

L OLIMPIADA CHEMICZNA

KOMITET GŁÓWNY OLIMPIADY CHEMICZNEJ (Warszawa)

ETAP III



Zadania laboratoryjne

Zadanie 1



Kwas fosforowy(V) jest kwasem średniej mocy. Jego kolejne stałe dysocjacji maleją w szeregu:

$$K_{a1} \gg K_{a2} \gg K_{a3} \quad K_{a3} = 10^{-12,3}.$$

Z krzywych miareczkowania, dołączonych do zadania (patrz załącznik, którego nie ma ;) wynika, że kwas fosforowy w bezpośrednim miareczkowaniu za pomocą roztworu NaOH zachowuje się jak kwas diprotonowy (1 mol

kwasu reaguje z 2 molami NaOH), zaś w obecności jonów wapnia bądź srebra jak kwas triprotonowy (1 mol kwasu reaguje z 3 molami NaOH).

W kolbie miarowej o pojemności 250 cm³, oznaczonej literą **P**, masz wodny roztwór **dwuskładnikowej** mieszaniny. Mogą w niej być: kwas fosforowy, diwodorofosforan sodu i wodorofosforan disodu. Składniki zmieszano w porównywalnych ilościach. Dysponujesz mianowanym roztworem kwasu solnego, o stężeniu podanym na butelce. W kolbie miarowej, oznaczonej etykietką NaOH i numerem startowym, masz roztwór NaOH o stężeniu ok. 0,02 mol/dm³. Masz także do dyspozycji 10% roztwór CaCl₂, roztwór alkoholowy tymoloftaleiny (zakres zmiany barwy 9,5–10,5 pH), roztwór alkoholowy fenoloftaleiny (zakres: 8,4–9,8 pH) oraz uniwersalne papierki wskaźnikowe. Dysponujesz biuretą, pipetą jednomiarową poj. 25 cm³ i dwoma kolbkami stożkowymi poj. 300 cm³.

PRZEPISY WYKONAWCZE:***Nastawianie miana roztworu NaOH na mianowany roztwór kwasu solnego***

Kolbę miarową, opisaną etykietką NaOH, dopełnić wodą do kreski i wymieszać. Napęlnić biuretę przygotowanym roztworem. Pobrać pipetą jednomiarową 25 cm³ roztworu HCl do kolby stożkowej na 300 cm³. Rozcieńczyć wodą do ok. 100 cm³, dodać kroplę roztworu fenoloftaleiny i miareczkować roztworem NaOH do wystąpienia różowego zabarwienia. Wykonać ponownie miareczkowanie drugiej porcji kwasu. Obliczyć stężenie roztworu NaOH.

Miareczkowanie kwasu fosforowego jako kwasu diprotonowego

Kolbę miarową, zawierającą oznaczaną próbkę, dopełnić wodą do kreski i wymieszać. Pobrać pipetą jednomiarową 25 cm³ próbki do kolby stożkowej na 300 cm³. Rozcieńczyć wodą do ok. 100 cm³, dodać kroplę roztworu fenoloftaleiny, 5 kropli roztworu tymoloftaleiny i miareczkować zmianowanym uprzednio roztworem NaOH do wystąpienia fioletowego zabarwienia. Wykonać ponownie miareczkowanie drugiej próbki. Obliczyć ilość kwasu fosforowego w próbce.

Miareczkowanie kwasu fosforowego jako kwasu triprotonowego w obecności jonów wapnia

Kolbę miarową, zawierającą oznaczaną próbkę, dopełnić wodą do kreski i wymieszać. Pobrać pipetą jednomiarową 25 cm³ próbki do kolby stożkowej na 300 cm³. Rozcieńczyć wodą do ok. 100 cm³, dodać kroplę roztworu fenoloftaleiny, 5 kropli roztworu tymoloftaleiny i miareczkować zmianowanym uprzednio roztworem NaOH do wystąpienia fioletowego zabarwienia. Dodać 2 cm³ roztworu chlorku wapnia i pozostawić na 10 minut. Następnie miareczkować dalej do pojawienia się trwałego malinowego zabarwienia. Wykonać ponownie miareczkowanie drugiej próbki. Obliczyć ilość kwasu fosforowego w próbce.

