

# OLIMPIADA DE CHIMIE 2021

## Etapa a II-a

10 aprilie

Clasa a VIII-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)

1. Într-un pahar Berzelius care conține 400 g de soluție de  $\text{CuSO}_4$  de concentrație 8% se introduce o plăcuță de fier. După consumarea totală a sulfatului de cupru, se scoate plăcuța, se usucă și se cântărește, înregistrându-se o masă a plăcuței de 15,2 g. În soluția rămasă în pahar se introduce o altă plăcuță, de zinc, care are masa egală cu masa inițială a plăcuței de fier. Calculează masa plăcuței de zinc la finalizarea reacției.

10 puncte

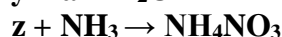
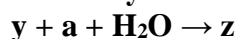
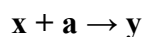
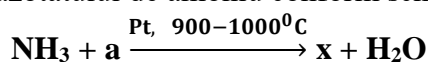
2. 87,75 g de clorură de sodiu se tratează cu acid sulfuric concentrat, la cald. Rezultă un gaz  $X$  care se barbotează în apă formând o soluție în care se adaugă masa de clorat de potasiu stoechiometric necesară reacției cu substanța  $X$ . Se degajă un gaz  $Y$  care se trece printr-o soluție de bromură de potasiu rezultând 96 g din substanța simplă  $Z$ .

a. Scrie ecuațiile reacțiilor care au loc.

b. Calculează randamentul global al transformărilor care au loc.

10 puncte

3. Procesul Haber- Bosch este o metodă industrială pentru producerea amoniacului prin sinteză, din azot și hidrogen. Pentru un randament bun al reacției, amestecul de hidrogen și azot se trece de mai multe ori peste un pat de catalizator de fier. Una dintre utilizările amoniacului preparat prin procedeul Haber- Bosch este obținerea azotatului de amoniu conform schemei ( $y$  este un gaz brun-roșcat):



Într-un reactor se introduc în proces 3360 m<sup>3</sup> de amestec de azot și hidrogen, volum măsurat în condiții normale de presiune și temperatură. Amestecul se trece de mai multe ori peste catalizator, iar volumul amestecului scade cu 30%. Randamentul reacției de sinteză raportat la azot este de 75%.

a. Scrie ecuațiile reacțiilor chimice descrise în problemă.

b. Calculează compoziția procentuală molară a amestecului final rezultat în procesul de sinteză a amoniacului.

c. Azotul necesar în procesul de fabricare a amoniacului se obține prin distilarea aerului. Determină volumul de aer (cu 80% azot), măsurat în condiții normale de temperatură și presiune, din care se poate obține azotul dacă randamentul distilării este 75%.

d. Calculează masa de azotat de amoniu ce conține aceeași cantitate de azot ca și amoniacul rezultat la punctul b.

15 puncte

### Subiectul al II-lea

(25 de puncte)

Un amestec  $A$  de pulbere de fier și oxid de cupru (de culoare neagră), se tratează cu o soluție de acid clorhidric, degajându-se 448 cm<sup>3</sup> de gaz (măsurat în condiții normale de presiune și temperatură). Peste soluția obținută se adaugă mai întâi o soluție de hidroxid de sodiu (până la precipitare totală), apoi o soluție de amoniac în exces. Știind că la adăugarea soluției de hidroxid de sodiu, după un timp, s-a obținut un precipitat mixt în care ionii  $\text{Cu}^{2+}$  au masa cu 128,58% mai mare decât cea a ionilor  $\text{Fe}^{3+}$ , răspunde următoarelor cerințe:

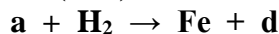
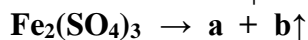
a. Scrie ecuațiile reacțiilor chimice ale proceselor descrise mai sus.

b. Notează formulele precipitatelor obținute, precizând culoarea acestora.

c. Precizează scopul adăugării soluției de amoniac peste precipitatul mixt.

d. Determină compoziția procentuală masică a amestecului A.

e. Procesele care au loc la descompunerea termică a unui amestec de sulfat de fier(III) și sulfat de fier(II), urmată de reducerea rezidului cu hidrogen, sunt descrise în schema de mai jos:



Scrie ecuațiile reacțiilor chimice din schemă și calculează masa amestecului de sulfat de fier(III) și sulfat de fier(II) din care se obține o masă de fier egală cu cea conținută în amestecul A, știind că raportul molar dintre sulfatul de fier(III) și sulfatul de fier(II) este de 2 : 1.

f. Sarea Mohr, sulfatul dublu de fier și amoniu cristalizat cu 6 molecule de apă,  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , are multiple utilizări, folosindu-se în industria metalurgică, în medicină, în farmacologie, în chimia analitică. Calculează masa de sare Mohr care conține o cantitate de sulfat de fier(II) egală cu cea din amestecul de la punctul e;

g. Determină masa precipitatului rezultat în urma barbotării amestecului gazos, rezultat în urma descompunerii amestecului de sulfați de la punctul e, în 300 g de apă de barită (soluție de hidroxid de bariu) de concentrație procentuală masică 5%.

