consumat 11,20 ml. Calculați partea de masă a $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ în modelul de analizat, dacă se știe că 1 ml soluție 0,05 molară de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ corespunde la 0,02372 g $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Răspuns: 99,01%.

11-144. Calculați concentrația molară a echivalentului (mmoli/l) ionilor Mg^{2+} care cauzează duritatea apei, dacă la titrarea a 100 ml de apă (indicator negru de eriocrom T) s-au consumat 18,45 ml de complexon III cu concentrația molară egală cu 0,0500 moli/l.

Răspuns: 18,45 mmoli/l.

11-145. În procesul titrării a 20,00 ml apă, ce conține ioni de Mg^{2+} și Ca^{2+} , s-au consumat 19,20 ml soluție de complexon III cu concentrația molară egală cu 0,0500 moli/l (indicator negru de eriocrom T). La altă porțiune de apă cu volumul egal cu 20,00 ml s-a adăugat NaOH pentru sedimentarea Mg^{2+} în $\text{Mg}(\text{OH})_2$ și 20,00 ml soluție de complexon III de aceeași concentrație. La titrarea excesului de complexon III s-au consumat 12,15 ml soluție de CaCl_2 cu $c(\text{CaCl}_2) = 0,0485$ moli/l (indicator murexid). Calculați concentrația molară a echivalentului ionilor de Mg^{2+} și Ca^{2+} (mmoli/l) în apa analizată.

*Răspuns: 54,93 mmoli/l;
41,07 mmoli/l.*

11-146. O probă de Al_2O_3 cu masa egală cu 1,0220 g s-a dizolvat, s-a adăugat 25,00 ml soluție de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ cu concentrația molară egală cu 0,2151 moli/l, iar la titrarea excesului de complexon s-au consumat 9,85 ml soluție de ZnSO_4 cu $c(\text{ZnSO}_4) = 0,1015$ moli/l. Calculați partea de masă (%) a Al_2O_3 în modelul de analizat.

Răspuns: 21,84%

11-147. Determinați partea de masă (%) a impurităților în acetatul de plumb, dacă la titrarea soluției obținute prin dizolvarea unei probe de acetat de plumb cu masa egală cu 0,1000 g s-au

consumat 5,84 ml soluție de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ cu concentrația molară egală cu 0,0500 moli/l.

Răspuns: 5,02%.

11-148. Determinați masa Na_2SO_4 în proba de analizat, dacă, după adăugarea a 20,00 ml soluție de BaCl_2 cu $c(\text{BaCl}_2) = 0,06315$ moli/l, la titrarea excesului de BaCl_2 s-au consumat 15,64 ml soluție de complexon III cu concentrația molară egală cu 0,04640 moli/l.

Răspuns: 0,0763 g.

11-149. În procesul titrării a 0,1045 g CaCO_3 (c.p.) s-au consumat 21,06 ml soluție de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ Calculați concentrația molară a soluției de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ și titrul ei în raport cu CaO .

*Răspuns: 0,0496 moli/l;
0,002780 g/ml.*

11-150. La 20,00 ml soluție de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ s-a adăugat 20,00 ml soluție de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ cu concentrația molară egală cu 0,1021 moli/l, iar la titrarea restului de $\text{Na}_2\text{E.D.T.A.}$ s-au consumat 15,04 ml soluție de ZnCl_2 cu $c(\text{ZnCl}_2) = 0,1100$ moli/l. Calculați concentrația molară a soluției de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ și titrul ei.

*Răspuns: 0,01938 moli/l;
0,006419 g/ml.*

11-151. La 10,00 ml soluție de Na_2SO_4 s-a adăugat 50,00 ml soluție 0,1000 molară de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, iar restul de azotat de plumb s-a titrat cu 10,00 ml de complexon III cu concentrația molară 0,0500 moli/l. Calculați masa $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ într-un litru de soluție de sulfat de sodiu.

Răspuns: 144,99 g.

12. TESTE COMPLEMENT SIMPLU – analiza cantitativă

- 12-1. Forma gravimetrică la determinarea substanței medicamentoase $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 278,02$) este Fe_2O_3 ($M_r = 159,69$). Factorul gravimetric este egal cu:
- A. 0,9500;
 - B. 1,9000;
 - C. 1,7410;
 - D. 3,4820;
 - E. 0,5744.
- 12-2. Bromura de sodiu ($M_r = 102,9$) din soluția de analizat a fost sedimentată în formă de AgBr ($M_r = 187,78$). S-a obținut 0,2510 g de precipitat. Masa (g) de NaBr în soluția de analizat este egală cu:
- A. 0,2510;
 - B. 0,4581;
 - C. 2,1828;
 - D. 0,1375;
 - E. 0,2291.
- 12-3. Din soluția de analizat s-a obținut 0,1625 g de precipitat ZnNH_4PO_4 ($M_r = 178,38$). Masa (g) a ZnSO_4 ($M_r = 161,43$) în soluția de analizat este egală cu:
- A. 0,1796;
 - B. 0,9047;
 - C. 1,1053;
 - D. 0,1471;
 - E. 1,0000.
- 12-4. Factorul gravimetric la determinarea sulfatului de zinc ($M_r = 161,43$) în forma gravimetrică $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ($M_r = 304,68$) este egal cu:
- A. 1,0597;
 - B. 0,9441;
 - C. 0,5298;
 - D. 1,8882;
 - E. 1,6100.
- 12-5. Care din următoarele săruri de calciu este mai potrivită în calitate de formă de precipitare:
- A. CaSO_4 ($PS = 2,5 \cdot 10^{-5}$);
 - B. CaCO_3 ($PS = 3,8 \cdot 10^{-9}$);
 - C. CaC_2O_4 ($PS = 2,3 \cdot 10^{-9}$);

- D. CaCrO_4 ($PS = 7,1 \cdot 10^{-4}$);
 - E. CaF_2 ($PS = 4,0 \cdot 10^{-11}$).
- 12-6. Care din următoarele săruri de bariu este mai potrivită în calitate de formă de precipitare:
- A. BaC_2O_4 ($PS = 1,1 \cdot 10^{-7}$);
 - B. BaCO_3 ($PS = 4,0 \cdot 10^{-10}$);
 - C. BaSO_4 ($PS = 1,1 \cdot 10^{-10}$);
 - D. BaCrO_4 ($PS = 1,2 \cdot 10^{-10}$);
 - E. Ba(OH)_2 ($PS = 5 \cdot 10^{-3}$).
- 12-7. Care din următoarele substanțe nu este potrivită în calitate de formă de precipitare:
- A. CaSO_4 ;
 - B. CaCO_3 ;
 - C. CaC_2O_4 ;
 - D. BaSO_4 ;
 - E. BaCO_3 .
- 12-8. Factorul gravimetric la determinarea tiosulfatului de sodiu ($M_r = 158,11$) în forma gravimetrică BaSO_4 ($M_r = 233,43$) este egal cu:
- A. 0,6774;
 - B. 1,4764;
 - C. 2,9528;
 - D. 0,3234;
 - E. 0,3387.
- 12-9. Care din următoarele săruri este mai potrivită în calitate de formă gravimetrică la dozarea fosforului:
- A. $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ($M_r = 222,56$);
 - B. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 348,97$);
 - C. P_2O_5 ($M_r = 141,94$);
 - D. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ($M_r = 310,18$);
 - E. $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ($M_r = 304,72$).
- 12-10. Forma gravimetrică la determinarea $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ($M_r = 310,18$) este CaO ($M_r = 56,08$). Factorul gravimetric este egal cu:
- A. 5,5310;
 - B. 1,8437;
 - C. 3,6905;
 - D. 0,1807;
 - E. 0,5424.

- 12-11. Care din următoarele săruri de plumb este mai potrivită în calitate de formă de precipitare:
- A. PbCl_2 (PS = $1,6 \cdot 10^{-5}$);
 - B. PbSO_4 (PS = $1,6 \cdot 10^{-8}$);
 - C. PbI_2 (PS = $1,1 \cdot 10^{-9}$);
 - D. PbCrO_4 (PS = $1,8 \cdot 10^{-14}$);
 - E. PbCO_3 (PS = $7,49 \cdot 10^{-14}$).
- 12-12. Factorul gravimetric la determinarea acidului fosforic (Mr = 97,99) în forma gravimetrică $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (Mr = 222,57) este egal cu:
- A. 0,4403;
 - B. 2,2653;
 - C. 0,8805;
 - D. 1,1357;
 - E. 1,2653.
- 12-13. Care din următoarele săruri este mai potrivită în calitate de formă gravimetrică la dozarea zincului:
- A. ZnO (Mr = 81,37);
 - B. $\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3 \cdot (\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Mr=1537);
 - C. $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (Mr = 304,72);
 - D. ZnSO_4 (Mr = 161,43);
 - E. ZnS (Mr = 97,45).
- 12-14. Factorul gravimetric la determinarea Pb_3O_4 (Mr = 685,57) în forma gravimetrică PbSO_4 (Mr = 303,25) este egal cu:
- A. 0,7536;
 - B. 0,4423;
 - C. 1,3270;
 - D. 0,3022;
 - E. 2,2607.
- 12-15. Care precipitant este cel mai potrivit pentru sedimentarea Ag^+ în analiza gravimetrică:
- A. NH_4Cl ;
 - B. NH_4Br ;
 - C. NH_4I ;
 - D. NaCl ;
 - E. KI .

- 12-16. Forma gravimetrică la determinarea Fe_3O_4 (Mr = 231,54) este Fe_2O_3 (Mr = 159,69). Factorul gravimetric este egal cu:
- A. 1,4499;
 - B. 0,6897;
 - C. 0,4833;
 - D. 0,9666;
 - E. 1,0345.
- 12-17. Care precipitant este cel mai potrivit pentru sedimentarea Ca^{2+} în analiza gravimetrică?
- A. K_2SO_4 ;
 - B. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$;
 - C. Na_2CO_3 ;
 - D. $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
 - E. $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$.
- 12-18. Factorul gravimetric la determinarea zaharinei $\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_3\text{S}$ (Mr = 183) în forma gravimetrică BaSO_4 (Mr = 233,43) este egal cu:
- A. 1,2756;
 - B. 0,7840;
 - C. 0,1371;
 - D. 7,2947;
 - E. 0,1749.
- 12-19. Factorul gravimetric la determinarea cofeinei $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ (Mr = 194) în forma gravimetrică $(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2)\text{HBiI}_4$ (Mr = 912) este egal cu:
- A. 4,7010;
 - B. 0,4254;
 - C. 0,2127;
 - D. 0,8508;
 - E. 1,1753.
- 12-20. Factorul gravimetric la determinarea cloroformei CHCl_3 (Mr = 119,4) în forma gravimetrică AgCl (Mr=143,3) este egal cu:
- A. 0,2777;
 - B. 0,8332;
 - C. 1,2002;
 - D. 3,6005;
 - E. 0,4001.

- 12-21. Arseniul ($M_r = 74,92$) se determină cantitativ transformându-se în $BaSO_4$ ($M_r = 233,43$) în conformitate cu schema:
 $As \rightarrow As_2S_3 \rightarrow SO_2 \rightarrow BaSO_4$. Factorul gravimetric este egal cu:
 A. 0,3210;
 B. 3,1153;
 C. 1,5577;
 D. 0,2140;
 E. 0,6420.
- 12-22. Factorul gravimetric pentru determinarea masei de clormicitină $C_{11}H_{12}O_5N_2Cl_2$ ($M_r=323$) în forma gravimetrică $AgCl$ ($M_r=143,3$) este egal cu:
 A. 0,4437;
 B. 1,1270;
 C. 2,2540;
 D. 0,8873;
 E. 0,4955.
- 12-23. Din soluția $MgSO_4$ s-a obținut 0,2872 g precipitat de oxichinolinat de magneziu $Mg(C_9H_6ON)_2$ ($M_r = 312,6$). Masa sulfatului de magneziu ($M_r = 120,4$) în soluția de analizat este egală cu:
 A. 0,7457;
 B. 0,3728;
 C. 0,2212;
 D. 0,0553;
 E. 0,1106.
- 12-24. În procesul sedimentării ionilor Br^- dintr-o soluție de $NaBr$ ($M_r=102,9$) s-a format precipitat $AgBr$ ($M_r=187,8$). Masa precipitatului uscat constituie 0,2510 g. Masa bromurii de sodiu din soluția analizată este egală cu:
 A. 0,4581;
 B. 0,1069;
 C. 0,1375;
 D. 0,5892;
 E. 1,0690.
- 12-25. În procesul analizei unei soluții de $ZnSO_4$ ($M_r = 161,4$) s-a obținut precipitat $ZnNH_4PO_4$ ($M_r = 178,4$) care după uscare avea masa 0,1625 g. Masa sulfatului de zinc în soluția analizată este egală cu:
 A. 0,1470;

