




Jakie czynniki wpływają na stan równowagi w reakcji estryfikacji?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jakie czynniki wpływają na stan równowagi w reakcji estryfikacji?

Równowaga chemiczna, w ujęciu kinetycznym, to stan, do którego dąży układ w miarę przebiegu reakcji odwracalnej.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Estry to związki chemiczne, które powstają w wyniku estryfikacji. Jest to przykład reakcji odwracalnej, która zachodzi łatwo w obecności m.in. stężonego kwasu siarkowego(VI). Jego właściwości higroskopijne powodują, że absorbuje on (wiąże chemicznie) powstałą w wyniku estryfikacji wodę, która jednak nie jest tu najważniejszym produktem. Głównym celem jest wytworzenie estrów. W wyniku „zabierania” wody ze środowiska reakcji następuje przesunięcie równowagi w stronę produktów. Uzasadnienie takiego przebiegu estryfikacji znajduje się w zasadach reguły przekory. W następnej części materiału dowiesz się o tym jeszcze więcej.

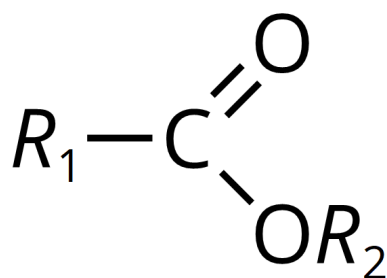
Twoje cele

- Usystematyzujesz podstawowe informacje dotyczące estrów.
- Zanalizujesz, jakie działania praktyczne pozwalają wyprodukować więcej estru w reakcji estryfikacji
- Wyjaśnisz pojęcie równowagi i stałej równowagi chemicznej K .
- Obliczysz stałą równowagi K w różnych typach zadań.
- Skonstruujesz wirtualny zestaw do estryfikacji.

Przeczytaj

Budowa estrów

Estry należą do grupy związków organicznych. Powstają w wyniku reakcji kondensacji kwasów z alkoholami lub fenolami. Ich wzór ogólny to R_1COOR_2 .

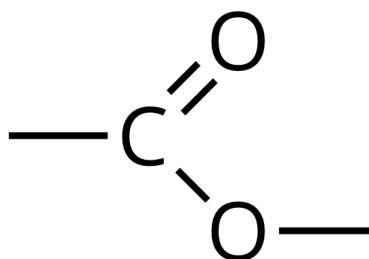


gdzie:

R_1 – grupa węglowodorowa pochodząca od kwasu karboksylowego;

R_2 – grupa węglowodorowa pochodząca od alkoholu lub fenolu. Grupa funkcyjna nosi nazwę grupy estrowej —COO—.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



W związkach chemicznych, zaliczanych do estrów, występuje grupa funkcyjna zwana grupą estrową —COO—.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Estryfikacja

Reakcję chemiczną, podczas której powstają estry, nazywamy [estryfikacją](#). Substratami są kwas i alkohol (lub fenol), a produktami ester i woda. Reakcja przebiega w obecności stężonego kwasu siarkowego(VI), umożliwiającego przebieg reakcji.

Ogólny schemat równania reakcji estryfikacji

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

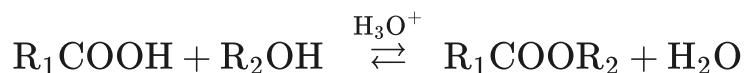
Równowaga chemiczna

W układzie chemicznym nie zachodzą makroskopowo żadne zmiany. Jest to stan, w którym prędkość estryfikacji jest równa prędkości reakcji do niej odwrotnej – [hydrolizie](#) estrów. Produkty i substraty są wtedy w równowadze.



Stała równowagi K dla estryfikacji

Jeśli ogólne równanie reakcji estryfikacji zapisuje się:



to stała równowagi wynika wówczas ze stężenia reagentów w stanie równowagi.

W przypadku estryfikacji stała równowagi ma postać:

$$K = \frac{[R_1COOR_2][H_2O]}{[R_1COOH][R_2OH]}$$

Jakie czynniki wpływają na stan równowagi estryfikacji?

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Sposoby przesuwania równowagi w kierunku produktów

Estryfikacja jest bardziej efektywna, jeśli:

- zastosuje się nadmiar jednego z substratów;
- odbiera się ze środowiska reakcji tworzący się ester;
- odbiera się ze środowiska reakcji tworzącą się wodę.