Polecenia:

- 1) Podaj, jakie jest dokładne stężenie roztworu NaOH
- 2) Podaj, jakie reakcje zachodzą podczas miareczkowania kwasu fosforowego dla kolejnych skoków krzywej miareczkowania.

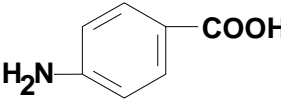
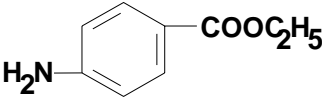
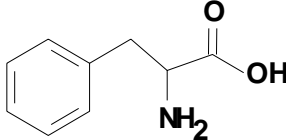
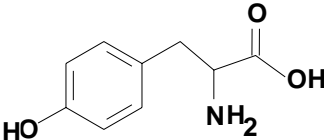
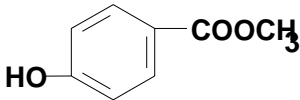
- 3) Na podstawie krzywych miareczkowania podaj wartości pK_{a1} i pK_{a2}
- 4) Zaproponuj tok rozumowania i plan doświadczeń, które pozwolą dać odpowiedź, jakie substancje i w jakiej ilości masz w mieszaninie. Podaj zachodzące reakcje. Wykorzystaj podane przepisy.
- 5) Podaj, jakie substancje (sprawdź odczyn mieszaniny) i w jakiej ilości masz w mieszaninie zawartej w kolbie oznaczonej literą **P**. Przedstaw stosowne obliczenia.
- 6) Wyjaśnij rolę jonów wapnia lub srebra stosowanych w oznaczeniu i dlaczego miareczkowanie przeprowadza się w roztworze o niewielkim stężeniu

Zadanie 2



W probówkach oznaczonych literami A - F znajdują się pojedyncze substancje organiczne z listy przedstawionej w tabelce. Substancje te mają działanie biologiczne - są to leki, witaminy, środki konserwujące.

<i>Lp</i>	<i>NAZWA ZWYCZAJOWA</i>	<i>WZÓR STRUKTURALNY</i>	<i>ZASTOSOWANIE</i>
1.	PAS		Lek przeciwgruźliczy
2.	Paracetamol		Lek przeciwbólowy
3.	Witamina PP		Witamina
4.	Fenacetyna		Lek przeciwbólowy
5.	Kwas salicylowy		Środek konserwujący

6.	Witamina H₁		Witamina
7.	Benzokaina		Środek znieczulający
8.	Fenylalanina		Aminokwas
9.	Tyrozyna		Aminokwas
10.	Paraben metylowy		Środek konserwujący

Dysponujesz roztworami:

FeCl₃, roztwór 2%

NaOH, roztwór 0,1 mol/ dm³

HCl, roztwór 1 mol/ dm³

NaNO₂, roztwór 1%

Tryskawka z etanolem

Tryskawka z wodą

Polecenia:

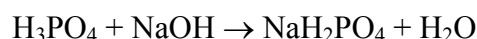
1. Podaj dokładny tok rozumowania, w jaki sposób rozróżnisz WSZYSTKIE wymienione w tabeli substancje.
2. Podaj nazwy systematyczne WSZYSTKICH substancji przedstawionych wzorami strukturalnymi.
3. Dokonaj identyfikacji substancji organicznych na podstawie charakterystycznych reakcji, posługując się dostępnymi odczynnikami.