- B. 0,1796;
 C. 1,796;
 D. 1,4701;
 E. 0,0593.
- 12-26. Din soluția de sare de potasiu s-a obținut 0,1528 g precipitat $KClO_4$ ($M_r = 138,6$). Masa ionilor K^+ ($A_r = 39,1$) în soluția de sare de potasiu este egală cu:
 A. 0,5416;
 B. 0,2708;
 C. 0,0862;
 D. 0,1724;
 E. 0,0431.
- 12-27. Titul soluției substanței A reprezintă:
 A. masa unui ml de soluție a substanței A;
 B. raportul dintre masa substanței A și volumul solventului în care ea e dizolvată;
 C. masa (g) substanței A, ce se conține într-un ml soluție a acestei substanțe;
 D. raportul dintre masa soluție substanței A și masa substanței A;
 E. masa unui l de soluție a substanței A.
- 12-28. Titul soluției titrate B în raport cu substanța de analizat A reprezintă:
 A. masa substanței A (g), care reacționează fără rest cu un ml soluție titrată B;
 B. masa substanței B (g), care este echivalentă cu un ml soluție A;
 C. masa substanței B (g), care reacționează fără rest cu un l soluție A;
 D. masa substanței A (g), care este echivalentă cu un l soluție titrată B;
 E. raportul dintre masa soluției B și volumul soluției A.
- 12-29. Relația dintre concentrația molară $c(A)$ și partea de masă $\omega(A)$ a soluției A, este:
 A. $c(A) = \omega(A) \cdot 10 \cdot \rho$;
 B. $c(A) = \frac{\omega(A) \cdot 10 \cdot \rho}{M(A)}$;
 C. $c(A) = \frac{M(A)}{\omega(A) \cdot 10 \cdot \rho}$;

$$D. c(A) = \frac{\omega(A) \cdot 100 \cdot \rho}{M(A)}$$

$$E. c(A) = \frac{\omega(A) \cdot 10 \cdot \rho}{V(A)}$$

12-30. Relația dintre titrul soluției substanței A și concentrația molară a acestei soluții este:

$$A. T(A) = c(A) \cdot V(A);$$

$$B. T(A) = \frac{m(A)}{c(A) \cdot V(A)};$$

$$C. T(A) = \frac{c(A) \cdot M(A)}{1000};$$

$$D. T(A) = c(A) \cdot M(A) \cdot 1000;$$

$$E. T(A) = \frac{c(A) \cdot 1000}{M(A)}.$$

12-31. Relația dintre T(B) și T(B/A) este:

$$A. T(B) = T(B/A) \cdot \frac{M\left(\frac{1}{z_A} A\right)}{M\left(\frac{1}{z_B} B\right)}$$

$$B. T(B) = \frac{M\left(\frac{1}{z_B} B\right)}{T(B/A) \cdot M\left(\frac{1}{z_A} A\right)};$$

$$C. T(B) = T(B/A) \cdot V(B);$$

$$D. T(B) = T(B/A) \cdot \frac{M\left(\frac{1}{z_B} B\right)}{M\left(\frac{1}{z_A} A\right)};$$

$$E. T(B) = T(B/A) \cdot 100.$$

12-32. Masa probei (g) de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 381,4$) necesară pentru prepararea a 100 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,1 moli/l, este egală cu:

A. 3,814;

B. 1,007;

C. 0,1907;

D. 2,014;

E. 1,907.

12-33. În 200 ml de soluție HCl se conține 0,10 moli HCl. Concentrația molară (moli/l) a acestei soluții este:

A. 0,50;

B. 0,05;

C. 0,02;

D. 0,20;

E. 0,10.

12-34. Volumul de apă (ml), care trebuie de adăugat la 1200 ml soluție cu $c(\text{HCl}) = 0,24$ moli/l pentru a obține soluție 0,20 molară de HCl, este egal cu:

A. 1440;

B. 440;

C. 144;

D. 240;

E. 200.

12-35. Se consideră că soluția are $c(\text{HCl}) = 0,0983$ moli/l. Valoarea $T(\text{HCl}/\text{NaOH})$ (g/ml) este egală cu:

A. 3,932;

B. 0,002458;

C. 0,003932;

D. 0,000983;

E. 2,4575.

12-36. Se consideră că soluția are $T(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,004933$ g/ml. Concentrația molară a echivalentului (moli/l) a acidului sulfuric este:

A. 0,0503;

B. 0,1006;

C. 0,0002417;

D. 0,4834;

E. 0,2417.

12-37. În 200 ml de soluție se conțin 0,1060 g Na_2CO_3 . Valorile $T(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ (g/ml) și $c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3)$ (moli/l) sunt egale cu:

$$T(\text{Na}_2\text{CO}_3) \quad c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

A. 0,5300 0,2000;

B. 0,0005300 0,2000;

- C. 5300 0,005000;
 D. 0,001000 0,4000;
 E. 0,0005300 0,01000.
- 12-38. În procesul titrării a 20,00 ml soluție NaOH s-au consumat 22,40 ml soluție cu $c(\text{HCl}) \approx 0,1$ mol/l și $F = 0,9325$. Masa (g) de NaOH în 1000 ml de această soluție este egală cu:
 A. 4,178;
 B. 0,084;
 C. 4,480;
 D. 4,804;
 E. 3,812.
- 12-39. În procesul titrării a 20 ml de soluție HCl cu $c(\text{HCl}) = 0,1985$ mol/l s-au consumat 16,33 ml soluție KOH. Concentrația molară (mol/l) a soluției KOH este egală cu:
 A. 0,1596;
 B. 0,2431;
 C. 0,2449;
 D. 0,3730;
 E. 0,1585.
- 12-40. Masa (g) NaOH necesară pentru prepararea a cinci l soluție 0,5 molară de NaOH, este egală cu:
 A. 0,0625;
 B. 1000;
 C. 100;
 D. 6,25;
 E. 62,5.
- 12-41. În procesul titrării soluției H_3PO_4 s-au consumat în prezența metiloranjului 25,50 ml soluție NaOH cu $T(\text{NaOH}/\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,01960$ g/ml. Masa (g) a lui H_3PO_4 în soluția de acid fosforic este egală cu:
 A. 0,8444;
 B. 1,1842;
 C. 0,4998;
 D. $8,444 \cdot 10^{-4}$;
 E. $4,275 \cdot 10^{-4}$.
- 12-42. În procesul titrării a 10 ml de soluție NaHCO_3 s-au consumat 20,00 ml soluție HCl cu $T(\text{HCl}/\text{NaHCO}_3) = 0,008400$ g/ml. Masa (g) de NaHCO_3 într-un l de această soluție este egală cu:
 A. 0,168;

- B. 0,840;
 C. 16,800;
 D. 8,400;
 E. 0,084.
- 12-43. Soluția de acid sulfuric are $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0500$ mol/l. Un ml de această soluție este echivalent cu:
 A. 0,002805 g KOH;
 B. 0,005610 g KOH;
 C. 0,004900 g KOH;
 D. 0,003700 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
 E. 0,005300 g Na_2CO_3 .
- 12-44. În procesul titrării amestecului de NaHCO_3 și Na_2CO_3 în prezența fenolftaleinei s-au consumat 6,00 ml de soluție HCl, iar la titrarea aceleiași probe în prezența metiloranjului s-au consumat 14,00 ml de soluție HCl. Volumele (ml) soluției HCl consumate pentru componenții respectivi sunt egale cu:
 A. 12,00 și 2,00;
 B. 2,00 și 12,00;
 C. 8,00 și 6,00;
 D. 6,00 și 8,00;
 E. 6,00 și 16,00.
- 12-45. Se consideră că soluția are $T(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,004933$ g/ml. Concentrația molară (mol/l) a acidului sulfuric este egală cu:
 A. 0,05030;
 B. 0,0004834;
 C. 0,002417;
 D. 0,0001007;
 E. 0,1007.
- 12-46. Se consideră că soluția are $c(\text{HCl}) = 0,1250$ mol/l. Titrul în raport cu CaO (g/ml) a acestei soluții este:
 A. 0,007010;
 B. 2,2321;
 C. 0,003505;
 D. 0,004563;
 E. 3,5050.
- 12-47. În procesul titrării amestecului de KOH și K_2CO_3 în prezența fenolftaleinei s-au consumat 8,00 ml de soluție HCl, iar la titrarea aceleiași probe în prezența metiloranjului s-au consumat 10,00 ml

de soluție HCl. Volumele (ml) soluției HCl consumate pentru componenții respectivi sunt egale cu:

- A. 8,00 și 10,00;
- B. 10,00 și 8,00;
- C. 8,00 și 4,00;
- D. 6,00 și 4,00;
- E. 4,00 și 6,00.

12-48. Se consideră că soluția are $c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,0500$ moli/l. Titrul soluției de Na_2CO_3 (g/ml) este egal cu:

- A. 0,002650;
- B. 0,005300;
- C. 0,9434;
- D. 0,4717;
- E. 0,2650.

12-49. pT al fenolftaleinei este egal cu:

- A. 8,0;
- B. 10,0;
- C. 4,0;
- D. 9,0;
- E. 7,0.

12-50. În procesul titrării unei baze slabe ($\text{pK}_b = 5$) cu soluție titrată de HCl punctul de echivalență se găsește în mediu:

- A. neutru;
- B. bazic;
- C. slab acid;
- D. puternic acid;
- E. puternic bazic.

12-51. Soluția HCl are $T(\text{HCl}) = 0,00365$ g/ml. Valoarea $T(\text{HCl}/\text{CaCO}_3)$ (g/ml) este:

- A. 0,0100;
- B. 0,00133;
- C. 0,00501;
- D. 0,00266;
- E. 0,0500.

12-52. În procesul titrării unui acid slab ($K_a = 10^{-5}$) cu soluție de KOH punctul de echivalență se găsește în mediul:

- A. slab bazic;

- B. puternic bazic;
- C. slab acid;
- D. puternic acid;
- E. neutru.

12-53. În care din titrările indicate mai jos punctul de echivalență corespunde $\text{pH} < 7$?

- A. $\text{HNO}_3 + \text{NaOH}$;
- B. $\text{HCOOH} + \text{NaOH}$;
- C. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{KOH}$;
- D. $\text{KOH} + \text{HCl}$;
- E. $\text{NH}_3 + \text{HCl}$.

12-54. În care din cazurile indicate mai jos mărimea saltului pe curba de titrare e mai mare?

- A. soluție 0,1 molară NaOH + soluție 0,1 molară HCl;
- B. soluție 0,01 molară NaOH + soluție 0,01 molară HCl;
- C. soluție 0,1 molară NH_3 + soluție 0,1 molară HCl;
- D. soluție 0,1 molară CH_3COOH + soluție 0,1 molară KOH;
- E. soluție 0,1 molară NaHCO_3 + soluție 0,1 molară HCl.

12-55. Se titrează soluția 0,1 molară de HCl cu soluție KOH de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:

- A. 5,0 unități pH;
- B. 5,4 unități pH;
- C. 6,0 unități pH;
- D. 3,4 unități pH;
- E. 4,0 unități pH.

12-56. Se titrează soluția 0,01 molară de HCl cu soluție KOH de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:

- A. 5,0 unități pH;
- B. 5,4 unități pH;
- C. 6,0 unități pH;
- D. 3,4 unități pH;
- E. 4,0 unități pH.

12-57. Se titrează soluția 1 molară de HCl cu soluție KOH de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:

- A. 8,0 unități pH;
- B. 5,4 unități pH;
- C. 6,0 unități pH;

- D. 3,4 unități pH;
E. 7,4 unități pH.
- 12-58.** Se titrează soluția 0,01 molară de bază slabă B ($pK_b=5$) cu soluție HCl de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:
- A. 1,3 unități pH;
B. 3,7 unități pH;
C. 0,7 unități pH;
D. 1,7 unități pH;
E. 2,0 unități pH.
- 12-59.** Se titrează soluția 0,01 molară de bază slabă B ($pK_b=5$) cu soluție HCl de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:
- A. 1,3 unități pH;
B. 3,7 unități pH;
C. 0,7 unități pH;
D. 1,7 unități pH;
E. 2,0 unități pH.
- 12-60.** Se titrează soluția 1 molară de bază slabă B ($pK_b=5$) cu soluție HCl de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:
- A. 2,7 unități pH;
B. 3,7 unități pH;
C. 0,7 unități pH;
D. 1,7 unități pH;
E. 2,0 unități pH.
- 12-61.** Se titrează soluția 0,1 molară de acid slab HA ($pK_a=4$) cu soluție KOH de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:
- A. 2,7 unități pH;
B. 3,7 unități pH;
C. 3,0 unități pH;
D. 1,7 unități pH;
E. 5,4 unități pH.
- 12-62.** Se titrează soluția 0,01 molară de acid slab HA ($pK_a=4$) cu soluție KOH de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:
- A. 2,7 unități pH;

- B. 3,7 unități pH;
C. 3,0 unități pH;
D. 1,7 unități pH;
E. 5,4 unități pH.
- 12-63.** Se titrează soluția 1 molară de acid slab HA ($pK_a=4$) cu soluție KOH de aceeași concentrație molară. Saltul pe curba de titrare va constitui:
- A. 2,7 unități pH;
B. 3,7 unități pH;
C. 3,0 unități pH;
D. 1,7 unități pH;
E. 5,4 unități pH.
- 12-64.** Formula echivalentului acidului fosforic la titrarea lui cu soluție titrată de KOH în prezența fenolftaleinei în calitate de indicator este:
- A. H_3PO_4 ;
B. $\frac{1}{2}H_3PO_4$;
C. $\frac{1}{3}H_3PO_4$;
D. $\frac{1}{4}H_3PO_4$;
E. Nu se titrează.
- 12-65.** Formula echivalentului acidului fosforic la titrarea lui cu soluție titrată de KOH în prezența metiloranjului în calitate de indicator este:
- A. $\frac{1}{3}H_3PO_4$;
B. $\frac{1}{2}H_3PO_4$;
C. Nu se titrează;
D. $\frac{1}{4}H_3PO_4$;
E. H_3PO_4 .
- 12-66.** În procesul titrării soluției 0,1 molare HCl cu soluție NaOH de aceeași concentrație în prezența fenolftaleinei ($pT=9$), eroarea de indicator (eroarea hidroxilică) (%) va constitui:
- A. -0,20;
B. +0,20;
C. +0,02;
D. -0,02;
E. +2,00.
- 12-67.** În procesul titrării soluției 0,01 molare HCl cu soluție NaOH de aceeași concentrație în prezența fenolftaleinei ($pT=9$), eroarea de indicator (eroarea hidroxilică) (%) va constitui:
- A. -0,20;

- B. +0,20;
C. +0,02;
D. -0,02;
E. +2,00.
- 12-68. În procesul titrării soluției 0,1 molare HCl cu soluție NaOH de aceeași concentrație în prezența metiloranjului ($pT=4$), eroarea de indicator (eroarea hidrogenică) (%) va constitui:
- A. +0,20;
B. +0,02;
C. -2,00;
D. -0,02;
E. -0,20.
- 12-69. În procesul titrării soluției 0,01 molare HCl cu soluție NaOH de aceeași concentrație în prezența metiloranjului ($pT=4$), eroarea de indicator (eroarea hidrogenică) (%) va constitui:
- A. +0,20;
B. +0,02;
C. -2,00;
D. -0,02;
E. -0,20.
- 12-70. În procesul titrării soluției 0,1 molare de acid slab HA ($pK_a=5$) cu soluție NaOH de aceeași concentrație în prezența fenolftaleinei ($pT=9$), eroarea de indicator (eroarea hidroxilică) (%) va constitui:
- A. -0,20;
B. +0,10;
C. +0,20;
D. +0,02;
E. -0,02.
- 12-71. În procesul titrării soluției 0,1 molare de acid slab HA ($pK_a=5$) cu soluție NaOH de aceeași concentrație în prezența metiloranjului ($pT=4$), eroarea de indicator (eroarea acidică) (%) va constitui:
- A. -0,20;
B. -90,9;
C. +0,20;
D. +0,02;
E. -0,02.