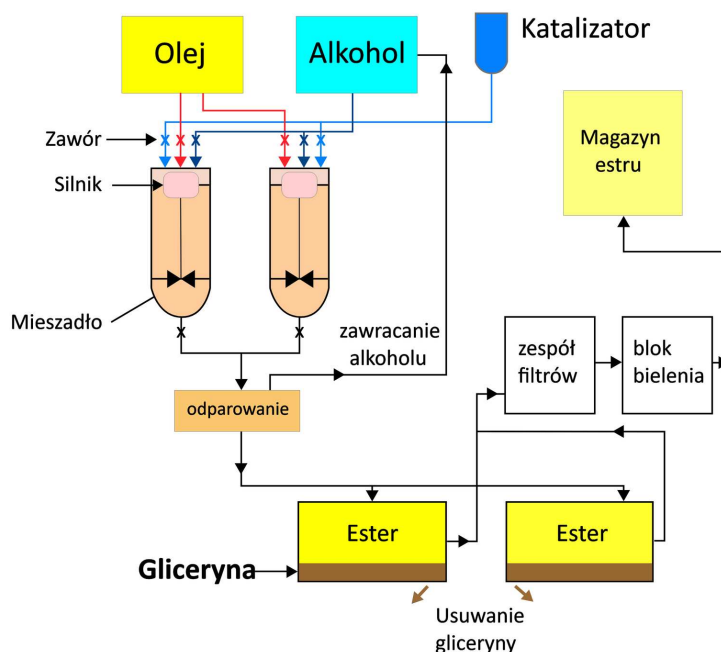


Jednym ze sposobów usuwania wody w estryfikacji jest oddestylowanie lub zastosowanie substancji higroskopijnych (np. kwasu siarkowego(VI) H_2SO_4).

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Zastosowanie powyższych metod pozwala zwiększyć ilość otrzymywanego estru. W innym przypadku skuteczność procesu będzie na poziomie około 60%.

Ciekawostka



W przemyśle praktyczne zastosowanie omówionych czynników wykorzystano w transestryfikacji. Aby osiągnąć wysoki stopień konwersji estrów, zastosowano duży nadmiar metanolu. Na powyższym schemacie przedstawiono proces produkcji estrów olejów roślinnych (transestryfikacja). W pierwszym etapie do naczynia reakcyjnego, wyposażonego w mieszadło, wprowadzone zostają reagenty (olej i alkohol) oraz katalizator. W drugim etapie zawartość reaktora zostaje oddestylowana (następuje odparowanie alkoholu, który nie przereagował). W kolejnym etapie frakcja glicerynowa i estrowa ulegają rozwarstwieniu. Na samym końcu całego procesu frakcja estrowa zostaje oczyszczona oraz magazynowana.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., opracowano na podstawie Podkówka W. (praca zbiorowa): *Biopaliwo, gliceryna, pasza z rzepaku*, Wyd. Uczelniane Akademii Techniczno – Rolniczej, Bydgoszcz 2004, licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

estry

(niem. *Essigäther* „octan etylu”; *Essig* „ocet”; *Äther* „eter”) grupa organicznych związków chemicznych; powstają w wyniku estryfikacji; powstają z kwasów (kwasy karboksylowe lub kwasy nieorganiczne) i alkoholi lub fenoli

estryfikacja

reakcja chemiczna, w której powstają estry; przykłady niektórych sposobów otrzymywania estrów:

- przez substytucję nukleofilową chlorków lub bezwodników kwasowych alkoholami;
- przez substytucję nukleofilową kwasów karboksylowych alkoholami (katalizator kwas nieorganiczny)

hydroliza

(gr. *hýdōr* „woda”; *lýsis* „rozłożenie”) reakcja zachodząca pomiędzy substancją rozpuszczoną a rozpuszczalnikiem (w tym przypadku wodą); ulegają jej związki organiczne i nieorganiczne

konwersja

w technologii chemicznej jest to określenie procesów, które mają na celu zmianę właściwości przekształcanych materiałów w wyniku różnych reakcji chemicznych; jest prowadzona w specjalnych aparatach (zwykle w wysokiej temperaturze, pod wysokim ciśnieniem lub z użyciem katalizatorów)

reakcja kondensacji

w chemii – rodzaj reakcji; dochodzi w niej do połączenia substratów w większą cząsteczkę. Powstaje tzw. produkt główny. Wynikiem reakcji mogą być również małe cząsteczki produktu/produktów o drugorzędym znaczeniu

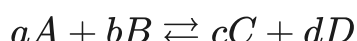
Reguła przekory Le Châtelier

(czyt. lö szatölję) po wprowadzeniu zmiany do układu w stanie równowagi, następuje przesunięcie położenia równowagi w kierunku przeciwdziałającym tej

zmianie

stała równowagi reakcji chemicznej [K]

stosunek iloczynu równowagowych stężeń (lub ułamków molowych, albo ciśnień cząstkowych) produktów reakcji chemicznej, podniesionych do potęg równych ich współczynnikom stechiometrycznym do iloczynu równowagowych stężeń (lub ułamków molowych, albo ciśnień cząstkowych) substratów w odpowiednich potęgach

