

XXIII Konkurs Chemiczny dla Uczniów Szkół Ponadgimnazjalnych

Etap II

Rozwiązanie zadań

Zadanie 1

a.

A – chlorek manganu(II), $MnCl_2$;

B – wodorotlenek manganu(II), $Mn(OH)_2$;

C – tlenek manganu(IV), MnO_2 (akceptowano też odpowiedzi: uwodniony tlenek manganu(IV), $MnO_2 \cdot nH_2O$ lub wodorotlenek oksomanganu(IV), $MnO(OH)_2$);

D – węglan manganu(II), $MnCO_3$;

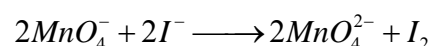
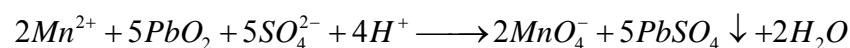
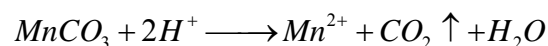
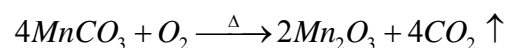
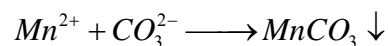
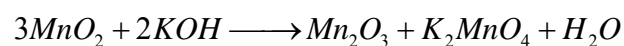
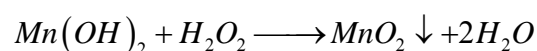
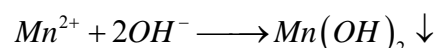
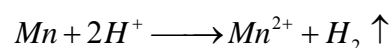
E – tlenek manganu(III), Mn_2O_3 ;

F – manganian(VI) potasu; K_2MnO_4 ;

G – siarczan(VI) manganu(II); $MnSO_4$;

H – kwas manganowy(VII); $HMnO_4$ (akceptowano też odpowiedzi manganian(VII) potasu, $KMnO_4$ lub manganian(VII) ołowiu(II), $Pb(MnO_4)_2$).

b.



Uwaga: Akceptowano także cząsteczkowy zapis równań reakcji. Nie akceptowano zapisu reakcji węglanu manganu(II) z kwasem siarkowym z wydzieleniem kwasu węglowego.

c.

A – różowa; **C** – brunatna; **F** – zielona; **G** – fioletowa

Uwaga: Dla substancji **A** akceptowano odpowiedź „bezbarwna” jedynie w przypadku sprecyzowania że dotyczy ona roztworu wodnego, w przypadku **C** akceptowano odpowiedź „czarna”.

d.

A – skakchit; **B** – pirochroit; **C** – aktenskit, piroluzyt (zwany też braunsztynem), ramsdelit; **D** – rodochrozyt; **G** – fauseryt, jokokuit, szmikit, mallardyt

e.

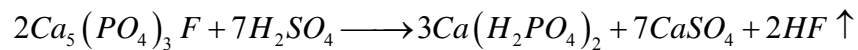
Przykładowe zastosowania:

C – składnik suchego elektrolitu w ogniwach (np.: ogniwie Leclanchého lub bateriach alkalicznych); pigment; utleniacz w syntezie organicznej do przekształcania alkoholi allilowych w odpowiednie aldehydy lub ketony; katalizator do rozkładu nadtlenu wodoru.

H – manganiany(VII) znajdują zastosowanie jako utleniacze w syntezie organicznej (np. do otrzymywania kwasów arylokarboksylowych); do wykrywania wiązań podwójnych; w analizie miareczkowej (manganometria); jako czynniki odkażające do leczenia zmian skóry i błon śluzowych oraz do dezynfekcji wody (KMnO_4); w materiałach pirotechnicznych (np. proch błyskowy lub pociski zapalające).

Punktacja: Za każde równanie reakcji po 2 pkt.; za każdą nazwę związku **A-H** po 1 pkt.; za każdy wzór związku **A-H** po 1 pkt.; za każdą barwę po 1 pkt.; za przykład minerału 5 pkt.; za każde z zastosowań po 2 pkt.