- 12-72. În procesul titrării soluției 1 molare de bază slabă B ($pK_b=4$) cu soluție HCl de aceeași concentrație în prezența indicatorului metiloranj ($pT=4$), eroarea de indicator (eroarea hidrogenică) (%) va constitui:
- A. +0,02;
B. +0,20;
C. +0,10;
D. -0,02;
E. -0,20.
- 12-73. În procesul titrării soluției 0,2 molare de bază slabă B ($pK_b=6$) cu soluție HCl de aceeași concentrație molară, pH-ul în punctul de echivalență va fi egal cu:
- A. 3,5;
B. 4,5;
C. 4,35;
D. 4,0;
E. 1,5.
- 12-74. În procesul titrării soluției 0,2 molare de acid slab HA ($pK_a=6$) cu soluție NaOH de aceeași concentrație, pH-ul în punctul de echivalență va fi egal cu:
- A. 10,0;
B. 12,5;
C. 10,5;
D. 9,5;
E. 9,65.
- 12-75. În procesul titrării soluției 0,2 molare de $[AmH]Cl$ ($pK_b(\text{Amină})=9$) cu soluție NaOH de aceeași concentrație, pH-ul în punctul de echivalență va fi egal cu:
- A. 9,5;
B. 5,0;
C. 9,0;
D. 8,0;
E. 10,0.
- 12-76. În procesul titrării soluției 0,2 molare de sare de sodiu a acidului slab HA ($pK_a = 10^{-10}$) cu soluție HCl de aceeași concentrație, pH-ul în punctul de echivalență va fi egal cu:
- A. 4,5;

- B. 5,35;
 C. 5,0;
 D. 9,5;
 E. 5,5.
- 12-77. Se consideră săruri de sodiu și potasiu ale acizilor slabi: HCOOH ($pK_a = 3,75$), CH₃COOH ($pK_a = 4,76$), C₆H₅COOH ($pK_a = 4,20$), HCN ($pK_a = 9,30$). Care din sărurile enumerate mai jos pot fi titrate direct cu soluție 0,1 molară de HCl în soluții apoase?
 A. HCOONa;
 B. CH₃COOK;
 C. KCN;
 D. C₆H₅COONa;
 E. CH₃COONa.
- 12-78. Titrul soluției de KOH este egal cu 0,005611 g/ml. T(KOH/H₂C₂O₄·2H₂O) (g/ml) este egal cu:
 A. 0,004978;
 B. 0,002489;
 C. 0,005611;
 D. 0,01260;
 E. 0,006303.
- 12-79. Concentrația molară a soluției de acid sulfuric de 54% și $\rho = 1,435$ g/ml este egală cu:
 A. 3,950;
 B. 0,3950;
 C. 15,814;
 D. 0,7901;
 E. 7,901.
- 12-80. Concentrația molară a echivalentului acidului sulfuric în soluția de 54% și $\rho = 1,435$ g/ml este egală cu:
 A. 3,950;
 B. 0,3950;
 C. 15,814;
 D. 0,7901;
 E. 7,901.
- 12-81. Concentrația molară a acidului clorhidric de 13,50% și $\rho = 1,065$ g/ml este egală cu:
 A. 0,3477;

- B. 3,477;
 C. 2,876;
 D. 3,943;
 E. 0,3943.
- 12-82. Concentrația molară a soluției de hidroxid de potasiu de 14,70% și $\rho = 1,135$ g/ml este egală cu:
 A. 2,974;
 B. 0,2974;
 C. 43,315;
 D. 4,332;
 E. 0,3362.
- 12-83. Masa (g) de KOH în 0,5 l soluție 0,1000 molară este egală cu:
 A. 5,6100;
 B. 0,2805;
 C. 0,5610;
 D. 2,8050;
 E. 1,4025.
- 12-84. Masa (g) de (NH₄)₂SO₄ (Mr = 132,14) în 200 ml soluție cu concentrația molară 0,05 moli/l este egală cu:
 A. 6,6070;
 B. 0,6607;
 C. 0,0330;
 D. 13,2140;
 E. 1,3214.
- 12-85. Masa (g) de (NH₄)₂SO₄ (Mr = 132,14) în 200 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,0500 moli/l este egală cu:
 A. 6,6070;
 B. 0,6607;
 C. 0,0330;
 D. 13,2140;
 E. 1,3214.
- 12-86. În procesul titrării a 10,00 ml soluție de NH₃ s-au consumat 12,00 ml soluție HCl cu $T_{HCl/NH_3} = 0,001700$ g/ml. Masa (g) NH₃ în 100 ml soluție de analizat este egală cu:
 A. 0,2040;
 B. 0,0204;
 C. 0,1700;

- D. 0,01417;
E. 0,1417.
- 12-87. În procesul titrării a 10,00 ml soluție de Na_2CO_3 s-au consumat 10,00 ml soluție HCl cu $T_{\text{HCl}/\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,005300$ g/ml. Masa (g) Na_2CO_3 în 100 ml soluție de analizat este egală cu:
A. 1,0600;
B. 0,5300;
C. 5,3000;
D. 0,0530;
E. 0,1060.
- 12-88. Masa acidului succinic $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ ($M_r = 118,09$) necesară pentru prepararea a 250 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,1000 moli/l este egală cu:
A. 0,1476;
B. 2,9523;
C. 1,4761;
D. 0,2952;
E. 0,7381.
- 12-89. Masa (g) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ($M_r = 134,00$), necesară pentru prepararea a 500 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului oxalatului de sodiu 0,05 moli/l, este egală cu:
A. 3,3500;
B. 0,1866;
C. 0,3731;
D. 0,1675;
E. 1,6750.
- 12-90. Masa (g) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 126,07$) necesară pentru prepararea a 250 ml soluție de acid oxalic cu concentrația molară a echivalentului 0,0200 moli/l este egală cu:
A. 0,3152;
B. 0,6300;
C. 0,0746;
D. 0,4500;
E. 0,225.
- 12-91. Masa (g) KMnO_4 ($M_r = 158,04$) necesară pentru prepararea a 250 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,0200 moli/l este egală cu:
A. 0,7902;

- B. 0,1580;
C. 0,1320;
D. 0,2630;
E. 1,5804.
- 12-92. Masa (g) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($M_r = 294,19$) necesară pentru prepararea a 100 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,0200 moli/l este egală cu:
A. 0,5884;
B. 0,2942;
C. 0,0981;
D. 0,1471;
E. 0,9806.
- 12-93. Masa (g) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ necesară pentru prepararea a 250 ml soluție 0,02 molară de tiosulfat de sodiu este egală cu:
A. 0,6205;
B. 0,7906;
C. 0,3953;
D. 1,2409;
E. 0,1241.
- 12-94. Pentru soluția cu $c(\frac{1}{6} \text{KBrO}_3) = 0,1$ moli/l, $T(\text{KBrO}_3/\text{As}_2\text{O}_3)$ (g/ml) este egal cu:
A. 0,004946;
B. 0,01978;
C. 1,0101;
D. 2,0202;
E. 0,5051.
- 12-95. Masa (g) KBrO_3 ($M_r = 167,01$) necesară pentru prepararea a 250 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,1000 moli/l este egală cu:
A. 4,1753;
B. 2,0876;
C. 1,0438;
D. 0,0835;
E. 0,6959.
- 12-96. Masa (g) oxalatului de sodiu $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ($M_r = 134$) necesară pentru prepararea a 250 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,1000 moli/l este egală cu:
A. 1,6750;

- B. 0,3731;
C. 1,866;
D. 3,3500;
E. 6,7000.
- 12-97.** Formula echivalentului dicromatului de potasiu utilizat în iodometrie este:
A. $K_2Cr_2O_7$;
B. $\frac{1}{2} K_2Cr_2O_7$;
C. $\frac{1}{3} K_2Cr_2O_7$;
D. $\frac{1}{4} K_2Cr_2O_7$;
E. $\frac{1}{6} K_2Cr_2O_7$.
- 12-98.** În procesul titrării soluției unei sări de stibiu (III) s-au consumat 16,20 ml soluție $KBrO_3$ cu $T_{\text{teor.}(KBrO_3/Sb)} = 0,00610$ g/ml ($F = 1,115$). Masa (g) $Sb(III)$ din soluția de analizat este egală cu:
A. 0,0988;
B. 0,1102;
C. 0,0001102;
D. 0,0886;
E. 0,000377.
- 12-99.** Formula echivalentului bromatului de potasiu utilizat în bromatometrie este:
A. $\frac{1}{6} KBrO_3$;
B. $KBrO_3$;
C. $\frac{1}{2} KBrO_3$;
D. $\frac{1}{4} KBrO_3$;
E. $\frac{1}{3} KBrO_3$.
- 12-100.** Se consideră că soluția are $T(K_2Cr_2O_7) = 0,004903$ g/ml. Titrul (g/ml) dicromatului de potasiu în raport cu $NaNO_2$ este egal cu:
A. 0,006900;
B. 0,006968;
C. 0,000575;
D. 0,001150;
E. 0,003449.
- 12-101.** Formula echivalentului permanganatului de potasiu utilizat în permanganatometrie este:
A. $KMnO_4$;
B. $\frac{1}{2} KMnO_4$;

- C. $\frac{1}{5} KMnO_4$;
D. $\frac{1}{6} KMnO_4$;
E. $\frac{1}{3} KMnO_4$.

- 12-102.** Formula echivalentului sulfatului de ceriu utilizat în cerimetrie este:
A. $\frac{1}{4} Ce(SO_4)_2$;
B. $\frac{1}{2} Ce(SO_4)_2$;
C. $\frac{1}{3} Ce(SO_4)_2$;
D. $Ce(SO_4)_2$;
E. $\frac{1}{6} Ce(SO_4)_2$.
- 12-103.** Concentrația molară a echivalentului permanganatului de potasiu este egală cu 0,02200 moli/l. Titrul (g/ml) acestei soluții în raport cu H_2O_2 va fi egal cu:
A. 0,7484;
B. 0,0003742;
C. 0,3742;
D. 0,0007484;
E. 0,03742.
- 12-104.** Concentrația molară a echivalentului permanganatului de potasiu este egală cu 0,02200 moli/l. Titrul (g/ml) acestei soluții în raport cu $Fe(II)$ va fi egal cu:
A. 0,6144;
B. 0,0006144;
C. 0,001229;
D. 1,2285;
E. 0,1229.
- 12-105.** În procesul titrării a 5,00 ml soluție ce conține $Fe(II)$ în mediu acid s-au consumat 22,50 ml soluție de $KMnO_4$ cu $T_{KMnO_4/Fe} = 0,001120$ g/ml. Masa (g) fierului în 200 ml de soluție de analizat este egală cu:
A. 1,008;
B. 0,1120;
C. 0,0252;
D. 4,978;
E. 0,0252.
- 12-106.** În procesul titrării soluției ce conține 0,1170 g Fe s-au consumat 10,00 ml de soluție de $KMnO_4$. $T_{KMnO_4/Fe}$ (g/ml) este egal cu:
A. 0,0001700;
B. 1,1700;

- C. 0,01170;
D. 0,05850;
E. 0,005850.
- 12-107.** În soluția de analizat ce conține $K_2Cr_2O_7$ s-a adăugat acid sulfuric și surplus de KI. La titrarea iodului eliminat s-au consumat 48,80 ml de soluție de tiosulfat de sodiu cu $T_{Na_2S_2O_3 / K_2Cr_2O_7} = 0,004903$ g/ml. Masa (g) de $K_2Cr_2O_7$ din soluția de analizat este egală cu:
A. 0,002393;
B. 0,0002393;
C. 1,0047;
D. 0,2393;
E. 0,1005.
- 12-108.** În procesul titrării unei soluții de iod s-au consumat 19,30 ml soluție de tiosulfat de sodiu cu concentrația molară 0,1120 mol/l. Masa (g) a iodului ($Mr = 253,81$) în soluția de analizat este egală cu:
A. 0,5486;
B. 0,6789;
C. 0,05486;
D. 0,3395;
E. 0,2743.
- 12-109.** În procesul titrării unei soluții de arsenit s-au consumat 18,40 ml soluție de $KBrO_3$ cu $c(\frac{1}{6} KBrO_3) = 0,1050$ mol/l. Masa (g) de As ($Ar = 74,92$) în soluția de analizat este egală cu:
A. 0,1447;
B. 0,07237;
C. 0,04825;
D. 0,02579;
E. 0,01289.
- 12-110.** Unui ml de soluție $KBrO_3$ cu $c(\frac{1}{6} KBrO_3) = 0,1$ mol/l îi corespunde masa (g) de As ($Ar = 74,92$) egală cu:
A. 0,003746;
B. 0,03746;
C. 0,007492;
D. 0,07492;
E. 0,002497.

- 12-111.** Unui ml de soluție $KBrO_3$ cu $c(\frac{1}{6} KBrO_3) = 0,1$ mol/l îi corespunde masa (g) de Sb ($Ar = 121,75$) egală cu:
A. 0,004058;
B. 0,04058;
C. 0,1218;
D. 0,006088;
E. 0,01218.
- 12-112.** Masa (g) de sulfat de ceriu (IV) ($Mr = 332,24$), necesară pentru prepararea a 100 ml soluție titrată cu $c(Ce(SO_4)_2) = 0,1000$ mol/l, este egală cu:
A. 0,1616;
B. 0,08305;
C. 0,3322;
D. 1,6612;
E. 3,3224.
- 12-113.** În procesul titrării a 20,00 ml de soluție $KMnO_4$ în mediu acid s-au consumat 15,00 ml soluție de acid oxalic cu $c(\frac{1}{2} H_2C_2O_4) = 0,0750$ mol/l. Concentrația molară a echivalentului (mol/l) permanganatului de potasiu este egală cu:
A. 0,1000;
B. 0,05625;
C. 0,0500;
D. 0,0250;
E. 0,0200.
- 12-114.** Se consideră că soluția are $c(\frac{1}{6} K_2Cr_2O_7) = 0,0500$ mol/l. Titrul (g/ml) acestei soluții în raport cu H_2O_2 este egal cu:
A. 0,0008505;
B. 1,4705;
C. 0,00294;
D. 2,9412;
E. 0,001701.
- 12-115.** $T(AgNO_3/NaCl) = 0,005850$ g/ml. Concentrația molară (mol/l) a soluției de $AgNO_3$ este:
A. 0,3421;
B. 0,1001;
C. 0,03421;
D. 0,0003421;
E. 0,01010.

