



Сојуз на хемичарите и технолозите на Македонија
Натпревари по хемија за ученици од основно и средно образование

ДРЖАВЕН НАТПРЕВАР ПО ХЕМИЈА

10 јуни, 2024

- (1) Тестовите се захефтани заедно со коверти. Во секој коверт има ливче во кое треба да ги пополниш своите податоци: име и презиме, училиште, ментор, и да го залепиш ковертот!
- (2) Не ставај никаква ознака на тестот, ковертот или просторот за внесување на шифра (шифрата ја внесува комисијата). Доколку се забележи некаков знак на тестот или ковертот, следува дисквалификување.
- (3) Решавај го тестот користејќи **сино хемиско пенкало**, одговорите напишани со **молив нема да бидат признаени**.
- (4) Забранета е употреба на учебници, книги, тетратки, ливчиња, празни листови, периоден систем, мобилен телефон и сл. Мобилните телефони треба да бидат оставени на катедрата или надвор од просторијата.
- (5) Забранет е **било каков разговор** меѓу натпреварувачите. Ако имаш некое прашање, тогаш тестаторот треба да го повика одговорниот наставник.
- (6) Внимателно прочитај го тестот и одговори според барањата со внесување на **решението во предвидениот простор од задачата**. Комисијата ќе ги оценува само одговорите напишани во предвидениот простор за тоа. Празната опачина на секој лист може да се користи за слободно решавање, но тоа нема да се оценува!
- (7) Максималниот број поени што може да се освојат е 50, т.е. 40 поени од теориски проблеми и 10 поени од замислен експеримент.
- (8) **Натпреварот трае 150 минути.** Тестовите предадени по предвиденото време нема да се земат предвид за прегледување.

Ви посакуваме успех!

Пополнува комисијата

Теориски проблеми: _____

Замислен експеримент: _____

Прегледал (Име и Презиме)

Вкупно поени: _____



ТЕОРИСКИ ПРОБЛЕМИ

Запишете го начинот на решавање и одговорот на предвиденото место за тоа!

Решавањето надвор од предвиденото место нема да се прегледува!

1. Еден тривалентен елемент X гради оксид, кој е посебно важен за електрониката, како и за конструкција на гасните сензори.

(А) Ако се знае дека односот на количествата $n(X) : n(O) = 2 : 3$, колку изнесува релативната атомска маса $A_r(X)$, имајќи предвид дека односот $m(X) : m(O) = 3,02678$? Резултатот да се заокругли на второ децимално место. **(3 поени)**

$$\frac{n(X)}{n(O)} = 0,66667 \quad \frac{\frac{m(X)}{A_r(X)}}{\frac{m(O)}{A_r(O)}} = 0,66667 \quad \frac{m(X)}{m(O)} \frac{A_r(O)}{A_r(X)} = 0,66667$$

$$A_r(X) = 3,02678 \cdot 1,49999 \cdot A_r(O) = 3,02678 \cdot 1,49999 \cdot 15,9994$$

$$A_r(X) = 72,64$$

(Б) Која е вистинската формула на оксидот, ако масените удели на X и O изнесуваат 0,75164 и 0,24834, соодветно, во масата од измерениот оксид од 193,2782 g? **(3 поени)**

$$n(X) : n(O) = \frac{m(X)}{M(X)} : \frac{m(O)}{M(O)}$$

$$m(X) = w(X) \cdot m(\text{оксид}) \text{ и } m(O) = w(O) \cdot m(\text{оксид});$$

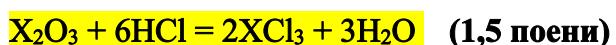
$$\frac{n(X)}{n(O)} = \frac{\frac{w(X) \cdot m(\text{оксид})}{M(X)}}{\frac{w(O) \cdot m(\text{оксид})}{M(O)}} = \frac{\frac{0,75164 \cdot 193,2782 \text{ g}}{72,64 \text{ g mol}^{-1}}}{\frac{0,24834 \cdot 193,2782 \text{ g}}{15,9994 \text{ g mol}^{-1}}}$$

$$\frac{n(X)}{n(O)} = \frac{2}{3}$$

Соодветно, вистинската формула на оксидот е X_2O_3 .