Zadanie 2



$$M(CaSO_4) = 136,2 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(Ca(H_2PO_4)_2) = 234,1 \text{ g mol}^{-1}$$

Z 1 mola apatyty powstaną 3 mole $Ca(H_2PO_4)_2$ (702,3 g) i 7 moli $CaSO_4$ (953,4 g), co w sumie stanowi 1655,7 g mieszaniny. Ponadto 2% produktu stanowią zanieczyszczenia, zatem masa superfosfatu powstałego z 1 mola apatyty wynosi:

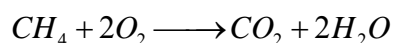
$$1655,7 \text{ g} / 0,98 = 1689,49 \text{ g}$$

Zawiera ona 6 moli (186 g) fosforu. Procentowa zawartość fosforu w nawozie wynosi zatem:

$$100 \times (186 / 1689,49) = 11,01\%$$

Punktacja: Za równanie reakcji 2 pkt.; za obliczenie zawartości fosforu 10 pkt.

Zadanie 3.



Obliczamy ciepło spalania metanu:

$$\Delta H_{sp} = (-393,77 - 2 \times 286,4) - (-74,9) = -891,67 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Zatem 7,3343 kJ odpowiada 0,00823 mola CH_4 , czyli 0,1316 g tego związku. Taka ilość wydzielila się z 1 g klatratu, woda stanowi zatem $1 - 0,1316 = 0,8684$ g (0,0482 mol).

Skład procentowy klatratu: 13,16% CH_4 i 86,84% H_2O .

Stosunek molowy składników klatratu to 0,00823:0,0482, czyli 1:5,86.

Wzór empiryczny: $(\text{CH}_4)_{100}(\text{H}_2\text{O})_{586}$ (akceptowano także zapis $(\text{CH}_4)(\text{H}_2\text{O})_{5,86}$ lub wzory przybliżone, np.: $(\text{CH}_4)(\text{H}_2\text{O})_6$).

Punktacja:

Obliczenie składu procentowego – 10 pkt.; zaproponowanie wzoru empirycznego – 5 pkt.

Zadanie 4.

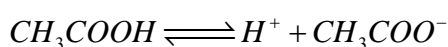


W celu otrzymania 1 dm³ roztworu o stężeniu 0,1 M potrzebujemy 0,1 mol NaOH i 0,1 mol CH₃COOH.

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g mol}^{-1}$$

0,1 mol NaOH to $0,1 \times 40 = 4$ g tego związku.

Musimy użyć zatem $(4 \times 100)/20 = 20$ g roztworu NaOH o stężeniu 20%. Uwzględniając gęstość jest to $20/1,2 = 16,67$ cm³.



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{c_0 - [\text{H}^+]}$$

$$c_0 = \frac{[\text{H}^+]^2 + K[\text{H}^+]}{K}$$

ponieważ $pK_a = 4,76$, a $pH = 2,1$ podstawiamy do równania wartości: $K = 1,738 \times 10^{-5}$, natomiast $[\text{H}^+] = 7,94328 \times 10^{-3}$. Stężenie dostępnego kwasu octowego wynosi zatem $c_0 = 3,64$ M.

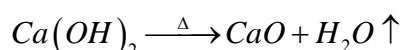
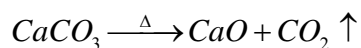
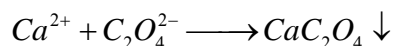
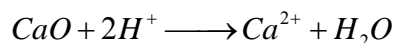
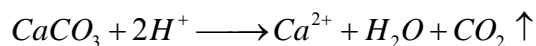
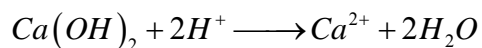
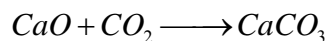
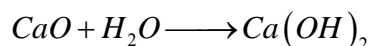
0,1 mola CH₃COOH zawartych jest w $(0,1 \times 1000)/3,64 = 27,47$ cm³, czyli w $27,47 \times 1,05 = 28,85$ g

Do mieszaniny 27,47 cm³ roztworu kwasu octowego ($pH = 2,1$) i 16,67 cm³ roztworu NaOH (20%) należy dodać $1000 - (28,85 + 20) = 951,15$ g (951,15 cm³) wody (akceptowano też odpowiedź „uzupełnić wodą do objętości 1 dm³”).

