ДРЖАВЕН НАТПРЕВАР ПО ХЕМИЈА

26 мај, 2023

(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!
***Таблица на периодниот систем на елементите има на последната страница од тестот*!**

Задача 1.

Хемиската реакција на разложување јодоводород е повратна и може да се запише преку хемиската равенка:

$$2\mathrm{HI(g)} \rightleftharpoons \mathrm{H_2(g)} + \mathrm{I_2(g)}$$

Знаејќи дека вредноста на K_c при работната температура е 0,025, пресметај колкава маса јодоводород треба да се внесе во сад со волумен од 10 L за по постигнување на рамнотежа во садот да има 15 g јод.

(10 поени)

РЕШЕНИЕ:

$$K_c = \frac{c_e(\mathrm{H_2})c_e(\mathrm{I_2})}{c_e(\mathrm{HI})^2} = \frac{\frac{n_e(\mathrm{H_2})}{V_{\text{сад}}} \cdot \frac{n_e(\mathrm{I_2})}{V_{\text{сад}}}}{\left(\frac{n_e(\mathrm{HI})}{V_{\text{сад}}}\right)^2} = \frac{n_e(\mathrm{H_2})n_e(\mathrm{I_2})}{n_e(\mathrm{HI})^2} \cdot \frac{{V_{\text{сад}}}^2}{{V_{\text{сад}}}^2} = \frac{n_e(\mathrm{H_2})n_e(\mathrm{I_2})}{n_e(\mathrm{HI})^2}$$

(2 п.)

Почетно внесениот јодоводород делумно се троши, па во рамнотежа ќе биде присутен со:

$$n_e(\mathrm{HI}) = n_0(\mathrm{HI}) - n_{\text{изр}}(\mathrm{HI})$$

Според стехиометријата на реакцијата ($n(\mathrm{HI}) : n(\mathrm{I_2}) = 2 : 1$), ќе изреагира двојно поголемо количество јодоводород отколку што молови јод ќе се генерираат, па затоа мора да важи дека $n_{\text{изр}}(\mathrm{HI}) = 2n_e(\mathrm{I_2})$.

$$n_e(\mathrm{HI}) = n_0(\mathrm{HI}) - 2n_e(\mathrm{I_2})$$ **(2 п.)**

Иако на почеток немало воопшто од нив, во рамнотежа ќе бидат присутни и $\mathrm{H_2}$ и $\mathrm{I_2}$. Овие два учесници стојат во количнски однос 1 : 1, па генерираното количество јод мора да биде еднакво со количеството генериран водород. Бидејќи на почеток немало воопшто од нив, генерираното количество од овие учесници всушност е исто со рамнотежното количество.

$$n_{\text{генерирано}}(\mathrm{H_2}) = n_{\text{генерирано}}(\mathrm{I_2}) \;\Rightarrow\; n_e(\mathrm{H_2}) = n_e(\mathrm{I_2})$$

Со замена во изразот за K_c добиваме:

$$K_c = \frac{n_e(\mathrm{H_2})n_e(\mathrm{I_2})}{n_e(\mathrm{HI})^2} = \frac{n_e(\mathrm{I_2})n_e(\mathrm{I_2})}{\left(n_0(\mathrm{HI}) - 2n_e(\mathrm{I_2})\right)^2} = \frac{n_e(\mathrm{I_2})^2}{\left(n_0(\mathrm{HI}) - 2n_e(\mathrm{I_2})\right)^2}$$

(2 п.)

Погодно е целава равенка да се коренува, па да се изрази почетно внесеното количество HI:

$$K_c = \frac{n_e(\mathrm{I_2})^2}{\left(n_0(\mathrm{HI}) - 2n_e(\mathrm{I_2})\right)^2} \;\Rightarrow\; \sqrt{K_c} = \frac{n_e(\mathrm{I_2})}{n_0(\mathrm{HI}) - 2n_e(\mathrm{I_2})} \;\Rightarrow\; n_0(\mathrm{HI})\sqrt{K_c} - 2n_e(\mathrm{I_2})\sqrt{K_c} = n_e(\mathrm{I_2})$$

