

OLIMPIADA DE CHIMIE 2021

Etapa a II-a

10 aprilie

Clasa a IX-a

- Timpul de lucru efectiv este de 3 ore.
- Pentru rezolvarea cerințelor veți utiliza mase atomice rotunjite din Tabelul periodic care se găsește la sfârșitul variantei de subiecte.

Subiectul I

(35 de puncte)

A.....20 puncte



Fotografia alăturată reprezintă un exemplu de etichetare a fertilizatorilor **NPK** pentru plante. Cele trei numere de pe etichetă **10-15-10** reprezintă notarea standardizată a unui îngrășământ complex **NPK** care arată, în procente de masă: conținutul de azot (adică 10% N), conținutul de fosfor exprimat în procente de pentaoxid de fosfor (adică fosforul echivalent cu 15% P_2O_5) și conținutul de potasiu, exprimat în procente de oxid de potasiu (10% K_2O).

Se cere:

- Calculați conținutul procentual de fosfor și de potasiu din fertilizatorul exemplificat (în procente de masă);
- Dacă s-ar fabrica un îngrășământ care conține doar azotat de amoniu pur, indicați modul de etichetare **NPK**;
- Un amestec de doi compuși cu raportul molar de 1:1 prezintă o cotare **NPK** de **10-53-18**. Precizați care combinație de două substanțe dintre cele enumerate mai

jos ar corespunde: fosfat diacid de potasiu, fosfat acid de potasiu, fosfat de potasiu, fosfat diacid de amoniu, fosfat acid de amoniu, fosfat de amoniu.

Se dorește să se fabrice un fertilizator **20-20-20** folosind azotat de potasiu, azotat de amoniu, fosfat diacid de sodiu și un compus inert (nisip). Demonstrați prin calcul dacă este sau nu este posibilă fabricarea acestui fertilizator și calculați masa fiecărei substanțe din compoziția fertilizatorului raportat la 100 g fertilizator.

B.....15 puncte

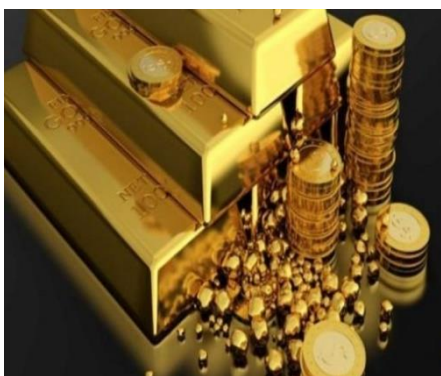
S-a supus arderii un volum de $2,016 \text{ dm}^3$ fosfină (măsurat în condiții normale). Produsul de reacție s-a introdus în 20 g dintr-o soluție de NaOH 30%, rezultând astfel soluția **S₁**. Se cere:

- Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice care au loc ;
- Calculați concentrația procentuală a soluției rezultate (**S₁**), raportată la produșii de reacție;
- Soluția rezultată s-a diluat cu apă distilată la volum final de 1 L, rezultând soluția **S₂**. Determinați concentrația ionilor de hidroniu în soluția **S₂** și precizați caracteristicile sale acido-bazice.

Subiectul al II-lea

(40 de puncte)

A.....20 puncte



Pentru recuperarea aurului dintr-o probă de 100 g de bijuterii deteriorate, marcate ca având 18 carate, acestea s-au solubilizat în apă regală rezultând o combinație complexă cu caracter acid, iar apoi aurul solubilizat s-a redus cu dioxid de sulf. În laborator se dispune de acid clorhidric 37% cu densitatea 1,19 g/mL, de acid azotic 65% cu densitatea 1,40 g/mL și dioxid de sulf.