ROZWIĄZANIE ZADANIA 1

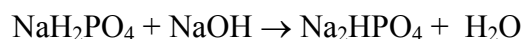
1. Oznaczanie kwasu fosforowego i jego wodorosoli jest przykładem miareczkowania alkalimetrycznego, gdzie titrantem jest mianowany roztwór NaOH. Miano tego roztworu nastawia się, korzystając z roztworu kwasu solnego o znanym stężeniu, wobec wskaźnika, jakim jest fenoloftaleina. W wyniku miareczkowania otrzymuje się objętość V_0 mianowanego roztworu NaOH, jaka zeszła z biurety na zobojętnienie 25 cm^3 kwasu solnego o stężeniu c_{HCl} .

$$c_{\text{NaOH}} = 25 \cdot c_{\text{HCl}} / V_0 \quad [\text{mol/dm}^3]$$

2. Pierwszy skok krzywej miareczkowania od pH 2,2 do pH 7,6 to reakcja zobojętnienia kwasu fosforowego do diwodorofosforanu sodu:



Drugi skok krzywej miareczkowania od pH 7,6 do pH 12 to reakcja zobojętnienia diwodorofosforanu sodu do wodorofosforanu disodu



3. Pierwsza stała dysocjacji K_{a1}

$$K_{a1} = [\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}^+] / [\text{H}_3\text{PO}_4]$$

Aby wyznaczyć jej wartość z krzywej miareczkowania, należy wziąć taki punkt, dla którego $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ i $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ są sobie równe, gdyż wtedy $K_{a1} = [\text{H}^+]$, czyli $\text{p}K_{a1} = \text{pH}$. Ma to miejsce dla objętości titranta odpowiadającej połowie jego ilości potrzebnej dla osiągnięcia pierwszego skoku na krzywej miareczkowania, a więc dla objętości ok. $5,6 \text{ cm}^3$. Wartość $\text{pH} = \text{p}K_{a1}$ wynosi 2,4.

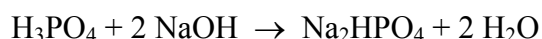
Druga stała dysocjacji K_{a2}

$$K_{a2} = [\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}^+] / [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

Aby wyznaczyć jej wartość z krzywej miareczkowania, należy wziąć taki punkt, dla którego $[\text{HPO}_4^{2-}]$ i $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ są sobie równe, gdyż wtedy $K_{a2} = [\text{H}^+]$, czyli $\text{p}K_{a2} = \text{pH}$. Ma to miejsce dla objętości titranta

odpowiadającej jego ilości potrzebnej dla osiągnięcia pierwszego skoku na krzywej miareczkowania i połowie ilości pomiędzy pierwszym i drugim skokiem krzywej, a więc dla objętości ok. 16,8 ml. Wartość $\text{pH} = \text{p}K_{a2}$ wynosi 7,6.

4. Trzecia stała dysocjacji kwasu fosforowego jest na tyle mała, że reakcja pełnego zobojętnienia kwasu fosforowego w czasie miareczkowania roztworem NaOH praktycznie nie zachodzi. Wobec tymoloftaleiny (fenoloftaleina jest tutaj nieodpowiednia) zachodzi jedynie:



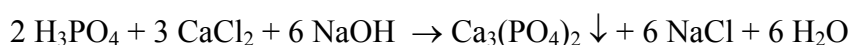
Sytuacja zmienia się, jeśli do roztworu kwasu fosforowego dodamy jonu, który strąca trudno rozpuszczalny fosforan np. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ lub Ag_3PO_4 .

$$K_{a3} = [\text{PO}_4^{3-}][\text{H}^+]/[\text{HPO}_4^{2-}]$$

Usunięcie jonu PO_4^{3-} z roztworu przesuwa równowagę reakcji dysocjacji:



i trzeci proton może zostać odmiareczkowany. Sumaryczne równanie reakcji jest następujące:



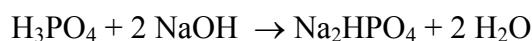
Do wyznaczenia punktu końcowego miareczkowania można zastosować fenoloftaleinę lub tymoloftaleinę.