$$n_0(\mathrm{HI}) = n_e(\mathrm{I_2})\frac{1 + 2\sqrt{K_c}}{\sqrt{K_c}} = \frac{m_e(\mathrm{I_2})}{M(\mathrm{I_2})}\left(\frac{1}{\sqrt{K_c}} + 2\right) = \frac{15\ \mathrm{g}}{2 \cdot 127\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}}\left(\frac{1}{\sqrt{0{,}025}} + 2\right) = 0{,}492\ \mathrm{mol}$$

$$m_0(\mathrm{HI}) = n_0(\mathrm{HI})M(\mathrm{HI}) = 0{,}492\ \mathrm{mol} \cdot 128\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}} = 63\ \mathrm{g}$$ **(4 п.)**

Задача 2.

Еден џул (J) е топлината која ја генерира грејач со моќност од еден ват (W) доколку работи во времетраење од една секунда (s). Колку минути треба да работи електрична плотна со моќност од 1200 W за да загрее 2 kg вода од температура 18 °C до 90 °C? Имај предвид дека водата е сместена во бакарен сад со маса од 600 g, кој исто така се загрева. Специфичниот топлински капацитет на водата има вредност 4,184 $\mathrm{J\,K^{-1}g^{-1}}$, а на бакарот 0,386 $\mathrm{J\,K^{-1}g^{-1}}$. Сметај дека 85 % од генерираната топлина ефективно се пренесува кон садот и водата, а остатокот се загуби кон околината.

(12 поени)

<u>РЕШЕНИЕ:</u>

85 % од топлината генерирана од грејачот се пренесени на системот од интерес. Ова математички се запишува во обликот:

$$85\ \% = 0{,}85 = \frac{Q_{\text{пренесена кон систем}}}{Q_{\text{генерирана од грејач}}}$$

(2 п.)

Топлината пренесена кон системот од интерес е збир од топлината пренесена на водата и онаа на садот:

$$Q_{\text{пренесена кон систем}} = Q(\mathrm{H_2O}) + Q(\mathrm{Cu})$$

$$Q_{\text{пренесена кон систем}} = c_s(\mathrm{H_2O})m(\mathrm{H_2O})\Delta T(\mathrm{H_2O}) + c_s(\mathrm{Cu})m(\mathrm{Cu})\Delta T(\mathrm{Cu})$$

(2 п.)

Но, бакарниот сад и водата се во меѓусебен контакт, па се загреваат со иста промена во температурата:

$$Q_{\text{пренесена кон систем}} = c_s(\mathrm{H_2O})m(\mathrm{H_2O})\Delta T + c_s(\mathrm{Cu})m(\mathrm{Cu})\Delta T$$

$$Q_{\text{пренесена кон систем}} = \big(c_s(\mathrm{H_2O})m(\mathrm{H_2O}) + c_s(\mathrm{Cu})m(\mathrm{Cu})\big)\Delta T$$

(1 п.)

Ова е броителот на дропката за ефективен трансфер, а за именителот, според текстот, имаме:

$$Q_{\text{генерирана од грејач}} = P\Delta t$$

(2 п.)

$$0{,}85 = \frac{Q_{\text{пренесена кон систем}}}{Q_{\text{генерирана од грејач}}} = \frac{\big(c_s(\mathrm{H_2O})m(\mathrm{H_2O}) + c_s(\mathrm{Cu})m(\mathrm{Cu})\big)\Delta T}{P\Delta t}$$

(1 п.)

Времето на работа на грејачот, од тука, може да се изрази како:

$$\Delta t = \frac{c_s(\mathrm{H_2O})m(\mathrm{H_2O}) + c_s(\mathrm{Cu})m(\mathrm{Cu})}{P \cdot 0{,}85}\Delta T$$

(2 п.)

$$\Delta t = \frac{4{,}184\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot g}} \cdot 2000\ \mathrm{g} + 0{,}386\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot g}} \cdot 600\ \mathrm{g}}{1200\ \mathrm{W} \cdot 0{,}85} \cdot 72\ \mathrm{K} = \frac{4{,}184\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot g}} \cdot 2000\ \mathrm{g} + 0{,}386\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K \cdot g}} \cdot 600\ \mathrm{g}}{1200\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} \cdot 0{,}85} \cdot 72\ \mathrm{K}$$

$$\Delta t = 607\ \mathrm{s} = 607\ \text{секунди} \approx 10\ \text{минути}$$ **(2 п.)**

Задача 3.