Se cere:

- Calculați raportul volumelor celor două soluții de acizi de care se dispune, ce trebuie amestecate pentru a obține apa regală.
- Scrieți:
 - ecuația reacției care are loc la dizolvare în apă regală;
 - semireacțiile proceselor de oxidare, respectiv de reducere;
 - ecuația reacției de reducere cu dioxid de sulf a aurului

solubilizat;

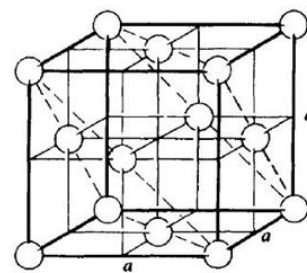
- Determinați volumul de apă regală necesar pentru a solubiliza aurul prezent în probă, considerând că aurul de 24 de carate este aur pur.

B.....8 puncte

Aurul cristalizează în rețea cubică cu fețe centrate, conform figurii alăturate.

Cunoscând valoarea lui $a = 407 \text{ pm}$ ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$), să se determine:

- distanța cea mai apropiată dintre atomii de aur, măsurată în picometri;
- numărul de „vecini apropiați” pe care îi are fiecare atom de aur în conformitate cu distanța calculată la **punctul a.**;
- prin calcul densitatea aurului, măsurată în g/cm^3 .

**C.....7 puncte**

În industria fotografică și de film se practică recuperarea ionilor de argint din soluțiile reziduale, prin tratare cu acid clorhidric.

- Indicați care dintre substanțele NaCl sau NaNO_3 trebuie să se adauge pentru o recuperare mai bună a ionilor de argint din soluție. Argumentați.
- Se realizează un experiment în care se ia o probă de 900 mL soluție reziduală, se tratează cu acid clorhidric și se separă 4,305 g precipitat alb. Dacă randamentul reacției de recuperare a ionilor de argint este de 90 %, calculați concentrația molară a ionilor de argint în soluția reziduală.
- Într-un alt experiment se ia o probă de soluție reziduală identică cu cea de la **punctul b.** și se adaugă acid clorhidric concentrat în exces, iar precipitatul se solubilizează. Scrieți ecuația reacției chimice care are loc și calculați cantitatea de compus rezultat în urma solubilizării.
- Calculați volumul minim de soluție amoniacală de concentrație 0,25 mol/L, care solubilizează la rândul său precipitatul de la **punctul b.** Scrieți ecuația reacției chimice care are loc.

D.....5 puncte

Aurul, platina, argintul și alte metale nobile sunt accesibile omului în prezent datorită unei coliziuni cu meteoriți la care ar fi fost supusă Terra în urmă cu 4 miliarde de ani, potrivit unui studiu realizat de cercetătorii de la Universitatea din Bristol, publicat în revista *NATURE*.

În 1913, Niels Bohr introduce noțiunea de cuantificare a energiei la nivelul atomului. Mai târziu, în 1926, E. Schrodinger prezintă modelul ondulatoriu al atomului și introduce noțiunea de orbital atomic. Determină forma și energia orbitalilor.

Numerele cuantice descriu de obicei energiile electronilor în atomi. Cum orice sistem cuantic poate avea unul sau mai multe numere cuantice, este dificilă enumerarea tuturor numerelor cuantice posibile.

$n = \text{număr cuantic principal}$ - indică energia totală a electronului; ia valori $n = 1, 2, 3, 4, \dots$; numărul maxim de electroni dintr-un nivel este $2n^2$.

$l = \text{număr cuantic secundar (azimutal)}$ - indică geometria orbitalilor și subnivelul energetic s ($l=0$), p ($l=1$), d ($l=2$), f ($l=3$), g ($l=4$); ia valori posibile $l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$ pentru un strat n .

$m = \text{număr cuantic magnetic}$ - indică orientarea în spațiu a orbitalilor aflați într-un câmp magnetic exterior; ia valori posibile $-l, \dots, 0, \dots, +l$; numărul cuantic magnetic indică numărul orbitalilor disponibili într-un subnivel, și este folosit pentru a calcula componenta azimut a orientării orbitalului în spațiu.

$s = \text{număr cuantic de spin}$, este pentru electron $1/2$. Numărul cuantic magnetic de spin m_s ia valori între $-s$ și $+s$ din 1 în 1, adică $2s+1$ valori. În cazul electronului valorile posibile ale lui m_s sunt $-1/2$ și $+1/2$. Spinul este o proprietate intrinsecă a electronului, independentă de celelalte numere cuantice.

