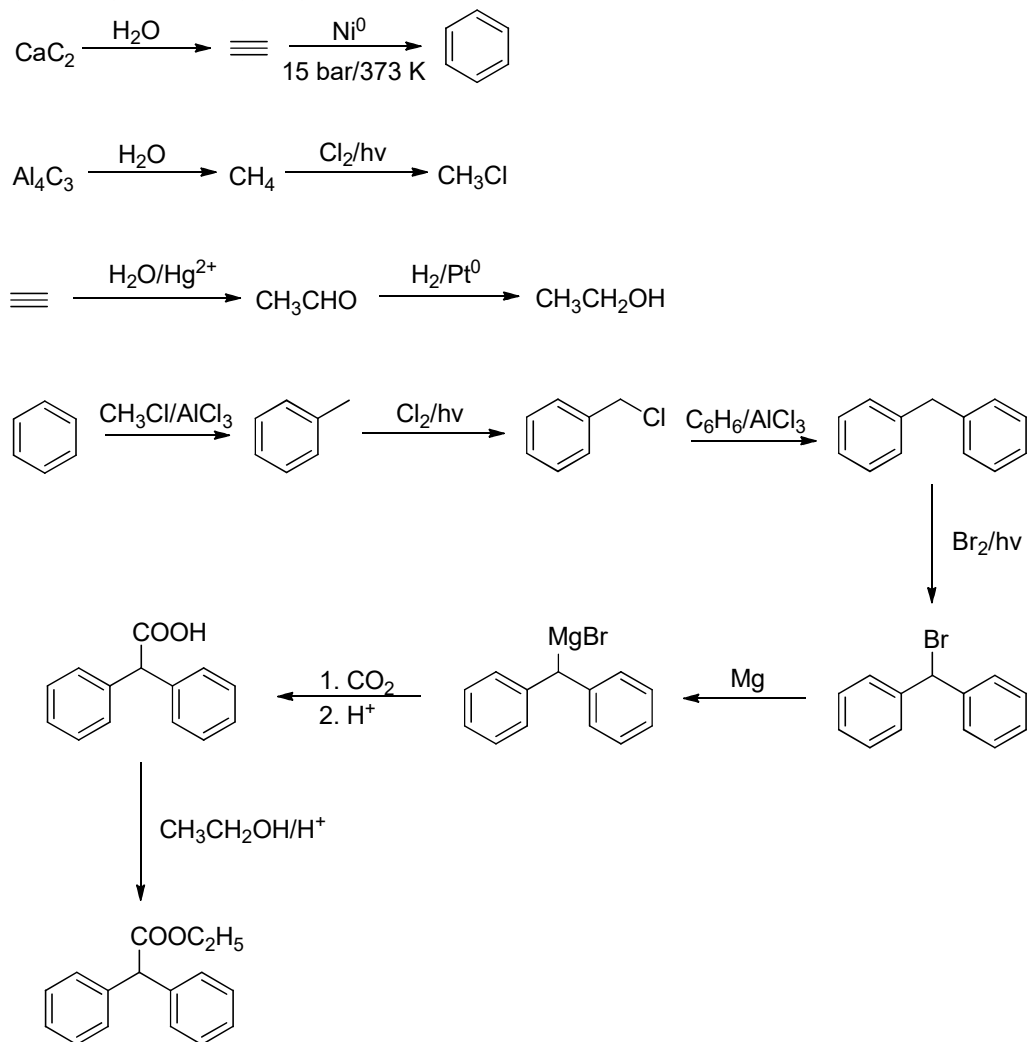


XVIII Konkurs Chemiczny – rozwiązania zadań II etapu

Zadanie 1.

a. Nie, cząsteczka loperamidu nie jest chiralna, gdyż nie posiada asymetrycznych atomów węgla. W cząsteczce nie występują także inne elementy strukturalne, skutkujące chiralnością (wiązania skumulowane, asymetrycznie podstawione atomy azotu o zahamowanej inwersji etc.).

b. Przykładowy schemat syntezy:



c. Obliczamy liczbę moli w 1 dm³ gazu:

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{101500 \cdot 0.001}{8.314 \cdot (273 + 25)} = 0.0409675 \text{ mol}$$

Ponieważ 1 dm³ waży 1,8016 g, to masa cząsteczkowa **A** wynosi 1,8016/0,0409675 = 44 g mol⁻¹.

Z 1 g **A** (0,0227 mol) powstaje 2/44 = 0,0455 mol CO₂ i 0,0455 mol H₂O, czyli **A** ma wzór sumaryczny C₂H₄O. Ponieważ **A** nie reaguje z odczynnikiem Tollensa wykluczamy etanal, zatem **A** to oksiran (tlenek etylenu):



W reakcji oksiranu z wodą w środowisku kwaśnym następuje otwarcie pierścienia epoksydowego. Głównym składnikiem mieszaniny poreakcyjnej (związek **B**) jest produkt addycji wody do oksiranu – glikol etylenowy (1,2-etanodiol; $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$). Ponadto powstają glikole poli(etylenowe): $\text{HO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$.