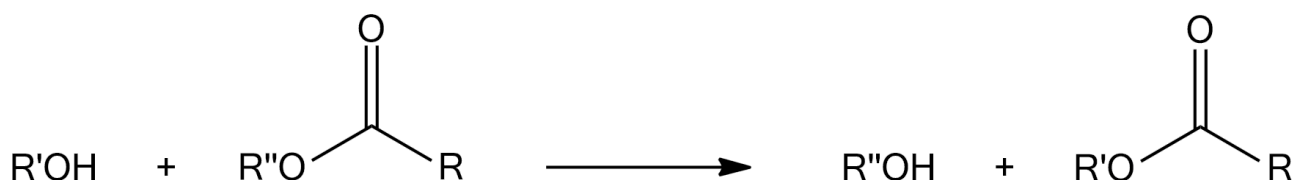


$$K_C = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

gdzie: $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$ – stężenia molowe substancji A , B , C , D w stanie równowagi chemicznej $\left[\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \right]$

transestryfikacja

otrzymywanie nowego estru w wyniku reakcji chemicznej innych estrów z alkoholami (alkoholiza), kwasami (acydoliza) lub innymi estrami



Przykładem transestryfikacji jest reakcja chemiczna alkoholu z estrem, w której produktami jest inny alkohol i inny ester.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Bibliografia

Bose K. S., Roy S., *Principles of Metallurgical thermodynamics*, 2014.

Grabowska B., *Wykład 3. Termodynamika a kinetyka chemiczna*, Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych, WO AGH.

Liu Y., Lotero E., Goodwin J., *Effect of water on sulfuric acid catalyzed esterification*. „Journal of Molecular Catalysis A”, 245, pp. 132–140.

Pigoń K., Ruziewi Z., *Chemia Fizyczna*, Warszawa 2014.

Smith E. B., *Basic chemical thermodynamics*, Londyn 2014.

Pisarek S., *Praca doktorska. Nowe pochodne i analogi protoporfiny IX*, Instytut Chemii Organicznej, Polska Akademia Nauk, Warszawa 2013.

Materiały do ćwiczeń laboratoryjnych z chemii organicznej dla studentów biologii. Wydanie II poprawione i uzupełnione, pod red. A. Jarczewskiego, Zakład Chemii Ogólnej Wydziału Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań 2007.

Ptak S., Roczkowska M., Żarski A., Kapuśniak J., *Esterification of starch with fatty acids. New opportunities and challenges. Estryfikacja skrobi kwasami tłuszczowymi. Nowe możliwości i wyzwania*, Akademia im. Jana Długosza, Częstochowa; Politechnika Łódzka, DOI: dx.medra.org

Preparatyka organiczna. Skrypt dla studentów Farmacji Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Analityki Medycznej, Katedra i Zakład Chemii Organicznej, Wrocław 2014.

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Poniższa grafika przedstawia wpływ poszczególnych czynników na stan równowagi w reakcji między kwasem octowym a etanolem. Zastanów się, jakie czynniki wpływają na zmianę stanu równowagi reakcji? Czy reakcja estryfikacji jest reakcją odwracalną? Czy jest to proces endotermiczny, czy egzotermiczny?

Czynniki wpływające na stan równowagi w reakcji estryfikacji

Źródło: GroMar Sp. z o.o., Grabowska B., Wykład 3. Termodynamika a kinetyka chemiczna, Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych, WO AGH., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 1



Reakcja estryfikacji jest reakcją

egzotermiczną

endotermiczną

Ćwiczenie 2



Jak wpływa na stan równowagi chemicznej dodanie katalizatora?

Katalizator nie wpływa na stan równowagi chemicznej.

Przesunie stan równowagi chemicznej w prawo.

Przesunie stan równowagi chemicznej w lewo.

Ćwiczenie 3



Odpowiedz, jak na stan równowagi chemicznej wpłynie oddestylowanie wody z mieszaniny reakcyjnej podczas rozpoczętej reakcji estryfikacji?

Odpowiedź:

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawną odpowiedź.

Równowaga chemiczna zachodzi gdy:

Prędkość estryfikacji jest większa niż prędkość hydrolizy estrów.