W roztworze o odczynie słabo kwaśnym mogą współistnieć H_3PO_4 i NaH_2PO_4 . Podczas miareczkowania próbki objętość roztworu NaOH przed dodaniem CaCl_2 ($V_{\text{NaOH przed}}$) jest większa niż po dodaniu chlorku wapnia ($V_{\text{NaOH po}}$). Jony NaH_2PO_4 i Na_2HPO_4 mogą występować obok siebie w roztworze o odczynie obojętnym. W tym wypadku objętość roztworu NaOH przed dodaniem CaCl_2 jest mniejsza niż po dodaniu chlorku wapnia. Nie mogą współistnieć ze sobą H_3PO_4 i Na_2HPO_4 . Rozpatrujemy więc tylko dwa pierwsze przypadki. Sprawdzenie odczynu roztworu papierkiem wskaźnikowym wskazuje, która mieszanina znajduje się w badanej próbce.

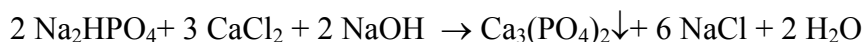
Mieszaninę w kolbie miarowej należy dopełnić do kreski wodą i wymieszać. Do miareczkowania pobierać porcje roztworu pipetą jednomiarową o poj. 25 cm³. Podczas miareczkowania porcji roztworu za pomocą mianowanego roztworu NaOH wobec tymoloftaleiny zachodzą reakcje:

I przypadek – kwas fosforowy i diwodorofosforan sodu

(odczyn słabo kwaśny, $V_{\text{NaOH przed}} > V_{\text{NaOH po}}$)

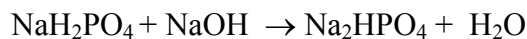


Jeśli teraz do próbki wprowadzi się CaCl₂, to zajdzie reakcja:

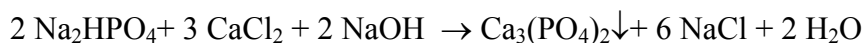


II przypadek - diwodorofosforan sodu i wodorofosforan disodu

(odczyn obojętny, $V_{\text{NaOH przed}} < V_{\text{NaOH po}}$)



Jeśli teraz do próbki wprowadzimy CaCl₂ to zajdzie reakcja:



Możemy więc zapisać:

I przypadek

x_1 – liczba moli H₃PO₄

x_2 – liczba moli NaH₂PO₄

n_1 – liczba moli NaOH w miareczkowaniu bez CaCl₂

n_2 – liczba moli NaOH w miareczkowaniu po dodaniu CaCl₂

$$2x_1 + x_2 = n_1$$

$$x_1 + x_2 = n_2$$

$$x_1 = 0,5 \cdot (n_1 - x_2)$$

$$0,5 \cdot n_1 - 0,5 \cdot x_2 + x_2 = n_2$$

$$0,5 \cdot x_2 = n_2 - 0,5 \cdot n_1$$

$$x_2 = 2n_2 - n_1$$

$$x_1 = n_1 - n_2$$

II przypadek

x_3 – liczba moli NaH_2PO_4

x_4 – liczba moli Na_2HPO_4

n_3 – liczba moli NaOH w miareczkowaniu bez CaCl_2

n_4 – liczba moli NaOH w miareczkowaniu po dodaniu CaCl_2

$$x_3 = n_3$$

$$x_3 + x_4 = n_4$$

$$x_4 = n_4 - n_3$$

Liczbę moli NaOH oblicza się znając stężenie (w mol/dm^3) i objętość roztworu (dm^3) zużytego na odmiareczkowanie substancji o charakterze kwaśnym.

$$n_i = c_{\text{NaOH}} \cdot V_i$$

5. Sprawdza się odczyn roztworu za pomocą papierka wskaźnikowego oraz objętość titranta przed i po dodaniu CaCl_2 :

- Słabo kwaśny, $V_{\text{NaOH przed}} > V_{\text{NaOH po}}$

Skład próbki - kwas fosforowy i diwodorofosforan sodu

Uwzględniając masy molowe kwasu fosforowego i diwodorofosforanu sodu, oraz pamiętając, jaką część całej próbki wzięto do oznaczenia, oblicza się masę poszczególnych składników mieszaniny.

