



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: _____

Вкупно поени: _____

Прегледал (Име и Презиме)



ТЕОРИСКИ ПРОБЛЕМИ

Запишете го начинот на решавање и одговорот на предвиденото место за тоа!
Решавањето надвор од предвиденото место нема да се прегледува!

Хемијата на една олимписка авантура

(Задачите се базирани на вистински настани, за време на Меѓународната олимпијада Менделеев 2024.
Олимписки тим: Петар Мирчевски, Марио Ванчоски, Иван Костевски, Јусуф Луш, Миха Буклески)

1. Македонскиот тим натпреварувачи беше заглавен на аеродорот во Пекинг при нивниот пат до Шенцен за учество на Менделеевата олимпијада по хемија. Причината за откажаните четири лета до Шенцен, беа временските непогоди. Во текот на последниот сегмент од летот, временските услови значително се влошија.

Некои податоци потребни за решавање на задачите:

Воздушен пат Пекинг – Шенцен: 1980 km

Позиција на авионот кога се пресметува количината на гориво: 1750 km од Пекинг.

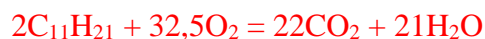
Маса на гориво на почетокот од летот: 100 тони

Тип на гориво: JET fuel A-1 (составот може да се апроксимира со $C_{11}H_{21}$)

Енергетска вредност на горивото: 42,8 MJ/kg

Потрошувачка на гориво: во просек 1,2 тони на 100 km

А. Напиши ја и израмни ја равенката за согорување на горивото, претпоставувајќи дека тоа реагира со доволно количество кислород **(2 поени)**



Б. Колкаво количество енергија се ослободува при согорување на 1 тон од ова гориво, мерено при константен притисок? Резултатот да се изрази во гигаџули (GJ) **(3 поени)**

$$m(\text{гориво}) = 1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$$

$$q/m = 42,8 \text{ MJ/kg}$$

$$q/m = 42,8 \text{ MJ/kg}$$

$$q = 42,8 \text{ MJ/kg} \cdot 1000 \text{ kg}$$

$$q = 42,8 \cdot 10^3 \text{ MJ} = 42,8 \text{ GJ}$$

2. Поради лошите временски услови, во текот на летот биле потрошени 12 % повеќе гориво од она што било предвидено (пресметано) до моментот кога авионот бил одалечен 1750 km од местото на поаѓање. Во текот на летот, авионот беше погоден од гром, при што една од вратите од кабината, падна. Трупот на авионот го пренесува електричното празнење, па околу него ќе се одвиваат подолу опишаните реакции. Да го разгледаме само просторот околу авионот и



количеството азотни оксиди кои се создаваат во овој дел. Надворешната плоштина на авионот (Boeing 747) изнесува 500 m^2 . Ефективно, реакции се одвиваат на максимално растојание од 10 cm од трупот на авионот. Составот на атмосферата е: $w(\text{N}_2) = 78 \%$ и $w(\text{O}_2) = 21 \%$. Моларната маса на воздухот е 29 g/mol , а моларниот волумен при разгледуваните услови е $24 \text{ dm}^3/\text{mol}$. Приближно, пресметај ја вредноста за волуменот во кој се одвиваат процесите.

А. Колкава е концентрацијата на азот и кислород во просторот околу авионот кој го разгледуваме, пред авионот да биде удрен од гром? $A_r(\text{N}) = 14$; $A_r(\text{O}) = 16$ (4 поени)

$$P = 500 \text{ m}^2$$

$$h = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$w(\text{N}_2) = 78 \%$$

$$w(\text{O}_2) = 21 \%$$

$$M = 29 \text{ g/mol}$$

$$V_m = 24 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

$$V = P \cdot h = 500 \text{ m}^2 \cdot 0,1 \text{ m} = 50,0 \text{ m}^3 \quad 1 \text{ поен}$$

$$n(\text{воздух}) = V/V_m = 50,0 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 / 24 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 2083 \text{ mol}$$

$$m(\text{воздух}) = n(\text{воздух}) M(\text{воздух}) = 2083 \text{ mol} \cdot 29 \text{ g/mol} = 60.407 \text{ g}$$