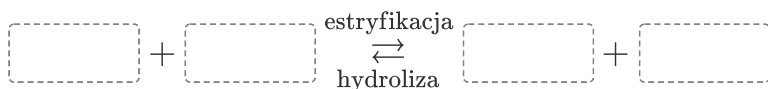
Prędkość estryfikacji jest mniejsza niż prędkość hydrolizy estrów.

Prędkość estryfikacji jest równa prędkości hydrolizy estrów.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij ogólne równanie reakcji chemicznej, które przedstawi zależność pomiędzy estryfikacją a hydrolizą.



alkohol

ester

woda

kwas karboksylowy

Ćwiczenie 3



Synteza octanu izoamylu (octan 3-metylo-1-butylu) jest przykładem klasycznej reakcji estryfikacji typu kwas karboksylowy plus alkohol. Tego związku używa się jako rozpuszczalnika dla wielu substancji organicznych oraz w perfumerii. Zapisz równanie estryfikacji, pamiętając o zastosowaniu związku chemicznego przyspieszającego osiągnięcie stanu równowagi.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 4



Z podanych elementów skonstruuj zestaw, który pozwoli zwiększyć skuteczność estryfikacji poprzez odprowadzanie jednego z produktów.







Ćwiczenie 5



Reakcja odwracalna została przedstawiona równaniem:



Substraty i produkty reakcji w stanie równowagi były odpowiednio:

$$C_A = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$C_B = 1,0 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$C_C = 2,0 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Oblicz:

1. stałą równowagi;
2. stężenia wyjściowe substancji A i B.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Wzrost temperatury przesuwa położenie . Zgodnie z brzmieniem , następuje równoczesna zmiana wartości K_C . W przypadku zmiany stężenia, następuje zmiana przy zachowaniu tej samej wartości K_C .

równowagi chemicznej

stałej równowagi

równowagi chemicznej

stałej równowagi

reguły przekory

Ćwiczenie 7



Mieszanina równowagowa (x) została otrzymana w wyniku reakcji 1 mola kwasu i 1 mola alkoholu. Przykłady zawartości estru wynoszą odpowiednio:

$$x = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

alkohol	kwas	K	zawartość estru x [%]
metylowy	octowy	5,24	69,60
etylowy	octowy	3,96	66,60
allilowy	octowy	2,18	59,60
izobutyłowy (3-metylopropylowy)	mrówkowy	3,22	64,20
izobutyłowy (3-metylopropylowy)	piwalowy	7,06	72,70
izobutyłowy (3-metylopropylowy)	4-toluilowy	10,62	76,50

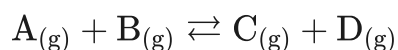
W oparciu o powyższą tabelę oraz zdobytą wiedzę podaj trzy przykłady działań praktycznych, zwiększających ilość uzyskanego estru.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8



Jeżeli w zamkniętym reaktorze, o stałej objętości, zostanie przeprowadzona reakcja chemiczna, w której bierze udział po jednym molu substratów A oraz B, to po pewnym czasie ustali się stan równowagi chemicznej:

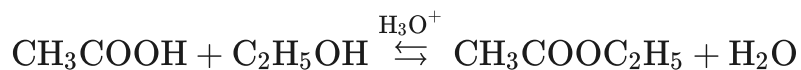


Wówczas liczbę moli reagentów na różnych etapach reakcji można obliczyć, korzystając z zależności zamieszczonych w tabeli poniżej.

reagent	liczba moli początkowych n_0 [mol]	liczba moli zużytych w reakcji x [mol]	liczba moli w stanie równowagi n_R [mol]
A	1	x	$1 - x$
B	1	x	$1 - x$
C	0	x	x
D	0	x	x

Prowadzono estryfikację w zamkniętym pojemniku o objętości 100 cm^3 . Użyto 2 mole CH_3COOH oraz 3 mole $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Oblicz masę powstałego estru, jeżeli stała równowagi reakcji wynosiła 4. Podaj jego nazwę.

Równanie reakcji:



Uzupełnij tabelę na podstawie równania reakcji (za niewiadomą przyjmij „x”):

reagenty	przed reakcją [mol]	po reakcji [mol]
$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
H_2O	<input type="text"/>	<input type="text"/>
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
CH_3COOH	<input type="text"/>	<input type="text"/>

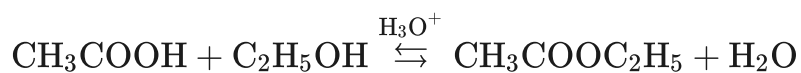
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 9



Reakcja estryfikacji zaszła zgodnie z równaniem:



Wiadomo, że w reakcji użyto 30 g kwasu octowego i 46 g etanolu. Po osiągnięciu stanu równowagi otrzymano 33,6 g octanu etylu. Oblicz stałą równowagi tej estryfikacji.