12-116. Condiția principală a titrărilor complexonometrice este:

- A. prezența catalizatorului;
- B. la încălzire;
- C. prezența unui anumit sistem-tampon;
- D. mediu acid;
- E. la rece.

12-117. Masa (g) NH_4SCN ($M_r = 76,12$) necesară pentru prepararea soluției cu volumul 100 ml și $c(\text{NH}_4\text{SCN}) = 0,05$ mol/l este egală cu:

- A. 0,3806;
- B. 0,06580;
- C. 0,03806;
- D. 0,02630;
- E. 3,8000.

12-118. În procesul titrării a 10,00 ml soluție a unei sări de calciu s-au consumat 13,80 ml soluție de trilon B cu $T(\text{trilon}/\text{Ca}) = 0,00200$ g/ml. Masa (g) Ca^{2+} într-un l de această soluție este egală cu:

- A. 0,0276;
- B. 2,760;
- C. 2,000;
- D. 0,200;
- E. 0,276.

12-119. Titrarea halogenurilor cu soluție titrată de AgNO_3 (metoda Mohr) se efectuează în mediul:

- A. bazic;
- B. neutru sau slab bazic;
- C. slab acid;
- D. puternic acid;
- E. neutru sau slab acid.

12-120. Masa (g) NaCl ($M_r = 58,44$) necesară pentru prepararea a 200 ml soluție cu concentrația molară 0,1000 mol/l este egală cu:

- A. 0,5844;
- B. 1,1688;
- C. 0,1169;
- D. 0,0585;
- E. 0,3412.

12-121. Pentru titrarea a 25,00 ml de soluție de KCl s-au consumat 34,00 ml de soluție 0,1 molară de AgNO_3 cu $F = 1,050$. Masa

(g) KCl ($M_r = 74,56$) ce se conține în 250 ml de soluție este egală cu:

- A. 0,266
- B. 2,533
- C. 0,253
- D. 2,662
- E. 2,412

12-122. Se consideră că soluția de AgNO_3 are concentrația molară 0,05605 mol/l. Titrul (g/ml) acestei soluții în raport cu Cl^- ($A_r = 35,52$) este egal cu:

- A. 1,9870;
- B. 0,6316;
- C. 0,001987;
- D. 0,1987;
- E. 0,06316.

12-123. Se consideră că soluția de AgNO_3 are concentrația molară 0,05605 mol/l. Titrul (g/ml) acestei soluții în raport cu NaCl ($M_r = 58,44$) este egal cu:

- A. 0,3276;
- B. 1,0426;
- C. 0,01638;
- D. 0,03276;
- E. 0,1043.

12-124. În procesul titrării unei soluții de AgNO_3 s-au consumat 12,00 ml soluție de NH_4SCN cu $c(\text{NH}_4\text{SCN}) = 0,05$ mol/l. Masa (g) azotatului de argint ($M_r = 169,87$) în soluția analizată este egală cu:

- A. 0,1019;
- B. 10,1922;
- C. 0,003532;
- D. 2,5000;
- E. 0,2500.

12-125. În procesul titrării soluției 0,1 molară de NaI cu soluție de aceeași concentrație de AgNO_3 se formează precipitatul AgI (PS se consideră egal cu 10^{-16}). Saltul valorilor p_{Ag} sau p_{I} pe curba de titrare constituie:

- A. 4,3 unități;
- B. 7,4 unități;
- C. 5,4 unități;

- D. 5,3 unități;
E. 5,7 unități.
- 12-126. În procesul titrării soluției 0,01 molară de NaI cu soluție de aceeași concentrație de AgNO_3 se formează precipitatul AgI (PS se consideră egal cu 10^{-16}). Saltul valorilor pAg sau pI pe curba de titrare constituie:
- A. 4,3 unități;
B. 7,4 unități;
C. 5,4 unități;
D. 5,3 unități;
E. 5,7 unități.
- 12-127. În mercurimetrie se titrează cu soluția titrată de:
- A. HgCl_2 ;
B. $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$;
C. $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$;
D. HgSO_4 ;
E. Hg_2Cl_2 .
- 12-128. În mercurimetrie se titrează cu soluția titrată de:
- A. HgCl_2 ;
B. $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$;
C. $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$;
D. HgSO_4 ;
E. Hg_2Cl_2 .
- 12-129. Masa (g) de azotat de mercur(I) $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 561,22$) necesară pentru prepararea a 100 ml soluție cu concentrația molară a echivalentului 0,1000 moli/l este egală cu:
- A. 0,5612;
B. 3,2460;
C. 1,6230;
D. 5,6122;
E. 2,8061.
- 12-130. Punctul de echivalență în metoda sulfatometrică se determină cu ajutorul indicatorilor:
- A. difenilamina;
B. fenolftaleina;
C. redox;
D. metalocromici;
E. acido-bazici.

13. TESTE COMPLEMENT MULTIPLU – analiza cantitativă

- 13-1. Scopurile unei analize chimice cantitative sunt:
- A. determinarea compoziției calitative a substanței de analizat;
B. determinarea raportului de masă a componentelor în sistemul de analizat;
C. identificarea componentelor sistemului de analizat;
D. determinarea părții de masă a unei substanțe în sistemul de analizat;
E. determinarea titrului soluției de analizat.
- 13-2. Care din rezultatele analizei gravimetrice enumerate mai jos sunt scrise corect?
- A. 0,135 g;
B. 0,2350 g;
C. 0,33602 g;
D. 0,1354 g;
E. 0,343 g.
- 13-3. Care din erorile enumerate mai jos sunt erori sistematice?
- A. erori determinate de dereglarea balanței;
B. erori produse de cauze necunoscute;
C. erori determinate de citirea incorectă a diviziunilor biuretei la titrare;
D. erori determinate de utilizarea reactivilor impurificați;
E. erori determinate de utilizarea soluției titrate cu concentrația incorectă.
- 13-4. Care din erorile enumerate mai jos nu sunt erori sistematice?
- A. erori determinate de defectiunea balanței;
B. erori determinate de nerespectarea unor condiții de analiză;
C. erori determinate de factori necunoscuți;
D. erori determinate de unele neglijențe la efectuarea analizei;
E. erori determinate de alegerea incorectă a metodei de analiză.
- 13-5. Erorile sistematice sunt determinate:
- A. de cauze necunoscute;
B. de imprecizia balanței;
C. de utilizarea metodei nerecomandabile de analiză;
D. de pierderea unei cantități necunoscute de substanță la luarea probei de analizat;
E. de scrierea incorectă a rezultatului unei măsurări.

- 13-6. Care din afirmațiile enumerate mai jos sunt corecte?
- A. eroarea absolută este diferența dintre valoarea găsită și cea reală;
 - B. eroarea absolută este diferența dintre valoarea determinată și media aritmetică a mai multor asemenea determinări;
 - C. erorile accidentale sunt produse de cauze permanente;
 - D. erorile accidentale sunt produse de cauze cunoscute;
 - E. eroarea relativă este raportul dintre valoarea reală la eroarea absolută.
- 13-7. Care din afirmațiile enumerate mai jos sunt corecte?
- A. erorile sistematice sunt produse de cauze necunoscute;
 - B. erorile accidentale sunt produse de cauze cunoscute;
 - C. eroarea relativă reprezintă raportul dintre eroarea absolută și valoarea reală a mărimii determinate;
 - D. eroarea relativă reprezintă raportul dintre eroarea absolută și valoarea medie a mărimii determinate;
 - E. dereglarea balanței poate fi o sursă a erorii grosolane.
- 13-8. Sursele erorii sistematice sunt:
- A. dereglarea instrumentelor de măsură;
 - B. nu sunt cunoscute;
 - C. comiterea unor neglijențe la efectuarea analizei;
 - D. citirea greșită a diviziunilor de pe scalele aparatelor de măsură;
 - E. utilizarea unei metode nerecomandabile.
- 13-9. Cerințele față de forma de precipitare, la efectuarea analizei gravimetrice, sunt:
- A. precipitatul trebuie să fie practic insolubil în mediul în care se efectuează analiza;
 - B. forma de precipitare la calcinare trebuie complet să se transforme în forma de cântărire (gravimetrică);
 - C. precipitatul neapărat trebuie să fie cristalin;
 - D. e de dorit ca precipitatul să fie cristalin;
 - E. precipitatul trebuie să fie o substanță cu formula precis cunoscută.
- 13-10. Cerințele față de forma de cântărire (gravimetrică), la efectuarea analizei gravimetrice, sunt:
- A. forma gravimetrică să fie cristalină;
 - B. compoziția chimică să corespundă anumitei formule chimice;

- C. să nu-și schimbe compoziția chimică în contact cu aerul;
 - D. valoarea masei molare a formei gravimetrice trebuie neapărat să fie mare, iar conținutul componentului de dozat cât mai mic;
 - E. e de dorit ca masa molară a formei gravimetrice să fie mare, iar conținutul componentului de dozat cât mai mic.
- 13-11. Condițiile de sedimentare a precipitatelor cristaline, la efectuarea analizei gravimetrice, sunt:
- A. din soluții concentrate a substanței de analizat cu soluții concentrate de reactiv;
 - B. la rece;
 - C. din soluții diluate și încălzite a substanței de analizat cu soluții diluate și încălzite de reactiv;
 - D. se efectuează precipitarea cât mai rapid;
 - E. soluția de reactiv se adaugă lent, cu picătura și la o agitare continuă cu baghetă de sticlă.
- 13-12. Condițiile de sedimentare a precipitatelor amorfe, la efectuarea analizei gravimetrice, sunt:
- A. la rece;
 - B. din soluție fierbinte cu soluție fierbinte de reactiv;
 - C. din soluții relativ concentrate a substanței de dozat cu soluții concentrate de reactiv;
 - D. din soluții diluate a substanței de dozat cu soluții diluate de reactiv (precipitant);
 - E. în prezența unui electrolit.
- 13-13. Pentru a sedimenta Ba^{2+} cu formarea de $BaSO_4$, în analiza gravimetrică, se recomandă de utilizat reactivii:
- A. Na_2SO_4 ;
 - B. H_2SO_4 ;
 - C. $MgSO_4$;
 - D. $(NH_4)_2SO_4 + HCl$;
 - E. $K_2SO_4 + HCl$.
- 13-14. În analiza gravimetrică precipitatele amorfe se spală cu:
- A. H_2O ;
 - B. soluția unui electrolit;
 - C. soluție de NH_4NO_3 ;
 - D. soluția ce conține precipitant;
 - E. precipitatele amorfe nu se spală de impurități.

- 13-15. În analiza gravimetrică precipitatele cristaline se spală cu:
- A. H_2O ;
 - B. H_2O + electrolit – coagulant;
 - C. soluția diluată de precipitant;
 - D. soluția de NH_4NO_3 ;
 - E. precipitatele cristaline nu se spală la filtrare.
- 13-16. Care din afirmațiile de mai jos sunt corecte?
- A. eroarea întâmplătoare este eroarea care în urma măsurărilor repetate variază arbitrar;
 - B. eroarea care în urma măsurărilor repetate rămâne constantă este numită grosolană;
 - C. erorile întâmplătoare întotdeauna au semn matematic determinat;
 - D. erorile întâmplătoare nu au semn matematic determinat;
 - E. existența erorilor întâmplătoare se manifestă prin faptul că rezultatele a doua analize paralele se deosebesc.
- 13-17. Pentru analiza gravimetrică a clorurii de calciu ionii Ca^{2+} se sedimentează din soluție apoasă în forma de precipitare:
- A. $CaCO_3$ (PS = $3,8 \cdot 10^{-9}$);
 - B. $CaSO_4$ (PS = $2,5 \cdot 10^{-5}$);
 - C. $CaCrO_4$ (PS = $7,1 \cdot 10^{-4}$);
 - D. CaC_2O_4 (PS = $2,3 \cdot 10^{-9}$);
 - E. $CaSiF_6$ (PS = $8,1 \cdot 10^{-4}$).
- 13-18. În cadrul analizei gravimetrice a unei soluții apoase de $AgNO_3$ ionii de Ag^+ se sedimentează în forma de precipitare:
- A. $AgNO_2$ (PS = $6,0 \cdot 10^{-4}$);
 - B. $AgCl$ (PS = $1,8 \cdot 10^{-10}$);
 - C. $AgSCN$ (PS = $1,1 \cdot 10^{-12}$);
 - D. $AgBrO_3$ (PS = $5,5 \cdot 10^{-5}$);
 - E. AgI (PS = $8,3 \cdot 10^{-17}$).
- 13-19. Analiza gravimetrică a unei soluții apoase de $CuSO_4$ se efectuează sedimentând ionii sării în formă de precipitare:
- A. Ag_2SO_4 (PS = $1,6 \cdot 10^{-5}$);
 - B. $CaSO_4$ (PS = $2,5 \cdot 10^{-5}$);
 - C. $Cu_2[Fe(CN)_6]$ (PS = $1,3 \cdot 10^{-16}$);
 - D. $Cu(OH)_2$ (PS = $8,3 \cdot 10^{-20}$);
 - E. CuS (PS = $6,3 \cdot 10^{-36}$).

- 13-20. Care din afirmațiile de mai jos sunt corecte?
- A. precipitatele amorfe se spală cu apă rece;
 - B. precipitatele cristaline se sedimentează din soluții concentrate;
 - C. precipitatele amorfe se sedimentează din soluții calde și relativ concentrate;
 - D. precipitatele cristaline se sedimentează din soluții calde și diluate;
 - E. precipitatele amorfe se spală cu soluție caldă de NH_4Cl .
- 13-21. Titrul unei soluții este:
- A. masa (g) unui ml de soluție;
 - B. masa (g) substanței ce se conține într-un ml de soluție;
 - C. masa (g) unui l de soluție;
 - D. raportul dintre masa (g) substanței din soluție și volumul (ml) acestei soluții;
 - E. masa substanței A care este echivalentă cu un ml de soluție titrată B.
- 13-22. În procesul titrării unui acid tare cu bază tare saltul pH-ului pe curba de titrare este funcție a:
- A. naturii substanțelor ce reacționează;
 - B. masei molare a acidului;
 - C. concentrației soluției de acid;
 - D. concentrației soluției de bază;
 - E. ordinii de titrare.
- 13-23. În procesul titrării unui acid slab cu bază tare saltul pH-ului pe curba de titrare este funcție a:
- A. concentrației soluției de bază tare;
 - B. concentrației soluției de acid slab;
 - C. naturii bazei;
 - D. ordinii de titrare;
 - E. pK_a a acidului.
- 13-24. În procesul titrării unei baze slabe cu acid tare saltul pH-ului pe curba de titrare este funcție a:
- A. naturii acidului;
 - B. ordinii de titrare;
 - C. pK_b a bazei;
 - D. concentrației soluției de bază;
 - E. concentrației soluției de acid.