1 поен

$$m(\text{N}_2)_o = w(\text{N}_2) m(\text{воздух}) = 0,78 \cdot 60.407 \text{ g} = 47.117 \text{ g}$$

$$m(\text{O}_2)_o = w(\text{O}_2) m(\text{воздух}) = 0,21 \cdot 60.407 \text{ g} = 12.685 \text{ g}$$

1 поен

$$n(\text{N}_2)_o = m(\text{N}_2)_o / M(\text{N}_2) = 47.117 \text{ g} / 28 \text{ g mol}^{-1} = 1683 \text{ mol}$$

$$n(\text{O}_2)_o = m(\text{O}_2)_o / M(\text{O}_2) = 12.685 \text{ g} / 32 \text{ g mol}^{-1} = 396 \text{ mol}$$

1 поен

Б. Веднаш по ударот од громот, била воспоставена хемиска рамнотежа помеѓу различните хемиски видови во рамките на ограничениот волумен. Колкава ќе биде концентрацијата на азот диоксид по постигнувањето на хемиската рамнотежа?

Хемиските реакции кои се одвивале во моментот на ударот на громот и настанувањето на рамнотежата (при соодветните услови), може да се запишат со равенките и соодветните константи на рамнотежа:



Помош: За да ја решиш кубната равенка, занемари го кубниот член (на пример $y^3 \rightarrow 0$) и на тој начин кубната равенка ќе ја сведеш на квадратна. (8 поени)



$$c(\text{N}_2)_o = n(\text{N}_2)_o / V = 518 \text{ mol} / 50,0 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 = 10,36 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

1 поен

$$c(\text{O}_2)_o = n(\text{O}_2)_o / V = 122 \text{ mol} / 50,0 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 = 2,44 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

1 поен

(Овие два поена за пресметаната концентрација, ќе бидат пренесени во претходниот дел 2.А.)

$$K_1 = \frac{c(\text{NO})_e^2}{c(\text{N}_2)_e \cdot c(\text{O}_2)_e} = \frac{(2x)^2}{(c(\text{N}_2)_o - x) \cdot (c(\text{O}_2)_o - x)}$$

1 поен

$$K_1(c(\text{N}_2)_o - x) \cdot (c(\text{O}_2)_o - x) = 4x^2$$

$$K_1[c(\text{N}_2)_o \cdot c(\text{O}_2)_o - xc(\text{N}_2)_o - x \cdot c(\text{O}_2)_o + x^2] = 4x^2$$

$$K_1 \cdot c(\text{N}_2)_o \cdot c(\text{O}_2)_o - K_1[c(\text{N}_2)_o + c(\text{O}_2)_o] \cdot x + K_1 \cdot x^2 = 4x^2$$

$$(4 - K_1)x^2 + K_1 \cdot [c(\text{N}_2)_o + c(\text{O}_2)_o]x - K_1 \cdot c(\text{N}_2)_o \cdot c(\text{O}_2)_o = 0$$

$$3,898 x^2 + 0,0013056 x - 2,6 \cdot 10^{-6} = 0$$

$$x = 6,628 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

2 поени

$$K_2 = \frac{c(\text{NO}_2)_e^2}{c(\text{NO})_e^2 \cdot c(\text{O}_2)_e} = \frac{(2y)^2}{(2x - 2y)^2 \cdot (c(\text{O}_2)_o - x - y)}$$