(В) Ако овој оксид реагира со хлороводородна киселина, се добива соодветен хлорид и вода, додека ако реагира со натриум хидроксид се добива NaXO_2 . Напиши ги равенките и израмни ги. За каков тип на оксид станува збор? (3 поени)



Се работи за *амфотерен оксид*, бидејќи може да реагира и со киселини и со бази, градејќи притоа сол и вода. (1 поен)

(Г) Кога овој оксид реагира со метален Ga, се добива како продукт само Ga_2O . Напиши ја равенката и израмни ја. За кој елемент станува збор? (2 поени)



Бидејќи во составот лево од равенката има само галиум и кислород, иститите елементи треба да ги има и од десната страна на хемиската равенка. Како единствена опција останува Ga.

На таков начин, испитуваниот оксид е Ga_2O_3 . (0,5 поени)



2. Дериват, соединение на силанот SiH_4 , е и тетраетоксисилан $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_4\text{Si}$. За ова соединение го користиме акронимот TEOS. Ова соединение е посебно важно во градежништвото, индустријата на стакло, итн, затоа што може да ги измени површинските својства на материјалот, преку создавање на нано или микро филм и истите да ги направи хидрофобни.

(А) За горенаведените цели, пресметај колкав волумен изразен во литри од течниот силан (тетраетоксисилан) треба да земеш, за да приготвиш 100 L воден раствор од TEOS, со концентрација од 1 mol/L. Земи предвид дека течниот силан е со чистота од 99 % (масен удел), додека пак неговата густина изнесува 0,932 g/mL при 20 °C. **(7 поени)**

$$w(\text{TEOS}) = \frac{m(\text{TEOS})}{m(\text{течен силан})} ; \quad m(\text{TEOS}) = w(\text{TEOS}) \cdot m(\text{течен силан})$$

$$n(\text{TEOS}) = \frac{m(\text{TEOS})}{M(\text{TEOS})}$$

$$c_{\text{p-p TEOS}} = \frac{n(\text{TEOS})}{V_{\text{p-p TEOS}}} ; \quad n(\text{TEOS}) = c_{\text{p-p TEOS}} \cdot V_{\text{p-p TEOS}}$$

$$\frac{m(\text{TEOS})}{M(\text{TEOS})} = c_{\text{p-p TEOS}} \cdot V_{\text{p-p TEOS}}$$

$$\frac{w(\text{TEOS}) \cdot m(\text{течен силан})}{M(\text{TEOS})} = c_{\text{p-p TEOS}} \cdot V_{\text{p-p TEOS}}$$

$$m(\text{течен силан}) = \rho(\text{течен силан}) \cdot V(\text{течен силан})$$

$$\frac{w(\text{TEOS}) \cdot \rho(\text{течен силан}) \cdot V(\text{течен силан})}{M(\text{TEOS})} = c_{\text{p-p TEOS}} \cdot V_{\text{p-p TEOS}}$$

$$V(\text{течен силан}) = \frac{c_{\text{p-p TEOS}} \cdot V_{\text{p-p TEOS}} \cdot M(\text{TEOS})}{w(\text{TEOS}) \cdot \rho(\text{течен силан})}$$

$$M(\text{TEOS}) = 8M(\text{C}) + 20M(\text{H}) + 4M(\text{O}) + M(\text{Si})$$

$$= 8 \cdot 12,009 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 20 \cdot 1,0078 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 4 \cdot 15,9994 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 28.084 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 208,3096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$V(\text{течен силан}) = \frac{1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 100 \text{ L} \cdot 208,3096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,99 \cdot 0,932 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 22576 \text{ mL} = 22,576 \text{ L}$$



(Б) Тетраетоксисиланот во вода лесно хидролизира (реагира со H_2O и се разложува), при што се добиваат следните продукти: $(\text{HO})_x(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O})_{4-x}\text{Si}$, каде $x = 1, 2, 3$. Овие продукти, лесно реагираат со OH групите од површината на стаклото, во процес познат како кондензација (бидејќи еден од продуктите на реакцијата е вода).