Ilość kwasu fosforowego:

$$m_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 10 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot (V_1 - V_2) \cdot M_{\text{H}_3\text{PO}_4}$$

Ilość diwodorofosforanu sodu:

$$m_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} = 10 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot (2V_2 - V_1) \cdot M_{\text{NaH}_2\text{PO}_4}$$

- obojętny, $V_{\text{NaOH przed}} < V_{\text{NaOH po}}$

Skład próbki – diwodorofosforan sodu i wodorofosforan disodu

Uwzględniając masy molowe diwodorofosforanu sodu i wodorofosforanu disodu oraz pamiętając, jaką część całej próbki wzięto do oznaczenia, oblicza się masę poszczególnych składników mieszaniny.

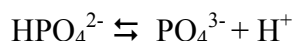
Ilość diwodorofosforanu sodu:

$$m_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} = 10 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot V_3 \cdot M_{\text{NaH}_2\text{PO}_4}$$

Ilość wodorofosforanu disodu:

$$m_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = 10 \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot (V_4 - V_3) \cdot M_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}$$

6. Dodanie do roztworu kwasu fosforowego jonu, który strąca trudno rozpuszczalny fosforan np. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ lub Ag_3PO_4 wpływa na trzeci stopień dysocjacji:



Usunięcie jonu PO_4^{3-} z roztworu przesuwa równowagę reakcji w prawo i trzeci proton może zostać odmiareczkowany. Roztwór miareczkowany musi być rozcieńczony, by nie wytrącał się wodorofosforan wapnia.

ROZWIĄZANIE ZADANIA 2

1. Rozróżnienie substancji - tok rozumowania

Aby odróżnić podane substancje należy wykorzystać różnicę w ich właściwościach fizycznych i chemicznych:

- 1) sprawdzić ich rozpuszczalność w wodzie zimnej i gorącej, ew. w alkoholu.
- 2) sprawdzić ich rozpuszczalność w:
- HCl – rozpuszczają się związki zawierające grupę aminową tj. substancje **1, 3, 6, 7, 8 i 9**. Pozostałe substancje nie ulegają rozpuszczeniu. Substancje rozpuszczalne w kwasie to **grupa I**, a nierozpuszczalne: **2, 4, 5 i 10 – grupa II**
 - NaOH - rozpuszczają się związki zawierające grupę fenolową i (lub) karboksylową. Z substancji nierozpuszczalnych w kwasie (**grupa II**) w roztworze NaOH rozpuszczają się substancje **2, 5 i 10 – grupa IIa**. Nierozpuszczalna jest jedynie fenacetyna (substancja **4**).
- 2a) **Fenacetyna** (substancja **4**) jako jedyna nie rozpuszcza się ani w roztworze NaOH, ani w roztworze HCl; rozpuszcza się jedynie w etanolu i na podstawie tych właściwości może być **jednoznacznie zidentyfikowana**.
- 2b) Z substancji rozpuszczalnych w kwasie (**grupa I**) w roztworze NaOH rozpuszczają się substancje **1, 6, 8 i 9 – grupa Ia**. Nierozpuszczalne są substancje **3 i 7**. Substancja **3** nie rozpuszcza się w NaOH na zimno, rozpuszcza się natomiast po ogrzaniu z wydzieleniem amoniaku. Jest to charakterystyczne dla amidu (reakcji takiej ulegają również nityle, ale nie są one obecne w badanym zestawie). Wymienione właściwości substancji pozwalają na **jednoznaczną identyfikację witaminy PP**.
- 2c) **Benzokaina** (substancja **7**) jest rozpuszczalna jedynie w HCl (**grupa I**), a nierozpuszczalna w roztworze NaOH nawet po podgrzaniu i na podstawie tych właściwości może być **jednoznacznie zidentyfikowana**.
- 2d) **Grupa IIa** (substancje nierozpuszczalne w HCl, rozpuszczalne w NaOH)
- Odróżnienie substancji **2** od **5 i 10** polega na ogrzaniu substancji z NaOH. Jedynie substancja **2** ulegnie deacetylacji, w związku z czym zakwaszenie roztworu powoduje wydzielanie kwasu octowego, wykrywanego po charakterystycznym zapachu lub papierkiem wskaźnikowym u wylotu próbówki. Postępowanie to prowadzi do **jednoznacznej identyfikacji paracetamolu**.
- 3) Sprawdzić, które substancje reagują z FeCl₃, tworząc zabarwienie charakterystyczne dla grupy fenolowej.