Некој хемичар сакал да ја определи чистотата на примерок од натриум нитрит онечистен со натриум нитрат. Кон 366 mg проба додава закиселен раствор од калиум перманганат, при што се одвива реакцијата:

$$NaNO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow NaNO_3 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

Знаејќи дека за целосна оксидација на нитритите потребни биле точно 13,60 mL закиселен раствор со концентрација на калиум перманганат од 0,150 mol/dm^3, пресметајте колкав е масениот удел на натриум нитрит во онечистениот примерок.

(8 поени)

РЕШЕНИЕ:

Израмнетата равенка (без разлика дали со или без помош на редокс шема) гласи:

$$5NaNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5NaNO_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O \qquad \textbf{(2 п.)}$$

Дадени се податоци за перманганатот, а се бараат податоци за пробата која содржи нитрит, па односот на количества на овие два учесници е:

$$n(\mathrm{KMnO_4}) : n(\mathrm{NaNO_2}) = 2 : 5$$

$$n(\mathrm{NaNO_2}) = \frac{5}{2} n(\mathrm{KMnO_4}) \qquad \textbf{(2 п.)}$$

За натриум нитритот се бара маса (односно масен удел), а за перманганатот дадена е концентрација, па:

$$\frac{m(\mathrm{NaNO_2})}{M(\mathrm{NaNO_2})} = \frac{5}{2} c(\mathrm{KMnO_4}) V(\mathrm{KMnO_4})$$

$$m(\mathrm{NaNO_2}) = \frac{5}{2} c(\mathrm{KMnO_4}) V(\mathrm{KMnO_4}) M(\mathrm{NaNO_2})$$

$$m(\mathrm{NaNO_2}) = \frac{5}{2} \cdot 0{,}150\ \frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{L}} \cdot 0{,}0136\ \mathrm{L} \cdot 69\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}$$

$$m(\mathrm{NaNO_2}) = 0{,}352\ \mathrm{g} \qquad \textbf{(3 п.)}$$

Конечно, масениот удел на натриум нитрит во пробата од 366 mg е:

$$w(\mathrm{NaNO_2}) = \frac{m(\mathrm{NaNO_2})}{m(\text{проба})} = \frac{352\ \mathrm{mg}}{366\ \mathrm{mg}} = 0{,}962$$

$$w(\mathrm{NaNO_2}) = 96{,}2\ \% \qquad \textbf{(1 п.)}$$

Задача 4.

Водните раствори на солите кои содржат железо(II) имаат зелена боја, но релативно бргу бојата се менува во жолта, особено во случајот на железо(II) хлорид.

(А) Зошто растворот на железо(II) хлорид со текот на време постанува жолт? Каква е оваа реакција? **(2 п.)**

Поради оксидација на присутното железо(II) до железо(III). Станува збор за редокс реакција.

(Б) Еден од начините да се врати зелената боја на растворот е да се додаде раствор на калај(II) хлорид: $Fe^{3+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$. Според тоа, кој е посилен редуктор, Fe^{2+} или Sn^{2+}? **(2 п.)**

Штом реакцијава процесира кон десно (заклучуваме според промената на бојата), Sn^{2+} е посилно редукционо средство. Ако беше Fe^{2+} посилен редуктор, ќе успееше да го редуцира Sn^{4+} и реакцијава ќе процесираше кон лево.

(В) Кој е најмалиот волумен (во mL) раствор од $SnCl_2$ со концентрација 0,10 mol/dm^3 што треба да се додаде кон 10 mL раствор на $FeCl_3$ со концентрација 0,10 mol/dm^3 за да се редуцираат сите Fe^{3+} јони? **(4 п.)**

Израмнетата равенка е: $2Fe^{3+}(aq) + Sn^{2+}(aq) \rightleftharpoons 2Fe^{2+}(aq) + Sn^{4+}(aq)$.