1 поен

$$K_2 = \frac{y^2}{(x - y)^2 \cdot (c(\text{O}_2)_o - x - y)} = \frac{y^2}{(x^2 - 2xy + y^2) \cdot (c(\text{O}_2)_o - x - y)}$$

$$K_2(x^2 - 2xy + y^2) \cdot (c(\text{O}_2)_o - x - y) = y^2$$

$$K_2[x^2 \cdot c(\text{O}_2)_o - x^3 - x^2y - 2xy \cdot c(\text{O}_2)_o + 2x^2y + 2xy^2 + y^2 \cdot c(\text{O}_2)_o - xy^2 - y^3] = y^2$$
$$y^3 = 0$$

$$K_2[x^2 \cdot c(\text{O}_2)_o - x^3 - x^2y - 2xy \cdot c(\text{O}_2)_o + 2x^2y + 2xy^2 + y^2 \cdot c(\text{O}_2)_o - xy^2] = y^2$$

$$K_2[x^2 \cdot c(\text{O}_2)_o - x^3 - 2xy \cdot c(\text{O}_2)_o + x^2y + xy^2 + y^2 \cdot c(\text{O}_2)_o] = y^2$$

$$y^2 - K_2c(\text{O}_2)_oy^2 - K_2xy^2 - K_2x^2y + 2xK_2 \cdot c(\text{O}_2)_oy - K_2x^2 \cdot c(\text{O}_2)_o + K_2x^3 = 0$$

$$(1 - K_2c(\text{O}_2)_o - K_2x)y^2 + (-K_2x^2 + 2xK_2 \cdot c(\text{O}_2)_o)y - K_2x^2 \cdot c(\text{O}_2)_o + K_2x^3 = 0$$

$$0,9942 y^2 + 5,255 \cdot 10^{-6} y - 1,467 \cdot 10^{-9} = 0$$

$$y^2 + 5,286 \cdot 10^{-5} y - 1,476 \cdot 10^{-9} = 0$$

$$y = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

2 поени



В. Ако содржината на азот диоксид во воздухот ја надмине вредноста од $0,2 \text{ g NO}_2$ на 1 dm^3 воздух, настапува смрт. По паѓањето на вратата од авионот, азот диоксидот ќе влезе во кабината. Имајќи предвид дека волуменот на авионот Boeing 747 е 876 m^3 и дека целото количество NO_2 го зазелo само овој волумен, дали образуваниот азот диоксид е доволен за да предизвика смрт на патниците во авионот? **(4 поени)**

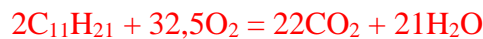
Помош: Ако не успеа да пресметаш колку е рамнотежната концентрација на NO_2 во претходниот дел, користи ја вредноста $2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

$$c(\text{NO}_2) = \frac{n(\text{NO}_2)}{V} = \frac{m(\text{NO}_2)}{M(\text{NO}_2) \cdot V} = \frac{\gamma(\text{NO}_2)}{M(\text{NO}_2)}$$

$$c(\text{NO}_2) = \frac{0,2 \text{ g/dm}^3}{46 \text{ g/mol}} = 4,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

Содржината на NO_2 создадена при ударот на гром е пониска во однос на смртоносната доза, така што нема да настане смрт на патниците.

Г. Откако отпадна вратата од авионот, потрошувачката на гориво се менува како резултат на нарушената аеродинамичност на авионот. Знаејќи дека реакционата енталпија на согорување на горивото е -5470 kJ/mol , да се пресмета колкава маса гориво останала, доколку за целото изминато растојание до тој момент (1850 km) количеството енергија ослободено во вид на топлина било 820 GJ (при константен притисок). $A_r(\text{C}) = 12$; $A_r(\text{H}) = 1$ **(6 поени)**



$$\Delta_r H = -5470 \text{ kJ/mol} = -5,47 \cdot 10^6 \text{ J/mol}$$

$$M = 153 \text{ g/mol}$$

$$\nu(\text{C}_{11}\text{H}_{21}) = -2$$

$$q = -820 \text{ GJ} = -820 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$m_2 = ?$$

$$m_1 = 100 \text{ t}$$

1 поен за точен предзнак

$$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi} = \frac{\Delta q}{\frac{\Delta n}{\nu}} = \frac{\Delta q}{\frac{\Delta m}{M \nu}} = \frac{\Delta q M \nu}{\Delta m}$$