Punktacja: Po 3 pkt. za obliczenie ilości roztworów NaOH i CH₃COOH; 4 pkt. za obliczenie ilości wody lub podanie sposobu przygotowania roztworu.

Zadanie 5

W wyniku reakcji CaO z H₂O i z CO₂ powstaje mieszanina Ca(OH)₂ i CaCO₃.



$$M(CaC_2O_4) = 128,1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(CaO) = 46,1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(Ca(OH)_2) = 74,1 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(CaCO_3) = 100,1 \text{ g mol}^{-1}$$

W 2,0015 g szczawianu wapnia znajduje się $2,0015/128,1 = 0,015625$ mola jonów Ca²⁺.

W wyniku reakcji 1,0000 g mieszaniny powstało 44,8 cm³ CO₂, czyli:

$(101325 \times 4,48 \times 10^{-5}) / (8,314 \times 273,15) = 0,001999$ mola CO₂, w próbce zawartych było zatem $0,00199 \times 100,1 = 0,1999$ g CaCO₃.

Podczas prażenia utrata masy wynosiła $1,0000 - 0,8757 = 0,1243$ g. Rozkładowi ulega wodorotlenek i węglan wapnia. Wydzieliło się 0,001999 mola CO₂, czyli 0,0880 g. Resztę ($0,1243 - 0,0880 = 0,0363$ g) stanowi woda (0,002019 mola). Powstała ona w wyniku rozkładu takiej samej ilości Ca(OH)₂, czyli 0,1496 g tego wodorotlenku.

Skład procentowy mieszaniny: CaO – 65,05%, Ca(OH)₂ – 14,96%, CaCO₃ – 19,99%.

Przykładowe zastosowania składników mieszaniny:

CaO: produkcja wapna gaszonego; w produkcji stali jako czynnik zobojętniający, jako środek suszący; do produkcji cementu; do wytwarzania samoogrzewających się konserw; w produkcji papieru, szkła i ceramiki.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$: do wykrywania CO_2 (woda wapienna); do oczyszczania wody i ścieków jako flokulant; w produkcji papieru; jako czynnik do oczyszczania syropu w przemyśle cukrowym; jako czynnik alkalizujący i pomocniczy w przemyśle spożywczym; do alkalizacji gleby w ogrodnictwie; jako składnik zapraw murarskich; jako czynnik dezynfekujący do bielenia ścian i pni drzew; do oczyszczania spalin (odsiarczanie); jako składnik wypełnień dentystycznych.

CaCO_3 : jako materiał konstrukcyjny (marmur, skała wapienna); metalurgia; produkcja kredy do pisania; produkcja papieru; produkcja wapna palonego; jako biały pigment; jako wypełniacz do tworzyw sztucznych; w produkcji mas ceramicznych; jako wypełniacz w produkcji tabletek; jako czynnik zobojętniający w preparatach przeciwko nadkwasocie; jako dodatek do żywności (E170); do alkalizacji gleby w ogrodnictwie i rolnictwie.

Uwaga: Część uczestników zapisywała, wśród produktów reakcji CaO z parą wodną i dwutlenkiem węgla, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Związek ten tworzy się wyłącznie w roztworach i nie może być wydzielony w postaci stałej, dlatego takie rozwiązania uznawano za niepoprawne.