- 13-25. În procesul titrării acidului slab HA cu NaOH saltul pH-ului pe curba de titrare va fi mai mare în cazul când:
- valoarea pK_a^{HA} este mai mică;
 - valoarea pK_a^{HA} este mai mare;
 - $c(HA)$ este mai mare;
 - K_a^{HA} este mai mică;
 - $c(NaOH)$ este mai mare.
- 13-26. În procesul titrării acidului slab HA cu NaOH saltul pH-ului pe curba de titrare va fi mai mic în cazul când:
- valoarea pK_a^{HA} este mai mică;
 - valoarea pK_a^{HA} este mai mare;
 - K_a^{HA} este mai mare;
 - K_a^{HA} este mai mică;
 - $c(NaOH)$ este mai mare.
- 13-27. În procesul titrării bazei slabe B cu HCl saltul pH-ului pe curba de titrare va crește:
- cu cât pK_b^B este mai mare;
 - cu cât pK_b^B este mai mică;
 - cu cât K_b^B este mai mică;
 - cu cât $c(B)$ este mai mare;
 - cu cât $c(HCl)$ este mai mare.
- 13-28. În procesul titrării bazei slabe B cu HCl saltul pH-ului pe curba de titrare se va micșora:
- la micșorarea K_b^B ;
 - la micșorarea pK_b^B ;
 - la micșorarea $c(B)$;
 - la micșorarea $c(HCl)$;
 - la mărirea pK_b^B .
- 13-29. În procesul titrării soluției 0,1 molare de HCl cu soluție NaOH de aceeași concentrație, eroarea de indicator va fi mai mică de 0,1% în cazul utilizării indicatorilor:
- fenolftaleinei ($pT = 9$);
 - turnesolului ($pT = 7$);
 - roșului de metil ($pT = 5$);
 - metiloranjului ($pT = 4$);
 - tropeolinei 00 ($pT = 2$).

- 13-30. În cazul titrării soluției 0,1 molare de HCl cu soluție NaOH de aceeași concentrație, eroarea de indicator va fi mai mare de 0,1% dacă se vor utiliza indicatorii:
- fenolftaleina ($pT = 9$);
 - turnesolul ($pT = 7$);
 - roșul de metil ($pT = 5$);
 - metiloranjul ($pT = 4$);
 - tropeolina 00 ($pT = 2$).
- 13-31. În cazul titrării soluției 0,1 molare de acid slab HA ($pK_a = 4$) cu soluție NaOH de aceeași concentrație, eroarea de indicator nu va depăși valoarea 0,1% dacă se vor utiliza indicatorii:
- fenolftaleina ($pT = 9$);
 - turnesolul ($pT = 7$);
 - roșul de metil ($pT = 5$);
 - metiloranjul ($pT = 4$);
 - tropeolina 00 ($pT = 2$).
- 13-32. În cazul titrării soluției 0,1 molare de acid slab HA ($pK_a = 4$) cu soluție 0,1 molare de NaOH, eroarea de indicator va fi mai mare de 0,1% dacă se vor utiliza indicatorii:
- fenolftaleina ($pT = 9$);
 - turnesolul ($pT = 7$);
 - roșul de metil ($pT = 5$);
 - metiloranjul ($pT = 4$);
 - tropeolina 00 ($pT = 2$).
- 13-33. În cazul titrării soluției 0,1 molare de bază slabă B ($pK_b = 4$) cu soluție 0,1 molară de HCl, eroarea de indicator nu va depăși 0,1% dacă se vor utiliza indicatorii:
- fenolftaleina ($pT = 9$);
 - turnesolul ($pT = 7$);
 - roșul de metil ($pT = 5$);
 - metiloranjul ($pT = 4$);
 - tropeolina 00 ($pT = 2$).
- 13-34. În cazul titrării soluției 0,1 molare de bază slabă B ($pK_b = 4$) cu soluție 0,1 molară de HCl, eroarea de indicator va fi mai mare de 0,1% dacă se vor utiliza indicatorii:
- fenolftaleina ($pT = 9$);
 - turnesolul ($pT = 7$);
 - roșul de metil ($pT = 5$);

- D. metiloranjul ($pT = 4$);
E. tropeolina 00 ($pT = 2$).
- 13-35. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH = 7$?
- A. $HNO_3 + NaOH$;
B. $CH_3COOH + NaOH$;
C. $HCl + KOH$;
D. $NH_3 + HCl$;
E. $NaHCO_3 + HCl$.
- 13-36. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH > 7$?
- A. $NH_3 + HCl$;
B. $HCl + NaOH$;
C. $HCOOH + NaOH$;
D. $CH_3COOH + KOH$;
E. $KCN + HCl$.
- 13-37. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH < 7$?
- A. $NH_3 + HCl$;
B. $HCl + NaOH$;
C. $HCOOH + NaOH$;
D. $CH_3COOH + KOH$;
E. $KCN + HCl$.
- 13-38. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH < 7$?
- A. $CH_3COOH + NaOH$;
B. $NH_3 + HNO_3$;
C. $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$;
D. $Na_2CO_3 + 2HCl$;
E. $KOH + HCl$.
- 13-39. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH > 7$?
- A. $CH_3COOH + NaOH$;
B. $NH_3 + HNO_3$;
C. $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$;
D. $Na_2CO_3 + 2HCl$;
E. $KOH + HCl$.

- 13-40. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH > 7$?
- A. $NH_3 + HCl$;
B. $H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$;
C. $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$;
D. $Na_2CO_3 + 2HCl$;
E. $H_3PO_4 + 2NaOH$.
- 13-41. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH < 7$?
- A. $NH_3 + HCl$;
B. $H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$;
C. $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$;
D. $Na_2CO_3 + 2HCl$;
E. $H_3PO_4 + 2NaOH$.
- 13-42. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH < 7$?
- A. $NH_3 + HCl$;
B. $HCl + NaOH$;
C. $NaH_2PO_4 + NaOH$;
D. $NaHCO_3 + HCl$;
E. $Na_3PO_4 + HCl = Na_2HPO_4 + NaCl$.
- 13-43. În care din titrările enumerate mai jos punctul de echivalență corespunde $pH > 7$?
- A. $NH_3 + HCl$;
B. $HCl + NaOH$;
C. $NaH_2PO_4 + NaOH$;
D. $NaHCO_3 + HCl$;
E. $Na_3PO_4 + HCl = Na_2HPO_4 + NaCl$.
- 13-44. Titrarea acido-bazică directă în apă nu poate fi aplicată la analiza substanțelor:
- A. CH_3COOH ($pK_a = 4,76$);
B. NH_3 ($pK_b = 4,75$);
C. CH_3COONa ;
D. amidopirina ($pK_b \approx 9$);
E. NH_4Cl .
- 13-45. Titrarea acido-bazică directă în apă poate fi aplicată la determinarea substanțelor:
- A. KCN ;

- B. CH_3COOK ;
- C. NH_4NO_3 ;
- D. HCOOH ;
- E. nicotinamidă ($\text{pK}_b \approx 11$).

13-46. În cazul titrării unei soluții de analizat volumul soluției HCl consumat în prezența metiloranjului e de două ori mai mare decât cel consumat în prezența fenolftaleinei. În soluția de analizat se conține:

- A. NaOH;
- B. Na_2CO_3 ;
- C. NaHCO_3 ;
- D. 0,1 moli NaOH + 0,1 moli NaHCO_3 ;
- E. 0,1 moli Na_2CO_3 + 0,1 moli NaHCO_3 .

13-47. Reacțiile utilizate în titrimetrie trebuie să satisfacă următoarele cerințe:

- A. să se desfășoare cantitativ;
- B. să se desfășoare cu o viteză mare;
- C. să fie reversibilă;
- D. nu trebuie să se complice prin reacții suplimentare;
- E. să existe o metodă de fixare a punctului de echivalență.

13-48. Titrul titrantului B în raport cu substanța de dozat A este:

- A. masa substanței A (g) care reacționează fără rest cu 1 ml soluție titrată B;
- B. raportul dintre masa (g) substanței B și volumul (ml) soluției substanței A;
- C. raportul dintre masa (g) substanței A și volumul (ml) soluției titrantului B;
- D. masa (g) unui ml de soluție a substanței A;
- E. masa (g) unui ml de soluție a substanței B.

13-49. Factorul de concentrație „F” a soluției titrate (sau coeficientul de corecție „K” a soluției titrate) este:

- A. raportul dintre valoarea teoretică a concentrației soluției și valoarea ei reală (practică);
- B. raportul dintre valoarea reală (practică) a soluției la valoarea ei teoretică;
- C. numărul care ne arată de câte ori concentrația reală (practică) este mai mare sau mai mică decât cea teoretică;

$$D. F = \frac{T_{pr.}}{T_{teor.}};$$

$$E. F = \frac{T_{teor.}}{T_{pr.}}.$$

13-50. Factorul de concentrație „F” a soluției titrate (sau coeficientul de corecție „K” a soluției titrate) reprezintă:

$$A. F = \frac{c(B)_{pr.}}{c(B)_{teor.}};$$

$$B. F = \frac{c(B)_{teor.}}{c(B)_{pr.}};$$

$$C. F = \frac{T(B)_{teor.}}{T(B)_{pr.}};$$

$$D. F = \frac{T(B/A)_{teor.}}{T(B/A)_{pr.}};$$

$$E. F = \frac{T(B/A)_{pr.}}{T(B/A)_{teor.}}.$$

13-51. Formulele de calcul al titlului titrantului B în raport cu substanța de dozat A sunt:

$$A. T_{B/A} = \frac{m(A)}{V(sol.B)}, g/ml;$$

$$B. T_{B/A} = \frac{m(B)}{V(sol.A)}, g/ml;$$

$$C. T_{B/A} = c\left(\frac{1}{z_B} B\right) \cdot M\left(\frac{1}{z_A} A\right) \cdot 10^{-3};$$

$$D. T_{B/A} = c(A) \cdot M(B) \cdot 10^{-3};$$

$$E. T_{B/A} = c\left(\frac{1}{z_B} B\right) \cdot M\left(\frac{1}{z_A} A\right).$$

13-52. Formulele de calcul al titlului titrantului B sunt:

$$A. T(B) = \frac{c(B) \cdot M(B)}{1000};$$

$$B. T(B) = \frac{c\left(\frac{1}{z} B\right) \cdot M\left(\frac{1}{z} B\right)}{1000};$$

$$C. T(B) = c(B) \cdot M(B);$$

$$D. T(B) = T(B/A) \frac{M\left(\frac{1}{z_B} B\right)}{M\left(\frac{1}{z_A} A\right)};$$

$$E. T(B) = T(B/A) \cdot M(A) \cdot 1000.$$

- 13-53. Care din substanțele enumerate mai jos se aplică în calitate de substanțe-etalon la standardizarea soluției titrate de lucru în metoda acidimetrică?
- KOH;
 - Na₂CO₃;
 - Na₂B₄O₇·10H₂O;
 - Ca(OH)₂;
 - CaO.
- 13-54. Care din substanțele enumerate mai jos se aplică în calitate de substanțe-etalon la standardizarea soluției titrate de lucru în metoda alcalimetrică?
- H₂C₂O₄·2H₂O;
 - H₂SO₄;
 - HCl;
 - H₂C₄H₄O₄;
 - H₃PO₄.
- 13-55. În caz de titrare a unui acid tare cu bază tare valoarea pH-ului în punctul de echivalență nu depinde de:
- natura acidului;
 - concentrația acidului;
 - ordinea de titrare;
 - concentrația bazei;
 - temperatura soluțiilor ce se titrează.
- 13-56. În caz de titrare a unui acid slab cu bază tare valoarea pH-ului în punctul de echivalență depinde de:
- ordinea de titrare;
 - concentrația acidului;
 - constanta de aciditate a acidului;
 - concentrația bazei;
 - temperatura soluțiilor ce se titrează.