2 поени

$$\Delta m = \frac{\Delta q M \nu}{\Delta_r H}$$

1 поен

$$m_2 = m_1 + \frac{\Delta q M \nu}{\Delta_r H}$$

1 поен

$$m_2 = 100 \text{ t} + \frac{-820 \cdot 10^9 \text{ J} \cdot 153 \text{ g/mol} \cdot (-2)}{-5,470 \cdot 10^6 \text{ J/mol}}$$

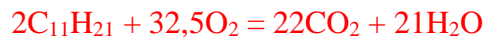
$$m_2 = 54,13 \text{ t}$$

1 поен



3. Пресметка во однос на брзината на трошење на горивото кај авионите може да се направи врз основа на хемиската равенка која го опишува согорувањето на горивото. На таков начин, при мирен лет може да се пресмета потрошувачката на гориво во текот на летот.

А. Колкава маса гориво ќе се потроши, доколку авионот лета 1,5 h, а брзината на трошење на горивото (брзината на конверзија) е 100 kmol h^{-1} . **(6 поени)**



$$\Delta t = 1,5 \text{ h}$$

$$J = 100 \text{ kmol h}^{-1}$$

$$M = 153 \text{ g/mol}$$

$$\nu(\text{C}_{11}\text{H}_{21}) = -2$$

$$J = \frac{\Delta \xi}{\Delta t} = \frac{\Delta n}{\nu \cdot \Delta t} = \frac{\Delta m}{\nu \cdot M \cdot \Delta t}$$

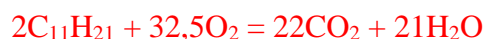
$$\Delta m = J \cdot \nu \cdot M \cdot \Delta t$$

$$\Delta m = 100 \cdot 10^3 \text{ mol h}^{-1} \cdot (-2) \cdot 153 \text{ g/mol} \cdot 1,5 \text{ h}$$

$$\Delta m = -45,9 \cdot 10^6 \text{ g} = -45,6 \text{ t}$$

Ќе се потрошат 45,6 тони гориво.

Б. Колкава маса кислород ќе се потроши при еден нормален и вообичаен повратен лет од Пекинг до Шенџен? Искористи ги податоците дадени на почетокот. **(5 поени)**



Вкупно растојание (tour-re-tour): 3960 km

Потрошувачка на гориво: 1,2 t на 100 km

Вкупно потрошено гориво за 3960 km = 47,52 t

$$n(\text{гориво}) = m(\text{гориво})/M = 47,52 \cdot 10^6 \text{ g} / 153 \text{ g mol}^{-1} = 310.588 \text{ mol}$$

2 поени

$$n(\text{O}_2) : n(\text{гориво}) = 32,5 : 2$$

$$n(\text{O}_2) = 32,5/2 n(\text{гориво}) = 5.047.058,8 \text{ mol}$$

2 поени

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) M(\text{O}_2) = 5.047.058,8 \text{ mol} \cdot 32 \text{ g/mol} = 161.505.882 \text{ g} = 161,5 \text{ t}$$

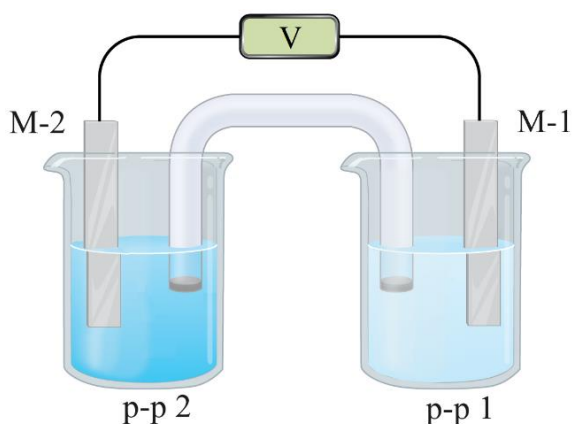
1 поен

ЗАМИСЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

Како резултат на тоа што тимот пристигна на Менделеевата олимпијада 4 дена подоцна, неговите членови не успеаја да освојат медали. Но, тие направија план како да ги изработат во лабораторијата каде се подготвуваа. За таа цел, тие зеле водни раствори од нитрати на злато, сребро, бакар, цинк и калај. Дополнително, во лабораторијата имало на располагање мали метални прачки од бакар, калај, цинк и сребро. Како може од водните раствори на овие соли и соодветните метали да се добијат соодветните медали? **(12 поени)**