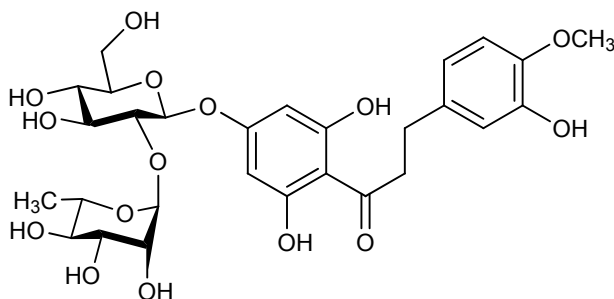
Punktacja: za każde równanie reakcji po 2 pkt.; za obliczenie zawartości każdego ze składników po 4 pkt.; za każdy przykład zastosowania po 2 pkt.

Zadanie 6.

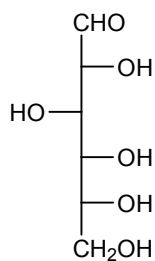
Masa molowa neohesperydyny ($C_{28}H_{34}O_{15}$) wynosi 610 g mol^{-1} . Podczas uwodornienia przyłącza ona zatem 1 cząsteczkę H_2 .

Cząsteczka neohesperydyny zawiera 11 asymetrycznych atomów węgla (10 w części cukrowej i jeden w aglikonie). W procesie tworzenia NHDC jedno z nich zanika. Ponieważ podczas hydrolizy neohesperydyny i NHDC uzyskuje się te same cukry, zmiana musi dotyczyć części aglikonowej.

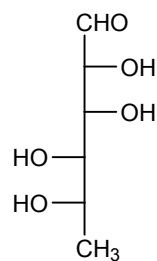
1 g NHDC to $1/612 = 1,634 \times 10^{-3}$ mola. Reaguje on z $0,049 \times 0,1 = 0,0049$ mola KOH, zatem stechiometria reakcji wynosi 1:3. Reakcji z KOH w środowisku wodnym mogą ulegać tylko grupy zawierające kwaśne atomy wodoru ($-COOH$, $ArOH$). W cząsteczce neohesperydyny nie ma grup karboksylowych, obecne są natomiast dwie grupy fenolowe ($ArOH$), trzecia powstaje w wyniku uwodornienia. NHDC tworzy się na drodze zerwania wiązania $Ar-O-CH$ i otwarcia pierścienia:



W wyniku hydrolizy neohesperydyny powstają dwa monosacharydy: α -L-ramnopyranoza (6-deoksy- α -L-mannoza) i β -D-glukopiranoza.

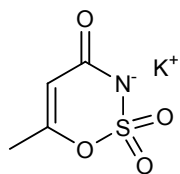


D-glukoza

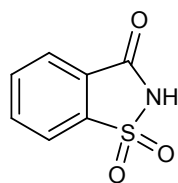


L-ramnoza

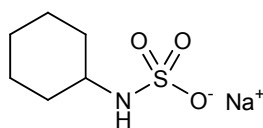
Przykładami syntetycznych substancji słodzących mogą być np.: acesulfam K, sacharyna, cyklamian sodu i aspartam.



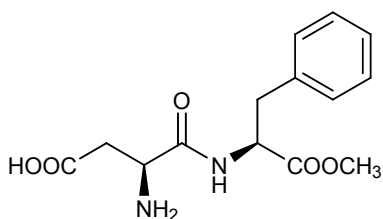
acesulfam K



sacharyna



cyklamian sodu



aspartam

Uwaga: Wielu uczniów jako przykład sztucznych substancji wymieniało substancje występujące w naturze: sorbitol (częsty w owocach), ksylitol (produkt metabolizmu wielu grzybów, np.: z rodzaju *Candida*).

Punktacja: Ustalenie wzoru NHDC – 10 pkt.; podanie wzorów liniowych monosacharydów – po 5 pkt.; podanie nazwy jednego monosacharydu – 2 pkt.; podanie przykładu syntetycznej substancji słodzącej – 2 pkt.