Определете колкав волумен од течниот тетраетоксисилан треба да земете, за да направите воден раствор кој би реагирал со 1 mol количество на OH групи од површината на стаклото, доколку се знае дека во моментот на реакција, односот на количествата на продуктите е: $n(x=1) : n(x=2) : n(x=3) = 3 : 2 : 1$. Претпоставката е дека секоја OH група од продуктите реагира со OH групата од стаклото. **(6 поени)**

Имајќи го предвид односот на продуктите од хидролизата на TEOS во водниот раствор, $n(x=1) : n(x=2) : n(x=3) = 3 : 2 : 1$, како и релацијата дека $n(x=1) + n(x=2) + n(x=3) = n(\text{TEOS})$:

$$\begin{aligned}n(x=1) : n(\text{TEOS}) &= 3 : 6, \\n(x=2) : n(\text{TEOS}) &= 2 : 6, \\n(x=3) : n(\text{TEOS}) &= 1 : 6.\end{aligned}$$

Односот на количествата на хидроксилните групи кои се содржат во рамки на молекулите на продуктите кон количествата на продуктите, со $x = 1, 2$ и 3 е:

$$\begin{aligned}n(\text{OH}) : n(x=1) &= 1 : 1, \\n(\text{OH}) : n(x=2) &= 2 : 1, \\n(\text{OH}) : n(x=3) &= 3 : 1.\end{aligned}$$

Користејќи ги претходните два сета од односи, се добиваат односите на $n(\text{OH}) : n(\text{TEOS})$, за секое соединение посебно:

$$\begin{aligned}n_{x=1}(\text{OH}) : n(\text{TEOS}) &= 3 : 6, \\n_{x=2}(\text{OH}) : n(\text{TEOS}) &= 4 : 6, \\n_{x=3}(\text{OH}) : n(\text{TEOS}) &= 3 : 6.\end{aligned}$$

Од последната релација имаме 6 TEOS \rightarrow 3OH + 4OH + 3OH, односно 6 TEOS \rightarrow 10 OH. Од тука следува дека:

$$n(\text{OH}) : n(\text{TEOS}) = 10 : 6, \text{ т.е. дека } n(\text{TEOS}) = \frac{6}{10} n(\text{OH}).$$

Бидејќи на површината на стаклото $n(\text{OH}) = 1 \text{ mol}$, следува дека:

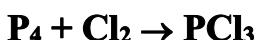
$$\frac{6}{10} n(\text{OH}) = \frac{m(\text{TEOS})}{M(\text{TEOS})} = \frac{w(\text{TEOS}) \cdot \rho(\text{течен силан}) \cdot V(\text{течен силан})}{M(\text{TEOS})}$$

$$V(\text{течен силан}) = \frac{6}{10} n(\text{OH}) \frac{M(\text{TEOS})}{w(\text{TEOS}) \cdot \rho(\text{течен силан})} = \frac{6}{10} \cdot 1 \text{ mol} \cdot \frac{208,3096 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,99 \cdot 0,932 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}$$

$$V(\text{течен силан}) = 135,459 \text{ mL}$$



3. Во ист реакционен сад се внесуваат 60 g фосфор и 180 g хлор. По завршувањето на реакцијата, кој реактант ќе биде во вишок и со колкава маса? (7 поени)



Израмнетата равенка е: $\text{P}_4 + 6\text{Cl}_2 \rightarrow 4\text{PCl}_3$.

$$n_0(\text{P}_4) = \frac{m(\text{P}_4)}{M(\text{P}_4)} = \frac{60 \text{ g}}{124 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,484 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{180 \text{ g}}{70,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,539 \text{ mol}$$

Според стехиометријата на реакцијата имаме дека $n(\text{P}_4) : n(\text{Cl}_2) = 1 : 6$, т.е.

$$n(\text{Cl}_2) = 6n(\text{P}_4) = 6 \cdot 0,484 \text{ mol} = 2,904 \text{ mol}$$

Толково количество достапен хлор немаме, па **хлорот е лимитирачки учесник**. Ова е значи дека фосфорот е реактантот во вишок, а количеството на тој вишок е:

$$n(\text{P}_4)_{\text{вишок}} = n_0(\text{P}_4) - n_{\text{изреагиран}}(\text{P}_4)$$

$$n(\text{P}_4)_{\text{вишок}} = n_0(\text{P}_4) - \frac{1}{6}n_{\text{достапен}}(\text{P}_4)$$

$$n(\text{P}_4)_{\text{вишок}} = n_0(\text{P}_4) - \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{6}$$

$$n(\text{P}_4)_{\text{вишок}} = 0,484 \text{ mol} - \frac{2,539 \text{ mol}}{6} = 0,061 \text{ mol}$$

Конечно, масата на вишокот фосфор е:

$$m(\text{P}_4)_{\text{вишок}} = n(\text{P}_4)_{\text{вишок}} M(\text{P}_4)$$

$$m(\text{P}_4)_{\text{вишок}} = 0,061 \text{ mol} \cdot 124 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$m(\text{P}_4)_{\text{вишок}} = 7,54 \text{ g}$$

Масата вишок реактант, особено корисно за реакција каде се генерира само еден продукт, може да се пресмета и како разлика на вкупната појдовна маса реактанти и масата на генерирали продукт. Секако, и оваа пресметка доведува до истиот резултат.