Напонски ред на металите: Li, K, Ba, Ca, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Ni, Sn, Pb, **H₂**, Cu, Hg, Ag, Au, Pt

1. За добивање **златен медал**, била конструирана галванската ќелија:



За да може спонтано да се одвива реакцијата на позлатување, од кој метал треба да биде левата, а од кој десната електрода? Каде ќе се постави медалот? Кружната метална плочка за медал била од платина.

Одговор: Металот М-1 е Pt **0,5 поени**

Металот М-2 е Zn **0,5 поени**

Растворот p-p 1 е Au(NO₃)₃ **0,5**

Растворот p-p 2 е Zn(NO₃)₂ **0,5**

Медалот ќе се постави на десната страна. **0,5**

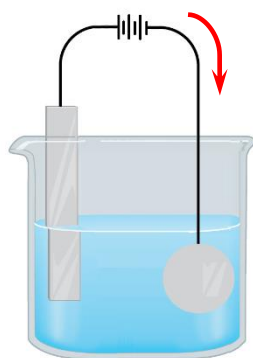
Сумарна равенка на електрохемиската реакција:



Полуреакција на оксидација: $\text{Zn}(\text{s}) = \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ **1 поен**

Полуреакција на редукција: $\text{Au}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- = \text{Au}(\text{s})$ **1 поен**

2. За добивање **сребрен медал**, искористена е електролиза од раствор.



Кој метал треба да биде поставен како електрода на левата страна?

Одговор: Ag **0,5 поени**

Кој раствор треба да се искористи при електролизата?

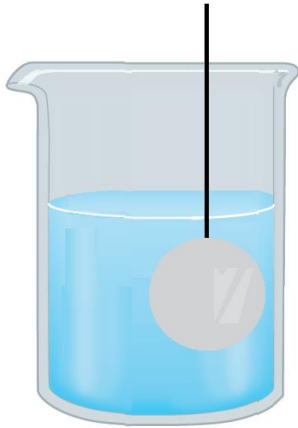
Одговор: AgNO₃ **0,5 поени**

Запиши ја полуреакцијата која се одвива за посребрување на металот.

Одговор: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{Ag}(\text{s})$ **1 поен**

На сликата, со стрелка означи ја насоката на движење на електроните. **1 поен**

3. За добивање на **бронзен медал**, калајна кружна плочка била потопена во раствор од бакар(II) нитрат и оставена во текот на 10 минути. Потоа, медалот бил изваден од растворот, промиен со малку дестилирана вода и загреан на решо. Со неколку реченици објасни што се случило. Запиши ја равенката на реакцијата.



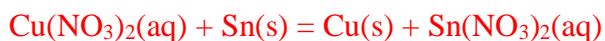
Објаснување:

Според дадениот напонски ред на металите, јасно е дека калајот како помалку благороден метал ќе го истисне бакарот и ќе дојде до таложување на слој од бакар на површината од калајнатата кружна плочка, а дел од калајот ќе се раствори, т.е. ќе премине во растворот во облик на Sn^{2+} јони.

Кога медалот ќе се загрее, слојот од наталожен бакар и под него слојот од калај, под дејство на топлината од решото, ќе образуваат легура. Легурата на калај и бакар е бронза и на тој начин ќе се образува површински слој од бронза, па медалот ќе биде бронзен.

2 поени

Равенка на електрохемиската реакција:



1 поен

Во оваа реакција, Cu^{2+} јоните се:

0,5 поени

а) оксидираат

б) редуцираат