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Danuta Jyż-Kuroś

Przedmiot: chemia

Temat: Jakie czynniki wpływają na stan równowagi w estryfikacji?

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

XVII. Estry i tłuszcze. Uczeń:

4) wskazuje wpływ różnych czynników na położenie stanu równowagi reakcji estryfikacji lub hydrolizy estru.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje w zakresie wielojęzyczności;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- systematyzuje podstawowe informacje dotyczące estrów;
- analizuje jakie działania praktyczne pozwalają wyprodukować więcej estru w estryfikacji;
- wyjaśnia pojęcie równowagi chemicznej i stała równowagi chemicznej K ;
- liczy stałą równowagi chemicznej K w różnych typach zadań;
- konstruuje wirtualny zestaw do estryfikacji.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm.

Metody i techniki nauczania:

- metoda rozwiązywania problemów.

Formy pracy:

- praca w grupach.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- materiały służące do stworzenia tabeli powtórzeniowej (kartka A4, karteczki samoprzylepne w różnych kolorach).

Przed lekcją:

Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z blokiem tekstowym do omawianego tematu.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel prosi wszystkich uczniów o wymienienie na kartkach trzech czynników wpływających na stan równowagi w reakcji estryfikacji. Uczniowie mają wybrać te, które według nich pozwolą im uzyskać jak najwięcej estru. Następnie nauczyciel łączy uczniów w zespoły wybierając do grupy te osoby, które dokonały takiego samego wyboru.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel informuje, że będą poszukiwać rozwiązania problemu: jakie są czynniki wpływające na stan równowagi estryfikacji?
 2. Nauczyciel informuje, że uczniowie będą pracowali metodą rozwiązywania problemów i w swojej pracy powinni uwzględnić trzy etapy pracy. W drugim etapie pracy prosi uczniów o wykorzystanie medium bazowego.
- Diagnoza problemu: jakie wyróżniamy czynniki mające znaczenie dla przebiegu reakcji chemicznych? Które z nich mają znaczenie w przypadku estryfikacji?
 - Poszukiwanie rozwiązania problemu: jaki wpływ ma dany czynnik na stan równowagi w estryfikacji? Jaka jest ilość otrzymanego estru w przypadku modyfikacji danego czynnika?
 - Wybór rozwiązania: jakie czynności powinno się wykonać w celu uzyskania jak największej ilości estru? Jakich modyfikacji należy unikać? Przygotowanie tabeli powtórzeniowej.

3. Czas pracy nad tabelą: 20 minut. Zasady tworzenia tabeli:

- ma zawierać wszystkie czynniki wpływające na stan równowagi estryfikacji;
 - ma określać, czy dany czynnik lub jego brak ma pozytywne bądź negatywne skutki dla przebiegu procesu;
 - ma być funkcjonalna w czasie powtarzania informacji dotyczących tego zagadnienia (samoprzylepne karteczki można przyczepiać wielokrotnie i utrwałać materiał układając tabelę ponownie);
 - powinna być przygotowywana wersja tabeli sprawdzająca (np. w formie zwykłego zapisu).
4. Po przygotowaniu tabeli przez poszczególne grupy, każda prezentuje wyniki swojej pracy przez maksymalnie trzy minuty. Przedstawia analizę zalet i wad swojego rozwiązania. W czasie pracy grup, nauczyciel monitoruje postęp pracy, pomaga rozwiązać problemy merytoryczne i techniczne, zwraca uwagę na wykonanie obu części zadania tabeli “do sprawdzenia” i tabeli “do uczenia się”. Jeśli któraś grupa zakończy pracę przed innymi – zaleca skorzystanie z zadań do medium bazowego w celu utrwalenia wiadomości i umiejętności. W czasie prezentacji wyników pracy dba o poprawność merytoryczną i podkreśla zalety każdej tabeli.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują zadania dołączone do tematu jako formę utrwalenia wiadomości i umiejętności z lekcji.

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – sprawdź się.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Medium może być wykorzystane:

- zgodnie z propozycją zawartą w scenariuszu;
- dla uczniów nieobecnych na lekcji jako formę uzupełnienia wiadomości;
- na lekcji z doradcą zawodowym, dotyczącej zawodów związanych z przemysłem, w których wykorzystuje się wiedzę z nauk ścisłych.

Materiały pomocnicze:

Materiały dla osób szczególnie zainteresowanych tematem:

- <http://www2.chemia.uj.edu.pl/~zcho/dydaktyka/synteza.pdf>
- <http://bcpw.bg.pw.edu.pl/Content/6230/dbcho.pdf>