Związek **A** można otrzymać w wyniku reakcji epoksydowania etylenu, na przykład utleniając alken kwasem nadtlendioctowym lub w wyniku eliminacji chlorowodoru z 2-chloroetanolu (reakcja z silną zasadą, np.: KOH). Przemysłowo otrzymywany jest w reakcji etylenu z tlenem przy użyciu katalizatora (srebro na nośnikach nieorganicznych).

Tlenek etylenu stosowany jest m.in. jako środek do dezynfekcji w przemyśle medycznym oraz jako substrat do syntezy glikolu etylenowego i poli(etylenowego) oraz różnych detergentów zawierających łańcuchy poli(oksaetylenowe).

Glikol etylenowy (**B**) stosuje się m.in. jako płyn chłodniczy w chłodnicach samochodowych i innych systemach chłodniczych i klimatyzacyjnych, jako składnik preparatów zapobiegających zamarzaniu oraz w przemyśle chemicznym do syntezy polimerów (poli(tereftalan etylenu)) czy materiałów wybuchowych.

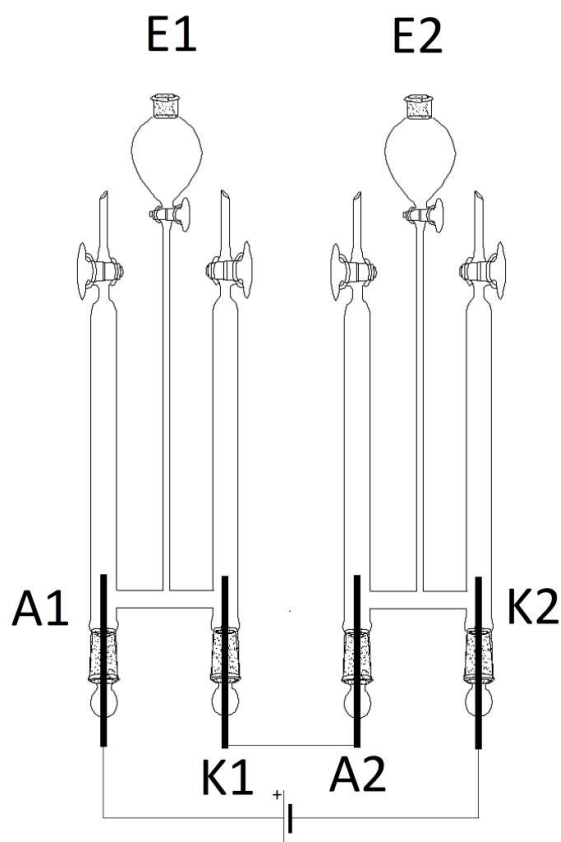
Punktacja:

a. 2 p. za odpowiedź i 2 p. za pełne uzasadnienie

b. 10 p.

c. 4 p. za ustalenie struktury związku **A**; 2 p. za strukturę związku **B**; 2 p. za metodę otrzymywania **A**; po 2 p. za zastosowania **A** i **B** (nie przyznawano punktów za stwierdzenia ogólne: „w syntezie chemicznej”, „jako rozpuszczalnik” etc.)

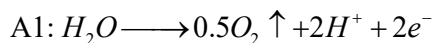
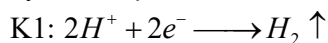
Zadanie 2



Obliczamy, ile moli elektronów przepływa przez elektrolizery:

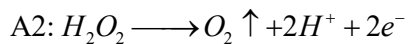
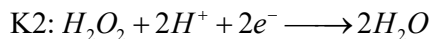
$$n = \frac{0.11 \cdot 3600}{96500} = 0.004 \text{ mol}$$

W pierwszym elektrolizerze, zawierającym zakwaszoną wodę, zachodzi elektroliza wody. Na anodzie wydziela się tlen, zaś na katodzie wodór:



Uwzględniając ładunek przepływający przez elektrolizery, na katodzie K1 wydzieli się 0,002 mol H_2 , na anodzie A1 0,001 mol O_2 , co w warunkach normalnych odpowiada 45 ml wodoru i 22,5 ml tlenu.

W elektrolizerze zawierającym zakwaszony roztwór nadtlenku wodoru zachodzi, w pierwszej kolejności, rozkład tego związku. Reakcje elektrodowe mają następującą formę:



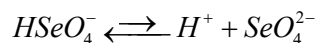
zatem na anodzie A2 wydzieli się 0,002 mol (45 ml) tlenu, natomiast na katodzie nie zaobserwujemy wydzielania gazu (w rzeczywistości mogą powstawać niewielkie ilości wodoru w wyniku konkurencyjnej elektrolizy wody).