Să presupunem că ne aflăm într-un alt Univers cu legi fizice diferite. Electronii din acest univers sunt descriși prin patru numere cuantice cu semnificații similare cu cele utilizate de noi, aici pe Pământ. Vom nota aceste numere cuantice p, q, r și s . (Zero este considerat un număr par în acest Univers.) Regulile pentru aceste numere cuantice sunt următoarele:

- $p = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$
- q ia valori întregi impare pozitive și $q \leq p$
- r preia toate valorile întregi impare de la $-q$ la $+q$
- $s = +1/2$ sau $-1/2$

Se cere:

- Indicați numărul de electroni în cazul: $p = 4, q = 3$
- Desenați primele patru perioade ale tabelului periodic în acest alt Univers, menționând în caseta fiecărui element numărul atomic Z ;
- Indicați numerele atomice ale primelor patru elemente de tip "gaz nobil";
- Indicați numărul de electroni în cazul: $p = 3, q = 0, r = 0$;
- Precizați numărul de elemente din perioada a 6-a, știind că aurul în acest tabel periodic se găsește în perioada a 6-a.

Subiectul al III-lea**(25 de puncte)**

Prin calcinarea, la temperatură ridicată, a azotatului (A) al unui metal (M) masa acestuia scade cu 41,38%, formând un amestec gazos (G), cu masa molară medie 43,2 g/mol (intermediar se formează azotitul metalului). Produsul solid rezultat (B) se răcește lent în curent de oxigen. Substanța formată (D) se tratează cu o soluție diluată de acid sulfuric. Precipitatul obținut se filtrează, iar peste filtrat de adaugă soluție de permanganat de potasiu de concentrație 0,2 M, în mediu de acid sulfuric. Gazul (E) rezultat se colectează într-un cilindru cufundat într-un cristalizor la temperatura de 27 °C. Nivelul apei din cilindru se ridică la 100 mm deasupra nivelului apei din cristalizor, iar volumul amestecului gazos din cilindru este de 100 cm³.

Se cere:

- Demonstrați, prin calcul, dacă procesul de calcinare cu formarea amestecului gazos (G) poate decurge în două moduri diferite;
- Determinați, prin calcul, formula chimică a azotatului (A);
- Precizați colorația caracteristică la introducerea unei sări volatile a metalului (M) în partea incoloră a flăcării unui bec de gaz;
- Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice care au loc;
- Calculați masa gazului colectat în cilindru;
- Calculați volumul soluției de permanganat de potasiu de concentrație 0,2 M utilizat pentru a obține 100 cm³ amestec gazos în cilindru;
- Calculați numărul de moli de azotat (A) supus calcinării.

Se dau:

Volumul molar (condiții normale) = 22,4 L·mol⁻¹ ;

R = 0,082 L·atm·mol⁻¹·K⁻¹ ;

Presiunea atmosferică este de 760 mmHg;

Presiunea vaporilor de apă saturați la 27 °C este 25,432 mmHg;

Densitatea mercurului = 13,6 g/cm³

K_a pentru acidul fosforic: K_{a1} = 10^{-2,16}; K_{a2} = 10^{-7,21}; K_{a3} = 10^{-12,32}

1 pm = 10⁻¹² m

Numărul lui Avogadro N_A = 6,022·10²³ particule·mol⁻¹

Subiectele au fost propuse de:

Prof. univ. dr. Ion Ion – Universitatea Politehnica din București

Prof. Rodica Băruță – Colegiul Național "Horea Cloșca și Crișan" Alba Iulia

Prof. Lavinia Mureșan – Liceul Teoretic "Eugen Pora" Cluj Napoca

Prof. Carmen Gheorghe – Seminarul Teologic Ortodox "Chesarie Episcopul" Buzău

Prof. Mariana Dejanu – Școala Gimnazială "Mihai Eminescu" Pitești

Prof. Cornelia Cerăceanu – Colegiul Național "Frații Buzești" Craiova

Prof. Aurelia Cezar – Colegiul Național "Mihai Eminescu" Constanța