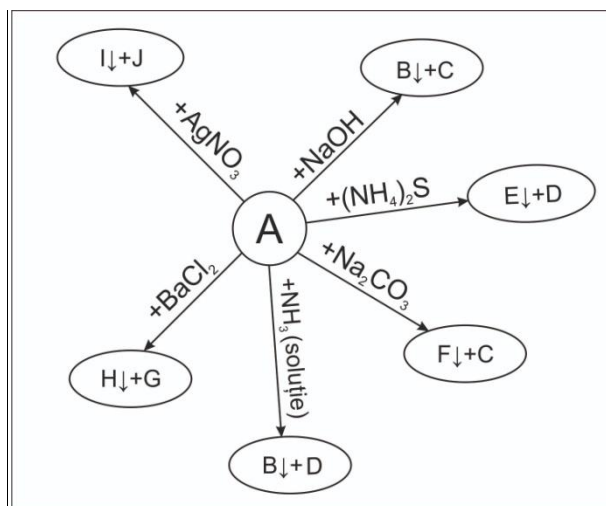
### Subiectul al III-lea

(40 de puncte)

1. La analiza sării A prelevată dintr-un mineral care se găsește în natură se obțin următoarele rezultate:

Element	Cl	C	P	O	S	N	H	Si	M (metal)
Compoziția procentuală (% de masă)	0,000	0,000	0,000	57,399	14,350	0,000	3,587	0,000	24,664

Sarea A se încălzește și masa sa se micșorează cu 32,28%, transformându-se în sarea A', o substanță ternară. Se dizolvă 11,150 g de sare A în 190,00 cm<sup>3</sup> de apă distilată care are densitatea,  $\rho=0,99395 \text{ g/cm}^3$ . Se obține o soluție care are densitatea  $\rho=1,2000 \text{ g/cm}^3$  din care se iau câte 5,00 cm<sup>3</sup> pentru a realiza reacțiile din schema de mai jos:



Se cere:

a. Precizează motivul pentru care chimistul a analizat posibilitatea prezenței elementelor chimice din tabelul de mai sus.

b. Stabilește, prin calcul, formula sării A.

c. Calculează concentrația procentuală de masă a soluției obținute prin dizolvarea sării A în apa distilată.

d. Scrie ecuațiile reacțiilor din schemă.

e. Precizează culorile precipitatelor B, E, F, H și I.

f. Calculează concentrația procentuală de masă a soluției rezultate prin amestecarea a 5,00 cm<sup>3</sup> de soluție obținută prin dizolvarea sării A în apă cu 4,00 cm<sup>3</sup> de soluție de carbonat de sodiu care are  $\rho=1,1200 \text{ g/cm}^3$  și concentrația procentuală de masă 11,6%.

20 puncte



„Întronarea Madonei și a Copilului”  
(cca. 1503 – 1505)

2. Una dintre cele mai semnificative opere ale pictorului Rafael (**Raffaello Sanzio da Urbino 1483 - 1520**) este intitulată „Întronarea Madonei și a Copilului” (cca. 1503 – 1505). În realizarea acestei capodopere artistul a folosit o vopsea inedită pentru culoarea albastră: un amestec de malachit ( $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ ), azurit ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ), și ulei de in (se consideră că uleiul de in conține doar acid  $\alpha$ -linolenic –  $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$ ).

Pentru a putea restaura opera lui Rafael cercetătorii trebuie să determine proporția în care pictorul a amestecat componentele pentru a obține vopseaua. Analizând documentele vremii nu s-au găsit informații legate de proporția în care erau amestecate cele trei substanțe.

Pentru a determina compoziția vopselei s-a analizat o probă de vopsea albastră cu masa de 0,8010 g, prelevată din tablou. S-au parcurs următoarele etape:

**Etapa I.** Proba prelevată a fost calcinată până la invariabilitatea masei, iar amestecul gazos rezultat a fost barbotat în 8,000 g de soluție de hidroxid de sodiu de concentrație procentuală masică 20%. Soluția obținută are masa de 8,9690 g cu

o concentrație procentuală masică a hidroxidului de sodiu de 3,12%.

**Etapa a II a.** La reziduul rezultat după operația de calcinare a vopselei se adaugă cărbune fin (carbon pur), în exces, se mojarază și se omogenizează obținându-se 0,4680 g de amestec. Acest amestec se calcinează, pe termobalanță, în atmosferă inertă, până la masa constantă de 0,3525 g.

a. Scrie ecuațiile reacțiilor chimice pe care se bazează analiza compoziției vopselei.

b. Pornind de la presupunerea că albastrul folosit de Rafael este un amestec de azurit, malachit și ulei de in, determină raportul molar dintre componentele amestecului ce constituie vopseaua albastră folosită de Rafael.

c. Calculează concentrația procentuală de masă a sării din soluția rezultată în urma barbotării amestecului gazos degajat la calcinarea probei de vopsea în soluția de hidroxid de sodiu conform procedurii din **Etapa I.**

*Indicație:* La calcinarea în prezență de aer a acidului  $\alpha$ -linolenic rezultă doar dioxid de carbon și apă.

**20 puncte**

Numărul lui Avogadro  $N = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Volumul molar (condiții normale)  $V = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

*Subiectele au fost propuse de:*

Daniela Bogdan - Colegiul Național „Sfântul Sava” București  
Vlad Chiriac - Universitatea de Vest din Timișoara  
Belamiea Ichim - Școala “Bogdan Vodă”, Câmpulung Moldovenesc  
Liliana Lupșa - Liceul Național de Informatică, Arad  
Maiereanu Alina - Colegiul Național “Al. I. Cuza” Focșani  
Mihaela Morcovescu - Colegiul Național „Mihai Viteazul”, Ploiești  
Silvia Petrescu - Colegiul Național „Nicolae Bălcescu”, Brăila  
Nicoleta Predoiu - Colegiul Național „Gheorghe Șincai” Baia Mare