3a) **Grupa Ia** (substancje rozpuszczalne w HCl, rozpuszczalne w NaOH)

rozdzielenie substancji **1, 6, 8 i 9**

Substancja **1** tworzy z FeCl_3 charakterystyczne zabarwienie, a substancje **6, 8 i 9** tego zabarwienia nie dają (**grupa Iaa**). Ta własność pozwala *jednoznacznie zidentyfikować* substancję **1** jako **PAS**

3b) **Grupa IIa** (substancje nierozpuszczalne w HCl, rozpuszczalne w NaOH).

Rozdzielenie substancji **5 i 10**

I Do rozcieńczonego roztworu FeCl_3 dodaje się kilka kropli alkoholowego roztworu substancji **5**.

Powstające intensywne, fioletowe zabarwienie pozwala *jednoznacznie zidentyfikować* kwas **salicylowy**.

II Do rozcieńczonego roztworu FeCl_3 dodaje się kilka kropli alkoholowego roztworu substancji **10**.

Wynikiem tej reakcji jest jedynie nagle zabarwienie żółto-brunatne, co w sposób *jednoznaczny* charakteryzuje **metylparaben**.

4) Sprawdzić, które substancje (rozpuszczalne w HCl) ulegają diazowaniu i sprzęganiu z rozpuszczonym w NaOH **paracetamolem**, z utworzeniem barwnych połączeń.

4a) Grupa **Iaa** (substancje rozpuszczalne w HCl, rozpuszczalne w NaOH, nie wykazujące w reakcji z FeCl_3 fioletowego zabarwienia)

Rozdzielenie substancji **6, 8 i 9**

Substancje **6, 8 i 9** rozpuszczają się w HCl, daje kilka kropli roztworu NaNO_2 i chłodzi pod zimną wodą. Następnie dodaje się roztworu **paracetamolu** w NaOH. Jedynie w przypadku substancji **6** powstaje zabarwienie od utworzonego barwnika azowego.

I Reakcji diazowania ulega **witamina H₁** (substancja **6**), co w połączeniu z innymi cechami pozwala na jej *jednoznaczną identyfikację*.

II **Fenylalanina** i **tyrozyna** nie ulegają reakcji diazowania.

- 5) Sprawdzić, które substancje (rozpuszczalne w HCl i NaOH) ulegają sprzęganiu z utworzeniem barwnych połączeń, z solami diazoniowymi utworzonymi z PAS lub z witaminy H₁.

Rozróżnienie substancji **8** i **9**.

Substancję **1** lub **6** rozpuszcza się w HCl, dodaje kilka kropli roztworu NaNO₂ i chłodzi pod zimną wodą. Następnie dodaje się roztworu substancji **8** lub **9** w NaOH. Jedyne w przypadku substancji **9** powstaje zabarwienie od utworzonego barwnika azowego.

- **Fenylalanina** (substancja **8**) nie ulega reakcji diazowania ani sprzęgania, co po uwzględnieniu jej pozostałych cech *jednoznacznie* ją *identyfikuje*.
- **Tyrozyna** (substancja **9**) nie ulega reakcji diazowania, ale ulega reakcji sprzęgania, co w połączeniu z innymi cechami również *jednoznacznie* ją *identyfikuje*.