4. (A) Колкава маса хром(III) флуорид хексахидрат треба да се раствори во тиквичка со вода до 100 mL за масената концентрација на хром(III) флуорид да изнесува 25 mg/cm³? (5 поени)

$$\gamma(\text{CrF}_3) = \frac{m(\text{CrF}_3)}{V(p - p)} = 25 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} = 25 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Според стехиометријата на кристалохидратот имаме:

$$n(\text{CrF}_3) : n(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 1 : 1$$

$$n(\text{CrF}_3) = n(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$$

$$\frac{m(\text{CrF}_3)}{M(\text{CrF}_3)} = \frac{m(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}$$

$$m(\text{CrF}_3) = \frac{m(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})M(\text{CrF}_3)}{M(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}$$

Да заменим во формулата за масена концентрација на хром(III) флуорид:

$$\gamma(\text{CrF}_3) = \frac{m(\text{CrF}_3)}{V(p - p)} = \frac{\frac{m(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})M(\text{CrF}_3)}{M(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}}{V(p - p)} = \frac{m(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})M(\text{CrF}_3)}{V(p - p)M(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}$$

Конечно, масата од кристалохидратот е:

$$m(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{\gamma(\text{CrF}_3)V(p - p)M(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CrF}_3)} = \frac{25 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,100 \text{ L} \cdot 217 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{109 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$m(\text{CrF}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 4,98 \text{ g}$$

(Б) Колкава е количествената концентрација на флуориди во приготвениот раствор? (4 поени)

$$n(\text{F}^-) : n(\text{CrF}_3) = 3 : 1$$

$n(\text{F}^-) = 3n(\text{CrF}_3)$, па доколку поделиме со $V(p - p)$ лево и десно се добива:

$$c(\text{F}^-) = 3c(\text{CrF}_3) = \frac{3m(\text{CrF}_3)}{M(\text{CrF}_3)V(p - p)} = \frac{3\gamma(\text{CrF}_3)}{M(\text{CrF}_3)}$$

$$c(\text{F}^-) = \frac{3\gamma(\text{CrF}_3)}{M(\text{CrF}_3)} = \frac{3 \cdot 25 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{109 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,69 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

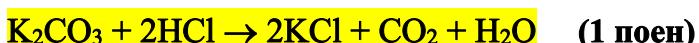


ЗАМИСЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

Лаборант приготвил пет раствори од неоргански соединенија. Растворите ги ставил во пет стаклени шишиња, но заборавил да им стави етикети додека ги приготвувал па шишињата се измешале. Бидејќи лаборантот ги имал сите хемикалии потребни за изведување на тестовите со кои би можел да докаже што има во шишињата, решил да направи неколку експерименти. За таа цел, најпрво шишињата ги означил со броевите **1, 2, 3, 4 и 5**.

А. Во првиот експеримент, испитуван бил растворот со реден број 2. При закиселување на овој раствор со неколку капки концентрирана хлороводородна киселина се добиваат меурчиња од гас кој не поддржува горење, ниту пак гори, а воедно е потежок од воздухот. Дополнително, неколку капки од овој раствор воведени во пламен, го бојат пламенот со карактеристична виолетова боја.

- Според тоа, растворот од шишето со реден број 2 е K_2CO_3 (калиум карбонат). **(0,5 поени)**.
- Гасот добиен при закиселувањето на растворот со број 2 е CO_2 (јаглерод диоксид). **(0,5 поени)**.
- Израмнетата равенка на реакцијата што се случува при закиселување на растворот 2 е:



Б. Вториот експеримент се однесува на растворот со број 4. Овој раствор има жолта боја, но со воведување на редукциони средства како што е, на пример, калај(II) хлорид, бојата му се менува во зелена. Доколку пак, кон растворот 4 се додаде раствор од калиум хексацијаноферат(II) се добива карактеристичен син талог. Анјонот пак, од солта растворена во растворот 4, дава бел талог при додавање на сребро нитрат, а со силни оксидациони средства може да се оксидира до еден отровен жолтозелен гас.