Punktacja:

po 2 p. za objętości produktów w elektrolizerze 1 i po 3 p. za objętości w elektrolizerze 2

Zadanie 3

a. W roztworze ustala się równowaga:



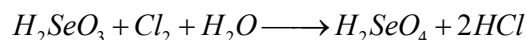
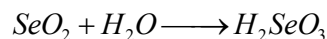
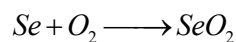
$$M(\text{NaHSeO}_4) = 167 \text{ g mol}^{-1}$$

Otrzymany roztwór będzie miał stężenie $0,012 \text{ mol dm}^{-3}$. Stężenie jonów wodorowych w tym roztworze wynosi $10^{-2,1} = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$. Korzystając z obliczonych wartości obliczamy wartość K_{a2} .

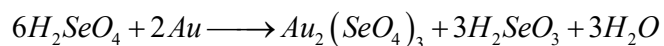
$$K_{a2} = \frac{[H^+][SeO_4^{2-}]}{[HSeO_4^-]} = \frac{[H^+]^2}{c_0 - [H^+]} = 0,016$$

$$pK_{a2} = 1,8$$

b.



c.



d. $M(H_2SeO_4) = 145 \text{ g mol}^{-1}$

Uzyskano 532 g roztworu, czyli $0,532/1,050 = 0,5067 \text{ dm}^3$. W tej objętości zawartych jest $0,3874 \cdot 0,5067 = 0,1963 \text{ mol}$ hydratu. Masa cząsteczkowa hydratu wynosi $32/0,1963 = 163 \text{ g mol}^{-1}$. Uwzględniając masę cząsteczkową bezwodnego kwasu widzimy, że cząsteczka formalna hydratu zawiera jedną cząsteczkę wody, zatem hydrat ma stechiometrię 1:1 ($H_2SeO_4 \cdot H_2O$).

Punktacja:

- 4 p.
- po 0,5 p. za produkty, po 2 p. za równania reakcji
- 2 p.
- 4 p.

Zadanie 4

W ciele człowieka znajduje się $0,4 \cdot 70000/100 = 280$ g potasu, z czego $280 \cdot 120/10^6 = 0,0336$ g stanowi izotop ^{40}K . Stanowi to $(0,0336/40) \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 5,0585 \cdot 10^{20}$ atomów.

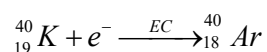
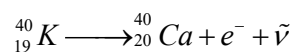
Ilość atomów po czasie $t = 1$ rok wynosiła:

$$k = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 5,55 \cdot 10^{-10} \text{ a}^{-1}$$

$$N = N_0 e^{-kt} = 5,058499997 \cdot 10^{20}$$

zatem w ciągu roku rozpadowi uległo ok. $3 \cdot 10^{11}$ atomów.

Aby oszacować liczbę rozpadów w czasie 1 s (aktywność promieniotwórczą) możemy przybliżyć rozpad w czasie 1 roku funkcją liniową (ponieważ $t \ll T_{1/2}$). Aktywność wynosi $3 \cdot 10^{11} / (365,25 \cdot 24 \cdot 3600) = 9506$ Bq.



Punktacja:

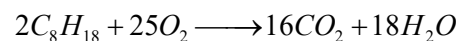
4 p. za określenie liczby atomów które uległy rozpadowi w ciągu roku; 4 p. za oszacowanie aktywności; 2 p. za równanie przemiany β ; 3 p. za reakcję wychwytu elektronu

Zadanie 5

Spalenie 1 g kwasu benzoesowego powoduje wydzielenie 26,4 kJ energii. Taka ilość ciepła powoduje wzrost temperatury kalorymetru o 12,9°C. Skoro spalenie 1 g prochu powoduje przyrost temperatury o 2,5°C, wydzieliło się $26,4 \cdot 2,5 / 12,9 = 5,11$ kJ ciepła.

1 g prochu zajmuje $1/1,1 = 0,909$ ml.

$M(\text{izooktan}) = 114 \text{ g mol}^{-1}$



Ciepło spalania izooktanu wynosi:

$$\Delta H = 8 \cdot \Delta H_{tw}(CO_2) + 9 \cdot \Delta H_{tw}(H_2O) - \Delta H_{tw}(\text{izooktan}) = -5457.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Aby porównać ciepło spalania prochu czarnego i benzyny obliczamy ciepło wydzielone podczas spalania 0,909 ml izooktanu:

$$0,909 \cdot 0,69 / 114 = 0,0055 \text{ mola}$$

$$0,0055 \cdot 5457.5 = 30,02 \text{ kJ ciepła}$$

W wyniku spalania benzyny powstaje 5,87 razy więcej energii niż podczas spalania takiej samej objętości prochu czarnego.

Punktacja:

po 5 p. za obliczenie ciepła wydzielonego podczas spalania prochu i benzyny; 2 p. za porównanie tych wartości