- 13-57. În caz de titrare a unei baze slabe cu acid tare valoarea pH-ului în punctul de echivalență depinde de:
- concentrația bazei;
 - ordinea de titrare;
 - constanta de bazicitate a bazei;
 - natura acidului tare;
 - concentrația acidului.
- 13-58. În caz de titrare a unui acid slab cu bază tare valoarea pH-ului în punctul de echivalență nu depinde de:
- concentrația acidului;
 - natura acidului;
 - natura bazei;
 - ordinea de titrare;
 - concentrația bazei.
- 13-59. În caz de titrare a unei baze slabe cu acid tare valoarea pH-ului în punctul de echivalență nu depinde de:
- ordinea de titrare;
 - concentrația bazei;
 - constanta de bazicitate a bazei;
 - natura acidului;
 - concentrația acidului.
- 13-60. Se consideră baze slabe monoacide: NH₃ (pK_b=4,75), nicotinamida (pK_b=11,7), hexametilentetramina (pK_b=8,9), amidopirina (pK_b=8,8) și dimetilamina (pK_b=3,00). Care din aceste baze pot fi direct titrate cu soluție titrată de acid tare în apă?
- nicotinamida;
 - NH₃;
 - amidopirina;
 - dimetilamina;
 - hexametilentetramina.
- 13-61. Se consideră baze slabe monoacide: NH₃ (pK_b=4,75), nicotinamida (pK_b=11,7), etanolamina (pK_b=4,75), amidopirina (pK_b=8,8) și dimetilamina (pK_b=3,00). Care din aceste baze nu pot fi direct titrate cu soluție titrată de acid tare în apă?
- nicotinamida;
 - NH₃;
 - amidopirina;

- D. dimetilamina;
E. etanolamina.
- 13-62. Se consideră sărurile: CH_3COOK , KCN , CH_3COONa , Na_2CO_3 și HCOONa . Care din aceste săruri pot fi direct titrate cu soluție titrată de HCl în apă dacă se știe, că $\text{pK}_a(\text{CH}_3\text{COOH})=4,76$; $\text{pK}_a(\text{HCN})=9,3$; $\text{pK}_a(\text{HCO}_3^-)=10,3$; și $\text{pK}_a(\text{HCOOH})=3,75$?
- A. CH_3COOK ;
B. CH_3COONa ;
C. HCOONa ;
D. KCN ;
E. Na_2CO_3 .
- 13-63. Nicotinamida ($\text{pK}_b=11,7$) poate fi direct titrată cu soluție titrată de HClO_4 în solvenții:
- A. NH_3 lichid;
B. H_2O ;
C. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
D. CH_3COOH ;
E. HCOOH .
- 13-64. Amidopirina ($\text{pK}_b=8,8$) poate fi direct titrată cu soluție titrată de HClO_4 în solvenții:
- A. H_2O ;
B. HCOOH ;
C. CH_3COOH ;
D. NH_3 lichid;
E. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.
- 13-65. Acetatul de potasiu ($\text{pK}_a(\text{CH}_3\text{COOH})=4,76$) poate fi direct titrat cu soluție titrată de HClO_4 în solvenții:
- A. H_2O ;
B. NH_3 lichid;
C. CH_3COOH ;
D. HCOOH ;
E. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.
- 13-66. Acetatul de potasiu ($\text{pK}_a(\text{CH}_3\text{COOH})=4,76$) nu poate fi titrat direct cu soluție titrată de HClO_4 în solvenții:
- A. H_2O ;
B. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;

- C. piridină;
D. CH_3COOH ;
E. HCOOH .
- 13-67. Hexametilentetramina ($\text{pK}_b=8,9$) nu poate fi titrată direct cu soluție titrată de HClO_4 în solvenții:
- A. CH_3COOH ;
B. NH_3 lichid;
C. H_2O ;
D. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
E. piridină.
- 13-68. Clorura de amoniu ($\text{pK}_b(\text{NH}_3)=4,75$) poate fi titrată direct cu soluție titrată de KOH în solvenții:
- A. NH_3 lichid;
B. H_2O ;
C. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
D. piridină;
E. CH_3COOH .
- 13-69. Clorura de amoniu ($\text{pK}_b(\text{NH}_3)=4,75$) nu poate fi titrată direct cu soluție titrată de KOH în solvenții:
- A. CH_3COOH ;
B. HCOOH ;
C. NH_3 lichid;
D. H_2O ;
E. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.
- 13-70. H_3BO_3 ($\text{pK}_a=9,2$) nu poate fi titrat direct cu soluție titrată de KOH în solvenții:
- A. H_2O ;
B. HCOOH ;
C. CH_3COOH ;
D. NH_3 lichid;
E. piridină.
- 13-71. H_3BO_3 ($\text{pK}_a=9,2$) poate fi titrat direct cu soluție titrată de KOH în solvenții:
- A. H_2O ;
B. HCOOH ;
C. CH_3COOH ;

- D. NH_3 lichid;
E. piridină.
- 13-72. Mărimea saltului pe curba de titrare în redoximetrie este funcție a:
A. concentrației soluției de analizat;
B. concentrației titrantului;
C. $c(\text{H}^+)$;
D. diferenței potențialelor standard ale oxidantului și reducătorului;
E. naturii indicatorului.
- 13-73. În cazul titrării reducătorilor cu KMnO_4 în mediu de H_2SO_4 , mărimea saltului pe curba de titrare este mai mare dacă:
A. pH-ul este mai mare;
B. $c(\text{H}^+)$ este mai mică;
C. $c(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4)$ este mai mare;
D. $c(\text{H}^+)$ este mai mare;
E. diferența potențialelor standard a perechilor redox respective este mai mare.
- 13-74. În cazul titrării sulfatului de fier (II) cu $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ în mediu acid, mărimea saltului pe curba de titrare este funcție a:
A. $c(\text{FeSO}_4)$;
B. $c(\frac{1}{6} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$;
C. $c(\text{H}^+)$;
D. naturii indicatorului;
E. naturii acidului utilizat.
- 13-75. Condițiile de titrare permanganatometrică a azotitului de sodiu sunt:
A. mediu de acid sulfuric;
B. mediu neutru;
C. prezența catalizatorului;
D. soluția KMnO_4 în prezența H_2SO_4 se titrează cu soluția de analizat NaNO_2 și nu invers;
E. mediu slab acid.
- 13-76. Particularitățile titrării acidului oxalic cu KMnO_4 sunt:
A. se titrează soluția de acid oxalic cu KMnO_4 și nu invers;
B. se încălzește soluția de acid oxalic și H_2SO_4 și apoi se titrează lent cu soluție KMnO_4 ;
C. se încălzește soluția de H_2SO_4 , apoi se adaugă acid oxalic și se titrează lent cu soluție KMnO_4 ;
D. se titrează în prezența catalizatorului MnSO_4 ;
E. se utilizează indicator ireversibil.

- 13-77. Particularitățile fixării punctului de echivalență în bromatometrie sunt:
A. utilizarea metodei fără indicator;
B. utilizarea indicatorilor ireversibili;
C. adăugarea indicatorului spre sfârșitul titrării;
D. după adăugarea indicatorului se titrează strict cu picătura și apoi se verifică corectitudinea fixării punctului de echivalență;
E. nu pot fi utilizați redoxindicatorii.
- 13-78. Particularitățile fixării punctului de echivalență la determinările iodometrice a oxidanților sunt:
A. utilizarea indicatorului specific – amidonul;
B. amidonul se adaugă spre sfârșitul titrării;
C. nu pot fi utilizați redoxindicatori;
D. se adaugă numai o picătură de indicator;
E. după adăugarea indicatorului se titrează lent, cu picătura și agitând continuu soluția.
- 13-79. Determinarea cantitativă a CaCl_2 prin metoda permanganatometrică poate fi efectuată:
A. prin titrare directă cu soluție de KMnO_4 ;
B. prin titrare directă cu soluție de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
C. prin metoda indirectă (sedimentând în prealabil Ca^{2+} cu exces de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$);
D. prin metoda de titrare prin diferență, utilizând soluțiile titrate $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ și KMnO_4 ;
E. metoda permanganatometrică nu poate fi aplicată la dozarea CaCl_2 .
- 13-80. Punctul de echivalență la dozarea FeSO_4 prin metoda permanganatometrică poate fi fixat folosind indicatorii:
A. acido-bazici;
B. difenilamina;
C. prin metoda fără indicator;
D. fenolftaleina;
E. acidul fenilantronic.
- 13-81. Punctul de echivalență în dicromatometrie nu poate fi fixat cu ajutorul indicatorilor:
A. acidului fenilantronic;
B. difenilaminei;

- C. KI + cloroform;
D. metalocromici;
E. de adsorbție.
- 13-82.** Punctul de echivalență în dicromatometrie poate fi fixat cu ajutorul indicatorilor:
A. acido-bazici;
B. KI + cloroform;
C. feroina;
D. acidul fenilantronic;
E. difenilamina.
- 13-83.** Indicatori de oxido-reducere sunt:
A. amidonul;
B. K_2CrO_4 ;
C. difenilamina;
D. feroina;
E. murexidul.
- 13-84.** Redoxindicatori sunt substanțele organice:
A. care își schimbă culoarea în funcție de potențialul soluției;
B. culorile redoxformelor cărora diferă;
C. amidonul;
D. negru eriocrom T;
E. care formează complecși de adsorbție colorați.
- 13-85.** KIO_3 , utilizat în calitate de titrant în metoda redoximetrică, are formula echivalentului:
A. KIO_3 ;
B. $\frac{1}{2}KIO_3$;
C. $\frac{1}{3}KIO_3$;
D. $\frac{1}{4}KIO_3$;
E. $\frac{1}{6}KIO_3$.
- 13-86.** Dozările iodometrice se fac în mediul:
A. acid;
B. slabacid;
C. neutru;
D. bazic;
E. nu importă.
- 13-87.** Dozările iodometrice se fac în mediul:
A. bazic;

- B. slabbazic (pH = 8);
C. neutru;
D. slabacid;
E. acid.
- 13-88.** Condițiile de titrare nitritometrică sunt:
A. mediu bazic;
B. mediu acid;
C. la încălzire;
D. în prezența KBr;
E. titrare lentă.
- 13-89.** Indicatorii utilizați în nitritometrie sunt:
A. amidonul;
B. tropeolina 00;
C. eozina;
D. amestecul de tropeolină și albastru de metilen;
E. hârtia îmbibată cu KI și amidon.
- 13-90.** Despre $K_2Cr_2O_7$ se poate afirma:
A. este un reducător;
B. este oxidant;
C. poate fi utilizat în calitate de substanță standard în iodometrie;
D. soluția lui se aplică în calitate de titrant în dicromatometrie;
E. soluția $K_2Cr_2O_7$ este galbenă.
- 13-91.** Despre $KBrO_3$ se poate afirma:
A. este oxidant;
B. este reducător;
C. soluția $KBrO_3$ se utilizează în calitate de titrant în bromatometrie;
D. cu soluția titrată de $KBrO_3$ se titrează în bromometrie;
E. se reduce până la KBr în mediu bazic.
- 13-92.** Despre $NaNO_2$ se poate afirma:
A. este oxidant;
B. este reducător;
C. se utilizează în mediu acid în calitate de soluție titrată de lucru în nitritometrie;
D. cu $NaNO_2$ se titrează orice amină organică;
E. se aplică în mediu bazic în calitate de titrant în metoda nitritometrică.

- 13-93. Prin metoda bromometrică pot fi dozate substanțele:
A. C_2H_5OH ;
B. NH_3 ;
C. $C_6H_4(OH)COOH$;
D. $C_6H_5NH_2$ și derivații ei;
E. $MgSO_4$.
- 13-94. Prin metoda bromometrică nu pot fi dozate substanțele:
A. $C_6H_5NH_2$;
B. CH_3COOH ;
C. C_6H_5OH ;
D. $MgSO_4$;
E. C_2H_5OH .
- 13-95. Prin metoda nitritometrică pot fi dozate substanțele:
A. CH_3NH_2 ;
B. $C_6H_5NO_2$;
C. $C_6H_5NH_2$ și derivații ei;
D. NH_4Cl ;
E. C_6H_5OH și derivații lui.
- 13-96. Prin metoda nitritometrică nu pot fi dozate substanțele:
A. streptocida;
B. anilina;
C. $C_6H_5NO_2$;
D. CH_3OH ;
E. CH_3COOH .
- 13-97. Punctul de echivalență în metoda permanganatometrică se fixează:
A. cu ajutorul redox-indicatorilor;
B. cu ajutorul indicatorilor metalocromici;
C. prin metoda fără indicator;
D. în prezența K_2CrO_4 ;
E. cu ajutorul indicatorilor de adsorbție.
- 13-98. Punctul de echivalență în metoda cerimetrică poate fi fixat:
A. cu ajutorul indicatorilor metalocromici;
B. prin metoda fără indicator;
C. cu ajutorul unor indicatori specifici;
D. cu ajutorul redox-indicatorilor;
E. în prezența feroinei.

- 13-99. În calitate de redoxindicatori în volumetria prin reacții redox se aplică:
A. feroina;
B. difenilamina;
C. acidul fenilantronic;
D. amidonul;
E. eozina.
- 13-100. În titrarea redoximetrică valoarea potențialului soluției în punctul de echivalență depinde de:
A. natura oxidantului;
B. natura reducătorului;
C. concentrația oxidantului;
D. concentrația reducătorului;
E. ordinea de titrare.
- 13-101. În titrarea redoximetrică valoarea potențialului soluției în punctul de echivalență nu depinde de:
A. natura oxidantului;
B. natura reducătorului;
C. ordinea de titrare;
D. concentrația oxidantului;
E. concentrația reducătorului.
- 13-102. Pot fi titrate direct cu soluția titrată de $KMnO_4$ substanțele medicamentoase:
A. $NaNO_2$;
B. sol. H_2O_2 ;
C. $FeSO_4$;
D. Fe ;
E. $CaCl_2$.
- 13-103. Mediul acid, la titrarea redoximetrică cu soluția titrată de $K_2Cr_2O_7$, este creat adăugând acidul:
A. H_3PO_4 ;
B. HCl ;
C. H_2SO_4 ;
D. HNO_3 ;
E. CH_3COOH .

- 13-104.** Cele mai importante condiții ale unei titrări complexonometrice sunt:
- A. prezența soluției-tampon;
 - B. prezența catalizatorului;
 - C. la rece;
 - D. complexul ionului de metal, ce se determină, cu complexon, trebuie să fie mult mai stabil decât complexul acestui ion de metal cu indicatorul;
 - E. titrarea substanței de dozat cu soluție de complexon și nu invers.
- 13-105.** În complexonometrie se utilizează indicatorii:
- A. de oxido-reducere;
 - B. de adsorbție;
 - C. metalocromici;
 - D. specifici;
 - E. murexidul.
- 13-106.** Mărirea saltului pe curba de titrare în metoda volumetrică prin reacții de precipitare este funcție:
- A. a concentrației soluțiilor ce se titrează;
 - B. a PS precipitatului;
 - C. a ordinii de titrare;
 - D. a temperaturii;
 - E. naturii indicatorului.
- 13-107.** Saltul pe curba de titrare în volumetria prin reacții de precipitare crește:
- A. la mărirea temperaturii;
 - B. cu cât PS este mai mare;
 - C. cu cât PS este mai mic;
 - D. la micșorarea temperaturii;
 - E. cu cât concentrațiile soluțiilor sunt mai mari.
- 13-108.** Saltul pe curba de titrare în volumetria prin reacții de precipitare descrește:
- A. la mărirea temperaturii;
 - B. cu cât PS este mai mare;
 - C. cu cât PS este mai mic;
 - D. la micșorarea temperaturii;
 - E. cu cât concentrațiile soluțiilor sunt mai mari.