- Растворот со број 4 мора да содржи железо(III) хлорид ($FeCl_3$). **(0,5 поени)**
- Формулата на добиениот син талог е $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ **(1 поен)**, онаа на белиот талог е $AgCl$ **(0,5 поени)**, додека пак гасот што се генерира при оксидација на анјонот е Cl_2 (хлор). **(0,5 поени)**.
- Зелената боја на растворот добиен со воведување на калај(II) хлорид кон растворот со број 4 се должи на присуството на дновалентно железо (се признава Fe^{2+} или $FeCl_2$). **(0,5 поени)**



В. Во едно од шишињата имало воден раствор на соединение кое во комбинација со AgNO_3 служи за подготвка на Толенсов реагенс. За да се испита во кое од преостанатите 3 шишиња е водниот раствор на ова соединение лаборантот префрлил во три чисти епрувети по 1 mL од растворите од трите шишиња и додал алкален раствор на калиум тетрајодомеркурат(II). Во епруветата со раствор од шишето број 1 се образувал талог.

- Растворот во шишето број 1 е NH_4OH (амониум хидроксид). (0,5 поени)
- Хемиската формула на калиум тетрајодомеркурат(II) е $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$. (1 поен)
- Формираниот талог има црвено-кафеава боја. (0,5 поени)

Г. Во преостанатите 2 шишиња имало раствори на соли на некој катјон од шеста аналитичка група кој го бои оксидациониот дел од пламенот со жолта боја. Лаборантот префрлил по 1 mL од секој од двата раствори во 2 чисти епрувети и во секоја епрувета додал неколку капки воден ратвор на AgNO_3 . Во епруветата со раствор од шишето број 5 се образувал бел талог кој со стоење почнал да добива сиво-виолетова боја, а во другата епрувета немало видлива реакција. За да е сигурен, во епруветата со талог лаборантот додал од растворот од шишето број 1, при што талогот се растворил.

- Во шишето со реден број 5 имало раствор на NaCl (натриум хлорид). (0,5 поени)
- Хемиската формула на образуваниот талог е AgCl . (0,5 поени)
- Равенката на хемиската реакција на образување на талогот е:



Д. За да провери дали растворот во шишето број 3 е во ред, лаборантот префрлил 1 mL од растворот во епрувета и додал воден раствор од $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. При тоа се образувал бел талог кој се растворил во разреден NaOH .

- Во шишето број 3 има раствор на Na_2SO_4 (натриум сулфат). (0,5 поени)
- Хемиската формула на образуваниот талог е PbSO_4 (олово(II) сулфат). (0,5 поени)

Се прифаќа и одговор: NaBr и PbBr_2 .

1	H		2	He
	1.008			4.003
3	Li	4	Be	
6.941	9.012			
11	Na	12	Mg	
22.99	24.31			
19	K	20	Ca	21
39.10	40.08	44.96	40.08	47.88
37	Rb	38	Sr	39
85.47	87.62	87.62	88.91	91.22
55	Cs	56	Ba	57
132.9	137.3	138.9	138.9	178.5
87	Fr	88	Ra	89
(223)	(223)	226.0	227.0	(261)
21	Sc	22	Tl	23
				50.94
24	Cr	25	Mn	26
		52.00	54.94	55.85
41	Y	42	Nb	43
			92.91	95.94
42	Zr	43	Mo	Tc
				(98)
44	Ru	45	Rh	46
				101.1
45	Pd	46	Ag	47
				102.9
47	Cd	48	In	49
				106.4
48	Sn	49	Sn	50
				112.4
50	Sb	51	Te	52
				114.8
51	I	52	Xe	53
				118.7
52	Br	53	Ar	54
				121.8
53	Kr	54	I	55
				126.9
54	Ge	55	Se	56
				131.3
55	As	56	Br	57
				79.90
56	Pb	57	At	58
				83.80
57	Bi	58	Rn	59
				(222)
58	Po	59	Fr	60
				140.1
59	Uuq	60	Th	61
				140.9
60	Uup	61	Pa	62
				144.2
61	Uut	62	U	63
				(145)
62	Uuu	63	Np	64
				150.4
63	Uub	64	Pu	65
				152.0
64	Uut	65	Am	66
				157.3
65	Uq	66	Cm	67
				158.9
66	Uup	67	Bk	68
				162.5
67	U	68	Cf	69
				164.9
68	Er	69	Es	70
				167.3
69	Tm	70	Fm	71
				168.9
70	Yb	71	Md	72
				173.0
71	Lu	72	No	73
				175.0

58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
140.1	140.9	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103													
232.0	231.0	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103														
		238.0	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(262)														