Според тоа, имаме:

$$n(\mathrm{Fe^{3+}}) : n(\mathrm{Sn^{2+}}) = 2 : 1$$

$$n(\mathrm{Sn^{2+}}) = \frac{1}{2} n(\mathrm{Fe^{3+}})$$

$$c(\mathrm{Sn^{2+}})V(\mathrm{Sn^{2+}}) = \frac{1}{2} c(\mathrm{Fe^{3+}})V(\mathrm{Fe^{3+}})$$

$$V(\mathrm{Sn^{2+}}) = \frac{c(\mathrm{Fe^{3+}})V(\mathrm{Fe^{3+}})}{2c(\mathrm{Sn^{2+}})} = \frac{0,10\,\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{L}} \cdot 0,01\ \mathrm{L}}{2 \cdot 0,10\,\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{L}}} = 0,005\ \mathrm{L} = 5\ \mathrm{mL}$$

Потребни се барем 5 mL од растворот на $SnCl_2$ за редукција на сето присутното тривалентно железо. Секако, секој волумен поголем од 5 mL повторно ќе ги редуцира сите присутни Fe^{3+}, но практично значење има само најмалиот потребен волумен.

(Г) Дали би можело воведувањето на доволна количина од концентриран раствор на сулфурна киселина да ја врати зелената боја на растворот? Накратко објасни зошто. **(2 п.)**

Не. Сулфурната киселина, особено концентрираната, е силно оксидационо средство, па во никој случај не би можела да ги врати присутните Fe^{3+} јони до Fe^{2+}.

ЗАМИСЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

Хемичар сака да ја определи вредноста на јонскиот производ на водата на температура различна од 25 °C. За таа цел тој зел примерок од чиста вода, ја загревал и термостатирал на 60 °C, па преку pH–метар ја измерил нејзината pH вредност која во случајот изнесувала 6,51.

(А) Колку изнесува јонскиот производ на водата при температура од 60 °C? **(6 п.)**

Изразот за јонскиот производ на водата може да се запише со следнава формула:

$$K_w = c_e(\mathrm{H_3O^+})c_e(\mathrm{OH^-})$$

Во каков било примерок од чиста вода, без разлика на температурата, овие концентрации се еднакви!

$$c_e(\mathrm{H_3O^+}) = c_e(\mathrm{OH^-}) \;\Rightarrow\; K_w = c_e(\mathrm{H_3O^+})c_e(\mathrm{H_3O^+})$$

$$K_w = c_e(\mathrm{H_3O^+})^2$$

Знаејќи ја pH, може да ја најдеме концентрацијата на H_3O^+ јони, па да ја замениме во изразот за K_w:

$$c_e(\mathrm{H_3O^+}) = 10^{-\mathrm{pH}}\,\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{L}}$$

$$K_w = \left(10^{-\mathrm{pH}}\,\frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{L}}\right)^2 = 10^{-2\mathrm{pH}}\,\frac{\mathrm{mol}^2}{\mathrm{L}^2}$$

$$K_w = 10^{-2\cdot 6{,}51}\,\frac{\mathrm{mol}^2}{\mathrm{L}^2}$$

$$K_w = 9{,}55\cdot 10^{-14}\,\frac{\mathrm{mol}^2}{\mathrm{L}^2}$$

(Б) Спореди ја добиената вредност за јонскиот производ при 60 °C со вредноста на 25 °C и одговори дали реакцијата на автопротолиза на вода е ендотермна или егзотермна. **(2 п.)**

Јонскиот производ всушност е константата на рамнотежа за реакцијата за автопротолиза на вода. Неговата вредност, гледаме дека, е поголема при повисока температура, па реакцијата е фаворизирана да се одвива кон десно со зголемување на температурата, односно реакцијата мора да биде ендотермна.