2. Nazwy systematyczne związków

1. kwas 4-amino-2-hydroksybenzoesowy, kwas 4-amino-2-hydroksybenzenokarboksylowy
2. N-(4-hydroksyfenylo)acetamid, 4-(acetyloamino)fenol
3. pirydino-3-karboksyamid, 3-pirydynokarboksyamid
4. N-(4-etoksyfenylo)acetamid, 4-etoksyacetanilid
5. Kwas 2-hydroksybenzoesowy, kwas 2-hydroksybenzenokarboksylowy
6. Kwas 4-aminobenzoowy, kwas 4-aminobenzenokarboksylowy
7. 4-aminobenzoosan etylu, 4-aminobenzenokarboksylan etylu
8. Kwas 2-amino-3-fenylopropionowy
9. Kwas 2-amino-3-(4-hydroksyfenylo)propionowy
10. 4-hydroksybenzoosan metylu, 4-hydroksybenzenokarboksylan metylu

3. Identyfikacja substancji organicznych

PRZYKŁADOWY ZESTAW SUBSTANCJI:

A – PAS

C – Kwas salicylowy

E – Metyloparaben

B – Witamina PP

D – Paracetamol

F – Tyrozyna

Probówka A – substancja nierozpuszczalna w wodzie, rozpuszczalna w NaOH i kwasie solnym. Z roztworem FeCl_3 tworzy fioletowo-czerwone zabarwienie, charakterystyczne dla grupy fenolowej. W kwaśnym roztworze ulega reakcji diazowania za pomocą azotanu(III) sodu w niskiej temperaturze, a następnie reakcji sprzęgania z substancją o charakterze fenolu, np. z paracetamolem. Po zalkalizowaniu roztworu pojawia się czerwone zabarwienie.

Wniosek – probówka A zawiera **kwas 4-aminosalicylowy (PAS)** *Uzasadnienie 3a*

Probówka B – substancja rozpuszczalna w kwasie i alkoholu. Ogrzewana z roztworem NaOH wydziela amoniak (zbliżony do wylotu probówki zwilżony papierek uniwersalny niebieszczeje). Z wymienionych substancji tylko amid daje taką reakcję. Substancja ta nie wykazuje charakterystycznej reakcji z FeCl_3 .

Wniosek – probówka B zawiera **witaminę PP – amid kwasu nikotynowego** *Uzasadnienie 2b*

Probówka C – substancja nierozpuszczalna w wodzie i kwasie solnym, rozpuszczalna w NaOH i etanolu. W reakcji z FeCl_3 tworzy fioletowe zabarwienie. Nie ulega reakcji diazowania ani sprzęganiu z solą diazoniową PAS.

Wniosek – probówka C zawiera **kwas salicylowy**. *Uzasadnienie 3bI*

Probówka D – substancja nierozpuszczalna w wodzie zimnej, rozpuszczalna w wodzie gorącej i etanolu, rozpuszczalna w NaOH, nierozpuszczalna w kwasie solnym. Po ogrzaniu z NaOH, a następnie zakwaszeniu wydziela kwas octowy. Wykazuje pozytywny wynik w próbie z FeCl_3 , nie ulega reakcji diazowania, ale ulega sprzęganiu z solą diazoniową PAS.

Wniosek – probówka D zawiera **paracetamol**. *Uzasadnienie 2a*

Probówka E – substancja nierozpuszczalna w wodzie zimnej, rozpuszczalna w wodzie gorącej i etanolu, rozpuszczalna w NaOH, nierozpuszczalna w kwasie solnym. W reakcji z FeCl_3 wykazuje żółto-brunatne zabarwienie, nie ulega reakcji diazowania, ale ulega sprzęganiu z solą diazoniową PAS.

Wniosek – probówka E zawiera **metyloparaben** *Uzasadnienie 3bII*

Probówka_F – substancja nierozpuszczalna w wodzie zimnej, słabo rozpuszczalna w wodzie gorącej i etanolu, rozpuszczalna w NaOH, rozpuszczalna w kwasie solnym. Wykazuje negatywny wynik w próbie z FeCl_3 . Nie ulega reakcji diazowania, ale ulega sprzęganiu z solą diazoniową PAS.

Wniosek – probówka F zawiera **tyrozynę**. *Uzasadnienie 5*