- 13-109.** Saltul pe curba de titrare în volumetria prin reacții de precipitare este mai mic în cazul când:
- A. este mai mică temperatura;
 - B. PS este mai mic;
 - C. crește temperatura;
 - D. concentrațiile soluțiilor ce se titrează sunt mai mici;
 - E. PS este mai mare.
- 13-110.** Indicatorii utilizați în mercurimetrie sunt:
- A. $K_2Cr_2O_7$;
 - B. turnesolul;
 - C. fenolftaleina;
 - D. difenilcarbazona;
 - E. soluția de tiocianat de Fe(III).
- 13-111.** Mărirea saltului pe curba de titrare în complexonometrie este funcție a:
- A. concentrației soluției substanței de dozat;
 - B. concentrației soluției titrate de lucru;
 - C. pH-ului soluției;
 - D. ordinii de titrare;
 - E. naturii indicatorului.
- 13-112.** Mărirea saltului pe curba de titrare în complexonometrie crește:
- A. la mărirea concentrației soluției de analizat;
 - B. la micșorarea concentrației soluției de analizat;
 - C. la micșorarea concentrației de complexon III;
 - D. la mărirea concentrației de complexon III;
 - E. cu cât stabilitatea complexului ionului de dozat cu complexon III este mai mare.
- 13-113.** Prin metoda complexonometrică pot fi determinate, prin titrare directă, substanțele medicamentoase:
- A. $CaCl_2$;
 - B. CH_2O ;
 - C. $FeSO_4$;
 - D. NH_4Cl ;
 - E. $MgSO_4$.
- 13-114.** Prin metoda complexonometrică nu pot fi titrate direct substanțele medicamentoase:
- A. $ZnSO_4$;

- B. KI;
 C. CuSO₄;
 D. NaNO₂;
 E. gluconatul de calciu.
- 13-115.** Condițiile de titrare prin metoda argentometrică Mohr sunt:
 A. mediu acid;
 B. mediu neutru sau slab bazic;
 C. lipsa în soluția de analizat a cationilor (Hg²⁺, Pb²⁺, Ba²⁺ și a.) care formează cromați insolubili;
 D. lipsa anionilor (S²⁻, PO₄³⁻, CO₃²⁻ și a.) care sedimentează ionii de Ag⁺;
 E. la soluția de halogenură se adaugă soluția de Ag⁺ și nu invers.
- 13-116.** Condițiile de titrare prin metoda argentometrică Fajans-Hodacov sunt:
 A. anumită valoare a pH-ului;
 B. proprietatea de adsorbție a ionului de dozat de către precipitat să fie mai mare decât a indicatorului;
 C. cel puțin parțial produsul de reacții să formeze particule coloidale;
 D. mediul neapărat să fie puternic acid;
 E. capacitatea de adsorbție a ionului de dozat să fie mai mică decât a indicatorului.
- 13-117.** Mărimea saltului pe curba de titrare în complexonometrie este funcție a:
 A. ordinii de titrare;
 B. pH-ului soluției;
 C. concentrației soluției de analizat;
 D. concentrației titrantului;
 E. constantei de stabilitate a complexului ionului de dozat cu complexonul III.
- 13-118.** Saltul pe curba de titrare în complexonometrie se va micșora:
 A. la micșorarea constantei de stabilitate a complexului ionului de dozat cu complexonul III;
 B. la micșorarea c(H⁺);
 C. la micșorarea concentrației titrantului;
 D. la mărirea concentrației titrantului;
 E. la mărirea concentrației substanței de dozat.

- 13-119.** În volumetria prin reacții de precipitare se utilizează indicatorii:
 A. de precipitare;
 B. de adsorbție;
 C. metalocromici;
 D. acido-bazici;
 E. ireversibili.
- 13-120.** Cu ajutorul căror reactivi, luați împreună, se determină punctul de echivalență la titrarea sărurilor de Zn cu K₄[Fe(CN)₆] (metoda hexacianferato(II)metrică):
 A. complexona III;
 B. difenilamina;
 C. H₂SO₄;
 D. K₃[Fe(CN)₆];
 E. NaOH.
- 13-121.** În metoda mercurometrică în calitate de indicatori se utilizează:
 A. soluția de tiocianură de fier(III);
 B. K₂CrO₄;
 C. soluția de difenilcarbazonă;
 D. NH₄SCN;
 E. difenilamina.
- 13-122.** Substanța medicamentoasă NaCl poate fi determinată cantitativ prin metoda:
 A. complexonometrică;
 B. alcalimetrică;
 C. mercurimetrică;
 D. argentometrică (metoda Mohr);
 E. mercurometrică.
- 13-123.** Acizii pot fi dozați prin metoda:
 A. alcalimetrică;
 B. acidimetrică;
 C. iodometrică;
 D. complexonometrică;
 E. dicromatometrică.
- 13-124.** Substanța medicamentoasă MgSO₄ poate fi determinată cantitativ prin metoda:
 A. acidimetrică;
 B. iodometrică;
 C. gravimetrică;

- D. bromometrică;
- E. complexometrică.

13-125. Substanța medicamentoasă NaNO_2 poate fi determinată cantitativ prin metoda:

- A. permanganometrică;
- B. nitritometrică;
- C. acidimetrică;
- D. bromatometrică;
- E. complexometrică.

13-126. Substanța medicamentoasă $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ poate fi determinată cantitativ prin metoda:

- A. iodometrică;
- B. complexometrică;
- C. alcalimetrică;
- D. permanganometrică;
- E. argentometrică (metoda Mohr).

13-127. Acidul ascorbic (vitamina C ($\text{pK}_a=4,0$)) poate fi determinat cantitativ prin metoda:

- A. nitritometrică;
- B. complexometrică;
- C. iodometrică;
- D. dicromatometrică;
- E. alcalimetrică.

13-128. Clorura de calciu poate fi determinată cantitativ prin metoda:

- A. permanganometrică;
- B. nitritometrică;
- C. argentometrică (metoda Mohr);
- D. gravimetrică;
- E. complexometrică.

13-129. Iodura de potasiu poate fi determinată cantitativ prin metoda:

- A. argentometrică (metoda Fayns);
- B. mercurimetrică;
- C. complexometrică;
- D. gravimetrică;
- E. acidimetrică.

13-130. Acidul salicilic ($\text{pK}_a=3,0$) poate fi determinat cantitativ prin metoda:

- A. alcalimetrică;
- B. complexometrică;
- C. nitritometrică;
- D. bromometrică;
- E. mercurimetrică.

14. RĂSPUNSURI LA TESTE

Teste complement simplu (partea I, analiza calitativă)

Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns
8-1	C	8-29	B	8-57	E	8-85	D
8-2	B	8-30	B	8-58	A	8-86	A
8-3	A	8-31	D	8-59	D	8-87	E
8-4	D	8-32	B	8-60	E	8-88	A
8-5	E	8-33	E	8-61	A	8-89	C
8-6	D	8-34	C	8-62	B	8-90	D
8-7	C	8-35	B	8-63	C	8-91	D
8-8	A	8-36	C	8-64	B	8-92	A
8-9	B	8-37	A	8-65	C	8-93	B
8-10	E	8-38	C	8-66	C	8-94	E
8-11	B	8-39	B	8-67	B	8-95	E
8-12	D	8-40	A	8-68	B	8-96	B
8-13	D	8-41	D	8-69	B	8-97	A
8-14	A	8-42	B	8-70	D	8-98	C
8-15	D	8-43	E	8-71	E	8-99	B
8-16	B	8-44	D	8-72	B	8-100	D
8-17	D	8-45	A	8-73	C	8-101	E
8-18	B	8-46	C	8-74	C	8-102	A
8-19	D	8-47	E	8-75	C	8-103	E
8-20	A	8-48	C	8-76	D	8-104	D
8-21	C	8-49	D	8-77	E	8-105	D
8-22	D	8-50	A	8-78	D	8-106	C
8-23	C	8-51	C	8-79	A	8-107	B
8-24	C	8-52	E	8-80	C	8-108	C
8-25	B	8-53	B	8-81	E	8-109	E
8-26	C	8-54	C	8-82	E	8-110	D
8-27	C	8-55	A	8-83	D		
8-28	B	8-56	C	8-84	E		

Teste complement multiplu (partea I, analiza calitativă)

Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns
9-1	A, C, E	9-30	A, E	9-59	A, C, D	9-88	A, B
9-2	C, D, E	9-31	A, C, E	9-60	A, D	9-89	A, B, C, E
9-3	A, B, C	9-32	D, E	9-61	B, E	9-90	B, D
9-4	B, D, E	9-33	B, C	9-62	C, D	9-91	B, C
9-5	A, B, C	9-34	A, E	9-63	A, B, E	9-92	D, E
9-6	A, C, E	9-35	C, D, E	9-64	A, B, C	9-93	B, C
9-7	A, C, E	9-36	A, D	9-65	C, D	9-94	A, B, E
9-8	B, C	9-37	C, D, E	9-66	B, C, D	9-95	C, E
9-9	A, C, D	9-38	A, B	9-67	D, E	9-96	B, C, D
9-10	B, D	9-39	B, C	9-68	A, B	9-97	A, B, E
9-11	A, D	9-40	A, E	9-69	A, B	9-98	C, D
9-12	A, E	9-41	B, C, E	9-70	B, C, E	9-99	A, E
9-13	B, C	9-42	C, D	9-71	C, D, E	9-100	A, C
9-14	A, D	9-43	A, B	9-72	A, B, C, D	9-101	B, D
9-15	B, E	9-44	C, D, E	9-73	A, C, D, E	9-102	C, E
9-16	A, C	9-45	A, B, C	9-74	C, D, E	9-103	A, C
9-17	B, E	9-46	B, C	9-75	A, B, C	9-104	B, C
9-18	B, C, E	9-47	B, D, E	9-76	C, D	9-105	C, E
9-19	D, E	9-48	A, D	9-77	C, E	9-106	B, D, E
9-20	B, C, D	9-49	D, E	9-78	B, C, D, E	9-107	B, D
9-21	D, E	9-50	B, D, E	9-79	A, E	9-108	A, C
9-22	B, C, D	9-51	A, D	9-80	D, E	9-109	D, E
9-23	A, D	9-52	A, C, E	9-81	B, D	9-110	A, C
9-24	A, B	9-53	B, C, D	9-82	A, E	9-111	A, B, E
9-25	C, D	9-54	A, C, D	9-83	A, B, C, D	9-112	A, B, C, D
9-26	A, C, D, E	9-55	B, E	9-84	A, C, E	9-113	B, C, E
9-27	B, C, E	9-56	B, C, D	9-85	B, C	9-114	A, C, D, E
9-28	A, C, E	9-57	A, C, E	9-86	B, D, E	9-115	D, E
9-29	B, D	9-58	B, C	9-87	B, C, D	9-116	A, B, C, D, E

Teste complement simplu (partea II, analiza cantitativă)

Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns
12-1	D	12-34	D	12-67	B	12-100	E
12-2	D	12-35	C	12-68	E	12-101	C
12-3	D	12-36	B	12-69	C	12-102	D
12-4	A	12-37	E	12-70	D	12-103	B
12-5	C	12-38	A	12-71	B	12-104	C
12-6	C	12-39	B	12-72	A	12-105	A
12-7	A	12-40	C	12-73	B	12-106	C
12-8	E	12-41	C	12-74	D	12-107	D
12-9	B	12-42	C	12-75	C	12-108	E
12-10	B	12-43	A	12-76	E	12-109	B
12-11	D	12-44	B	12-77	C	12-110	A
12-12	C	12-45	A	12-78	E	12-111	D
12-13	B	12-46	C	12-79	E	12-112	E
12-14	A	12-47	D	12-80	C	12-113	B
12-15	C	12-48	A	12-81	D	12-114	A
12-16	D	12-49	D	12-82	A	12-115	B
12-17	E	12-50	C	12-83	D	12-116	C
12-18	B	12-51	C	12-84	E	12-117	A
12-19	C	12-52	A	12-85	B	12-118	B
12-20	A	12-53	E	12-86	A	12-119	B
12-21	D	12-54	A	12-87	B	12-120	B
12-22	B	12-55	B	12-88	C	12-121	D
12-23	E	12-56	D	12-89	E	12-122	C
12-24	C	12-57	E	12-90	A	12-123	D
12-25	A	12-58	D	12-91	B	12-124	A
12-26	E	12-59	C	12-92	C	12-125	B
12-27	C	12-60	A	12-93	D	12-126	C
12-28	A	12-61	A	12-94	A	12-127	C
12-29	B	12-62	D	12-95	E	12-128	B
12-30	C	12-63	B	12-96	A	12-129	E
12-31	D	12-64	B	12-97	E	12-130	D
12-32	E	12-65	E	12-98	B		
12-33	A	12-66	C	12-99	A		

Teste complement multiplu (partea II, analiza cantitativă)

Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns	Nr. testului	Răspuns
13-1	B, D, E	13-34	A, D, E	13-67	B, C, D, E	13-100	A, B
13-2	B, D	13-35	A, C	13-68	A, D	13-101	C, D, E
13-3	A, D, E	13-36	C, D	13-69	A, B, D, E	13-102	B, C, D
13-4	C, D	13-37	A, E	13-70	A, B, C	13-103	A, B, C
13-5	B, C	13-38	B, D	13-71	D, E	13-104	A, D
13-6	A, B	13-39	A, C	13-72	C, D	13-105	C, D, E
13-7	C, D	13-40	C, E	13-73	D, E	13-106	A, B, D
13-8	A, E	13-41	A, B, D	13-74	B, C	13-107	C, D, E
13-9	A, B, D	13-42	A, D	13-75	A, D	13-108	A, B
13-10	B, C, E	13-43	C, E	13-76	C, D	13-109	C, D, E
13-11	C, E	13-44	C, D, E	13-77	B, C, D	13-110	D, E
13-12	B, C, E	13-45	A, D	13-78	A, B, E	13-111	A, B, C
13-13	B, D	13-46	B, D	13-79	C, D	13-112	A, D, E
13-14	B, C	13-47	A, B, D, E	13-80	B, C, E	13-113	A, C, E
13-15	A, C	13-48	A, C	13-81	D, E	13-114	B, D
13-16	A, D, E	13-49	B, C, D	13-82	B, C, D, E	13-115	B, C, D, E
13-17	A, D	13-50	A, E	13-83	C, D	13-116	A, B, C
13-18	B, C, E	13-51	A, C	13-84	A, B	13-117	B, C, D, E
13-19	C, D, E	13-52	A, B, D	13-85	D, E	13-118	A, C
13-20	C, D, E	13-53	B, C	13-86	A, B, C	13-119	A, B, C
13-21	B, D	13-54	A, D	13-87	B, C, D, E	13-120	B, C, D
13-22	C, D	13-55	A, B, C, D	13-88	B, D, E	13-121	A, B, C
13-23	A, E	13-56	B, C, D, E	13-89	B, D, E	13-122	C, D, E
13-24	C, E	13-57	A, C, E	13-90	B, C, D	13-123	A, B, C
13-25	A, E	13-58	C, D	13-91	A, C, D	13-124	C, D, E
13-26	B, D	13-59	A, D	13-92	A, B, C	13-125	A, B, D
13-27	B, E	13-60	B, D	13-93	C, D, E	13-126	A, D
13-28	A, D, E	13-61	A, C	13-94	B, E	13-127	A, C
13-29	A, B, C	13-62	D, E	13-95	B, C	13-128	A, C
13-30	D, E	13-63	D, E	13-96	D, E	13-129	A, B, D
13-31	A, B	13-64	B, C	13-97	A, C	13-130	A, D
13-32	C, D, E	13-65	C, D	13-98	B, D, E		
13-33	B, C	13-66	A, B, C	13-99	A, B, C		