(В) Избери ја комбинацијата која точно ги опишува концентрациите на хидрониум и хидроксидни јони во примерок од чиста вода термостатирана на 25 °C споредено со нивните концентрации на 60 °C. **(2 п.)**

	T_1 = 25 °C	T_2 = 60 °C
	$pH_1 = 7$	$pH_2 = 6{,}51$
Комбинација 1	$[H_3O^+]_1 = [OH^-]_1$	$[H_3O^+]_2 > [OH^-]_2$
Комбинација 2	$[H_3O^+]_1 = [OH^-]_1$	$[H_3O^+]_2 < [OH^-]_2$
Комбинација 3	$[H_3O^+]_1 = [OH^-]_1$	$[H_3O^+]_2 = [OH^-]_2$
Комбинација 4	$[H_3O^+]_1 < [OH^-]_1$	$[H_3O^+]_2 = [OH^-]_2$
Комбинација 5	$[H_3O^+]_1 > [OH^-]_1$	$[H_3O^+]_2 = [OH^-]_2$

Точна е комбинацијата од концентрации означена како Комбинација __**3**__.

1 **H** 1.008																	2 **He** 4.003
3 **Li** 6.941	4 **Be** 9.012											5 **B** 10.81	6 **C** 12.01	7 **N** 14.01	8 **O** 16.00	9 **F** 19.00	10 **Ne** 20.18
11 **Na** 22.99	12 **Mg** 24.31											13 **Al** 26.98	14 **Si** 28.09	15 **P** 30.97	16 **S** 32.07	17 **Cl** 35.45	18 **Ar** 39.95
19 **K** 39.10	20 **Ca** 40.08	21 **Sc** 44.96	22 **Ti** 47.88	23 **V** 50.94	24 **Cr** 52.00	25 **Mn** 54.94	26 **Fe** 55.85	27 **Co** 58.93	28 **Ni** 58.69	29 **Cu** 63.55	30 **Zn** 65.39	31 **Ga** 69.72	32 **Ge** 72.61	33 **As** 74.92	34 **Se** 78.96	35 **Br** 79.90	36 **Kr** 83.80
37 **Rb** 85.47	38 **Sr** 87.62	39 **Y** 88.91	40 **Zr** 91.22	41 **Nb** 92.91	42 **Mo** 95.94	43 **Tc** (98)	44 **Ru** 101.1	45 **Rh** 102.9	46 **Pd** 106.4	47 **Ag** 107.9	48 **Cd** 112.4	49 **In** 114.8	50 **Sn** 118.7	51 **Sb** 121.8	52 **Te** 127.6	53 **I** 126.9	54 **Xe** 131.3
55 **Cs** 132.9	56 **Ba** 137.3	57 **La** 138.9	72 **Hf** 178.5	73 **Ta** 181.0	74 **W** 183.8	75 **Re** 186.2	76 **Os** 190.2	77 **Ir** 192.2	78 **Pt** 195.1	79 **Au** 197.0	80 **Hg** 200.6	81 **Tl** 204.4	82 **Pb** 207.2	83 **Bi** 209.0	84 **Po** (209)	85 **At** (210)	86 **Rn** (222)
87 **Fr** (223)	88 **Ra** 226.0	89 **Ac** 227.0	104 **Rf** (261)	105 **Db** (262)	106 **Sg** (263)	107 **Bh** (262)	108 **Hs** (265)	109 **Mt** (266)	110 **Ds** (281)	111 **Uuu** (272)	112 **Uub** (285)	113 **Uut** (284)	114 **Uuq** (289)	115 **Uup** (288)			

58 **Ce** 140.1	59 **Pr** 140.9	60 **Nd** 144.2	61 **Pm** (145)	62 **Sm** 150.4	63 **Eu** 152.0	64 **Gd** 157.3	65 **Tb** 158.9	66 **Dy** 162.5	67 **Ho** 164.9	68 **Er** 167.3	69 **Tm** 168.9	70 **Yb** 173.0	71 **Lu** 175.0
90 **Th** 232.0	91 **Pa** 231.0	92 **U** 238.0	93 **Np** (237)	94 **Pu** (244)	95 **Am** (243)	96 **Cm** (247)	97 **Bk** (247)	98 **Cf** (251)	99 **Es** (252)	100 **Fm** (257)	101 **Md** (258)	102 **No** (259)	103 **Lr** (262)