Anexa nr. 1

Coefficienții de activitate ai ionilor în funcție de tăria ionică (I) a soluției și sarcina ionilor (z)

I	Valorile medii ale coeficienților de activitate			
	z = 1	z = 2	z = 3	z = 4
0,0005	0,975	0,904	0,802	0,678
0,001	0,964	0,868	0,738	0,588
0,0025	0,945	0,805	0,632	0,455
0,005	0,925	0,744	0,540	0,350
0,01	0,899	0,670	0,445	0,255
0,025	0,850	0,555	0,325	0,155
0,05	0,840	0,50	0,21	0,062
0,10	0,81	0,44	0,16	0,037
0,20	0,80	0,41	0,14	0,028
0.50	0,84	0,50	0,21	0.06

Anexa nr.2

Formula de calcul la rezolvarea ecuației pătrate de tipul

$$ax^2 + bx + c = 0:$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Constantele de disociere ale acizilor și bazelor

Denumirea substanței	Formula substanței	K	pK
Acid acetic	CH ₃ COOH	1,74 · 10 ⁻⁵	4,76
Acid aminobenzoic	NH ₂ C ₆ H ₄ COOH	1,8 · 10 ⁻⁵	4,74
Acid arsenic, K _{a1}	H ₃ AsO ₄	5,6 · 10 ⁻³	2,25
K _{a2}		1,7 · 10 ⁻⁷	6,77
K _{a3}		2,95 · 10 ⁻¹²	11,53
Acid benzoic	C ₆ H ₅ COOH	6,3 · 10 ⁻⁵	4,20
Acid carbonic, K _{a1}	H ₂ CO ₃	4,5 · 10 ⁻⁷	6,35
K _{a2}		4,8 · 10 ⁻¹¹	10,32
Acid cianhidric	HCN	5,0 · 10 ⁻¹⁰	9,30
Acid fluorhidric	HF	6,2 · 10 ⁻⁴	3,21
Acid formic	HCOOH	1,8 · 10 ⁻⁴	3,75
Acid fosforic, K _{a1}	H ₃ PO ₄	7,1 · 10 ⁻³	2,15
K _{a2}		6,2 · 10 ⁻⁸	7,21
K _{a3}		5,0 · 10 ⁻¹³	12,30
Acid oxalic, K _{a1}	H ₂ C ₂ O ₄	5,6 · 10 ⁻²	1,25
K _{a2}		5,4 · 10 ⁻⁵	4,27
Acid sulfuric, K _{a2}	H ₂ SO ₄	1,15 · 10 ⁻²	1,94
Acid salicilic, K _{a1}	C ₆ H ₄ (OH)COOH	1,1 · 10 ⁻³	2,97
K _{a2}		2,6 · 10 ⁻¹⁴	13,59
Acid sulfhidric, K _{a1}	H ₂ S	1,0 · 10 ⁻⁷	7,00
K _{a2}		2,5 · 10 ⁻¹³	12,60
Acid sulfuros, K _{a1}	H ₂ SO ₃	1,4 · 10 ⁻²	1,85
K _{a2}		6,2 · 10 ⁻⁸	7,20
Amoniac (bază)	NH ₃	1,76 · 10 ⁻⁵	4,75
Piridină (bază)	C ₅ H ₅ N	1,5 · 10 ⁻⁹	8,82
Hexametilentetramină (bază monoacidă)	(CH ₂) ₆ N ₄	1,4 · 10 ⁻⁹	8,87
Hidroxid de bariu, K _{b2}	Ba(OH) ₂	2,3 · 10 ⁻¹	0,64
Hidroxid de calciu, K _{b2}	Ca(OH) ₂	4,0 · 10 ⁻²	1,40

Produsele de solubilitate ale unor electroliți greu solubili

Formula electrolitului	PS	Formula electrolitului	PS
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	CaF ₂	$4,0 \cdot 10^{-11}$
AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$	Ca ₃ (PO ₄) ₂	$2,0 \cdot 10^{-29}$
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	Cd(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-14}$
Ag ₂ CrO ₄	$1,1 \cdot 10^{-12}$	PbCl ₂	$1,6 \cdot 10^{-5}$
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	PbI ₂	$1,1 \cdot 10^{-9}$
BaC ₂ O ₄	$1,1 \cdot 10^{-7}$	PbSO ₄	$1,6 \cdot 10^{-8}$
BaCrO ₄	$1,2 \cdot 10^{-10}$	PbCrO ₄	$1,8 \cdot 10^{-14}$
BaCO ₃	$4,0 \cdot 10^{-10}$	Fe(OH) ₃	$3,2 \cdot 10^{-38}$
CaC ₂ O ₄	$2,3 \cdot 10^{-9}$	Mg(OH) ₂	$6,0 \cdot 10^{-10}$
CaCO ₃	$3,8 \cdot 10^{-9}$	ZnS	$1,6 \cdot 10^{-24}$
CaSO ₄	$2,5 \cdot 10^{-5}$	CdS	$1,6 \cdot 10^{-28}$

Constantele de stabilitate (β_n) ale unor ioni complecși

Formula ionului complex	β _n	Formula ionului complex	β _n
[Ag(NH ₃) ₂] ⁺	$1,7 \cdot 10^7$	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺	$1,07 \cdot 10^{12}$
[HgI ₄] ²⁻	$6,76 \cdot 10^{29}$	[Fe(CN) ₆] ⁴⁻	$1,0 \cdot 10^{37}$
[Hg(SCN) ₄] ²⁻	$1,58 \cdot 10^{21}$	[Ni(NH ₃) ₄] ²⁺	$2,95 \cdot 10^7$
[Cd(NH ₃) ₄] ²⁺	$3,63 \cdot 10^6$	[Cd(CN) ₄] ²⁺	$1,29 \cdot 10^{17}$

Formulele aproximative pentru calculul c(H⁺) și pH-ului soluțiilor apoase ale acizilor, bazelor, sărurilor și ale sistemelor tampon

Electrolitul	c(H ⁺)	pH
Acid tare HA	$c(H^+) = c(HA)$	$pH = -\lg c(H^+) = -\lg c(HA)$
Acid tare H ₂ A	$c(H^+) \approx 2 \cdot c(H_2A)$	$pH \approx -\lg c(H_2A) - \lg 2$
Bază tare MeOH	$c(OH^-) = c(MeOH)$ $c(H^+) = \frac{K_w}{c(OH^-)} = \frac{K_w}{c(MeOH)}$	$pOH = -\lg c(OH^-) = -\lg c(MeOH)$ $pH = 14 - pOH = 14 + \lg c(MeOH)$
Bază tare Me(OH) ₂	$c(OH^-) \approx 2 \cdot c(Me(OH)_2)$ $c(H^+) = \frac{K_w}{2 \cdot c(Me(OH)_2)}$	$pOH \approx -\lg c(Me(OH)_2) - \lg 2$ $pH \approx 14 + \lg c(Me(OH)_2) + \lg 2$
Acid slab HA	$c(H^+) \approx \sqrt{c_0(HA) \cdot K_a^{HA}}$	$pH \approx \frac{1}{2} pK_a^{HA} - \frac{1}{2} \lg c_0(HA)$
Bază slabă B	$c(OH^-) \approx \sqrt{c_0(B) \cdot K_b^B}$ $c(H^+) = \frac{K_w}{\sqrt{c_0(B) \cdot K_b^B}}$	$pOH \approx \frac{1}{2} pK_b^B - \frac{1}{2} \lg c_0(B)$ $pH = 14 - \frac{1}{2} pK_b^B + \frac{1}{2} \lg c_0(B)$
Acid slab HA + sarea lui KtA	$c(H^+) \approx \frac{K_a^{HA} \cdot c_0(HA)}{c_0(sare)}$	$pH = pK_a^{HA} - \lg \frac{c_0(HA)}{c_0(sare)}$ $pH = pK_a^{HA} - \lg \frac{n_0(HA)}{n_0(sare)}$
Bază slabă B + sarea ei [BH]A	$c(OH^-) \approx \frac{K_b^B \cdot c_0(B)}{c_0(sare)}$ $c(H^+) \approx \frac{K_w \cdot c_0(sare)}{K_b^B \cdot c_0(B)}$	$pH = 14 - pK_b^B + \lg \frac{c_0(B)}{c_0(sare)}$ $pH = 14 - pK_b^B + \lg \frac{n_0(B)}{n_0(sare)}$

Sarea formată din bază slabă B și acid tare HA	$c(H^+) \approx \sqrt{\frac{K_w \cdot c_0(\text{sare})}{K_b^B}}$	$pH = 7 - \frac{1}{2} pK_b^B - \frac{1}{2} \lg c_0(\text{sare})$
Sarea formată din acid slab HA și bază tare MeOH	$c(H^+) \approx \sqrt{\frac{K_w \cdot K_a^{HA}}{c_0(\text{sare})}}$	$pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a^{HA} + \frac{1}{2} \lg c_0(\text{sare})$

Tabelul prescurtat de logaritmi

Numerele	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	000	041	079	114	146	176	204	230	255	279
2	301	322	342	362	380	398	415	431	447	462
3	477	491	505	519	532	544	556	568	580	591
4	602	613	623	634	644	653	663	672	681	690
5	699	708	716	724	732	740	748	756	763	771
6	778	785	792	799	806	813	820	826	833	839
7	845	851	857	863	869	875	881	887	892	898
8	903	909	914	919	924	929	935	940	945	949
9	954	959	964	968	973	978	982	987	991	996

Exemple de calcul al pH-ului, știind valoarea $c(H^+)$:

$$c(H^+) = 5,3 \cdot 10^{-1} \text{ mol/l}; \quad pH = -\lg c(H^+) = -\lg 5,3 \cdot 10^{-1} = \\ = -(0,724 - 1) = -(-0,276) \approx 0,28$$

$$c(H^+) = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}; \quad pH = -\lg c(H^+) = -\lg 5,3 \cdot 10^{-4} = \\ = -(0,724 - 4) = -(-3,276) \approx 3,28$$

Exemple de calcul al $c(H^+)$, știind valoarea pH-ului:

$$pH = 0,42; \quad c(H^+) = \text{antilog}(-pH) = \text{antilog}(-0,42) = \text{antilog}(0,580 - 1) = 3,8 \cdot 10^{-1} \text{ mol/l}$$

$$pH = 3,42; \quad c(H^+) = \text{antilog}(-pH) = \text{antilog}(-3,42) = \text{antilog}(0,580 - 4) = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Formulele de calcul al erorilor de indicator în titrarea acido-bazică

$$E_{H^+}(\%) = \pm \frac{10^{-pT} \cdot V_2 \cdot 100}{C_1 \cdot V_1} \quad - \text{eroarea hidrogenică}$$

$$E_{OH^-}(\%) = \pm \frac{10^{pT-14} \cdot V_2 \cdot 100}{C_1 \cdot V_1} \quad - \text{eroarea hidroxilică}$$

$$E_{HA}(\%) = -\frac{10^{-pT} \cdot 100}{K_a + 10^{-pT}} \quad - \text{eroarea acidică}$$

$$E_{MeOH}(\%) = E_B = -\frac{10^{pT-14} \cdot 100}{K_b + 10^{pT-14}} \quad - \text{eroarea bazică}$$

Însemnări: C_1 – concentrația molară a echivalentului soluției ce se titrează; V_1 – volumul soluției de substanță ce se titrează; V_2 – volumul total al soluției la sfârșitul titrării

16. BIBLIOGRAFIE

1. Vasiliev V.P. *Chimie analitică*, vol.1, Chișinău, 1991.
2. Dorneanu Vasile. *Curs de chimie analitică calitativă*, Iași, 1979.
3. Budu Grigore. *Aplicații de calcul în chimia analitică calitativă*, CEP, „Medicină”, Chișinău, 2002.
4. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В.. *Задачи и вопросы по аналитической химии*, Москва, 1984.
5. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. *Аналитическая химия*, т.1, Москва, 1990.
6. *Сборник задач по аналитической химии*, изд. Казанского Университета, 1987.
7. Лурье Ю.Ю. *Справочник по аналитической химии*, Москва, 1989.
8. Толстоусов В.Н., Эфрос С. М.. *Задачник по количественному анализу*, „Химия”, Ленинград, 1986.

CUPRINS

	Introducere.....	3
F	<i>Partea I. Analiza calitativă</i>	
	1. Modurile de exprimare a compoziției soluțiilor și corelațiile dintre ele.....	4
E I	2. Activitatea ionilor în soluții apoase de electroliți. Tăria ionică a soluțiilor.....	5
	3. Echilibre în soluții apoase de acizi și baze.....	11
	4. Echilibre în soluții-tampon.....	26
E C	5. Echilibre în soluții apoase de săruri.....	35
	6. Echilibre în sisteme eterogene.....	47
	7. Echilibre în soluții de compuși complecși.....	58
	8. Teste complement simplu – analiza calitativă.....	62
	9. Teste complement multiplu – analiza calitativă.....	83
E '	<i>Partea a II-a. Analiza cantitativă</i>	
	10. Gravimetria.....	104
	11. Titrimetria (volumetria).....	119
	12. Teste complement simplu – analiza cantitativă.....	170
E '	13. Teste complement multiplu – analiza cantitativă.....	197
	14. Răspunsuri la teste.....	224
	15. Anexe.....	228
Îr	16. Bibliografie	235