



Jak zmienia się entalpia układu podczas rozpuszczania substancji?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak zmienia się entalpia układu podczas rozpuszczania substancji?

Sól kuchenna rozpuszcza się w wodzie, czemu towarzyszy efekt endotermiczny.

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

Rozpuszczenie soli kuchennej w szklance wody spowoduje pewien efekt cieplny. Jak myślisz, szklanka z wodą ociepli się czy oziębi? Spróbuj samodzielnie przeprowadzić takie doświadczenie. Podczas rozpuszczania różnych substancji w wodzie, energia układu się zmienia. Zmiana tej energii to efekt cieplny towarzyszący procesowi rozpuszczania. Substancje rozpuszczają się zatem z efektem egzotermicznym lub endotermicznym. Od czego zależy efekt energetyczny rozpuszczania soli kuchennej oraz innych substancji w wodzie?

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest ciepło rozpuszczania.
- Porównasz efekty energetyczne towarzyszące procesowi rozpuszczania różnych substancji w wodzie.
- Określisz efekt energetyczny na podstawie zmian temperatury podczas rozpuszczania substancji w wodzie.

Przeczytaj

Co to entalpia rozpuszczania?

Procesowi rozpuszczania w wodzie substancji zarówno nieorganicznych, jak i organicznych towarzyszy pewien efekt cieplny. Jest to ciepło rozpuszczania, które jest równoważne entalpii rozpuszczania, jeżeli proces prowadzony jest pod stałym ciśnieniem. W efekcie te dwa pojęcia traktujemy jako synonimy.

Proces rozpuszczania może zatem zachodzić:

- [z efektem egzotermicznym](#), kiedy układ oddaje energię do otoczenia ($\Delta H_r < 0$), obserwuje się wówczas wzrost temperatury układu (rozgrzewanie się układu);
- [z efektem endotermicznym](#), kiedy układ przyjmuje energię z otoczenia ($\Delta H_r > 0$), obserwuje się wówczas obniżenie temperatury układu (chłodzenie się układu).

Poniżej przedstawiono efekt energetyczny, który towarzyszy procesowi rozpuszczania różnych substancji nieorganicznych oraz organicznych w wodzie.



Mapa pojęć pt. „Efekt energetyczny towarzyszący procesowi rozpuszczania różnych substancji nieorganicznych oraz organicznych w wodzie”

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

Czy podczas rozpuszczania danej substancji ciepło się wydziela do otoczenia, czy jest pochłaniane? Od czego to zależy?

Ciepło rozpuszczania zależy od:

- natury chemicznej substancji rozpuszczanej;
- natury chemicznej rozpuszczalnika (w tym przypadku wody);
- od warunków prowadzenia procesu (na przykład ciśnienia);
- od stężenia substancji.

W przypadku rozpuszczania substancji krystalicznych, najpierw zniszczeniu ulega sieć krystaliczna – do czego potrzebne jest pobranie z otoczenia pewnej porcji energii. Energia ta nazywana jest energią sieciową i oznaczana jako E_s . Następnie cząsteczki i jony ulegają solwatacji (hydratacji, gdy rozpuszczalnikiem jest woda), czyli procesowi otaczania cząstek rozpuszczanego związku chemicznego przez cząsteczki rozpuszczalnika. Temu z kolei towarzyszy wydzielanie się energii, która nazywana jest energią solwatacji, oznaczanej jako ΔH_{solw} .

Ciepło rozpuszczania (entalpia rozpuszczania, ΔH_r) to natomiast suma energii sieciowej i energii solwatacji.

$$\Delta H_r = E_s + \Delta H_{\text{solw}}$$

Jeżeli:

- proces solwatacji powoduje wydzielenie większej porcji energii (ΔH_{solw}), niż porcja energii pochłonięta do celu zniszczenia sieci krystalicznej (E_s), proces rozpuszczania będzie sumarycznie egzotermiczny ($\Delta H_r < 0$);
- proces solwatacji powoduje wydzielenie mniejszej porcji energii (ΔH_{solw}), niż porcja energii pochłonięta do celu zniszczenia sieci krystalicznej (E_s), proces rozpuszczania będzie sumarycznie endotermiczny ($\Delta H_r > 0$).

Słownik

entalpia rozpuszczania

wielkość fizyczna będąca funkcją stanu, mająca wymiar energii równej efektowi cieplnemu towarzyszącemu procesowi rozpuszczania 1 mola substancji w porcji rozpuszczalnika (lub roztworu) w warunkach izotermiczno-izobarycznych, może przyjmować zarówno wartości dodatnie, jak i ujemne, w zależności od wartości poszczególnych składowych energii sieciowej i solwatacji (hydratacji)

efekt egzotermiczny

efekt energetyczny procesu zachodzącego z wydzielaniem ciepła do otoczenia; jeśli reakcja biegnie w warunkach adiabatycznych, tzn. gdy układ nie wymienia

ciepła z otoczeniem, to przebiegowi reakcji towarzyszy podwyższenie temperatury układu

efekt endotermiczny

efekt energetyczny procesu zachodzącego z pochłanianiem ciepła z otoczenia do układu; jeśli reakcja biegnie w warunkach adiabatycznych, tzn. gdy układ nie wymienia ciepła z otoczeniem, to przebiegowi reakcji towarzyszy obniżenie temperatury układu

Bibliografia

Ciepło rozpuszczania Q_r związków nieorganicznych w wodzie, online:

<https://romek.info/baza/04-27.html>, dostęp: 19.05.2021.

Ciepło rozpuszczania Q_r związków organicznych w wodzie, online:

<https://romek.info/baza/04-28.html>, dostęp: 19.05.2021.

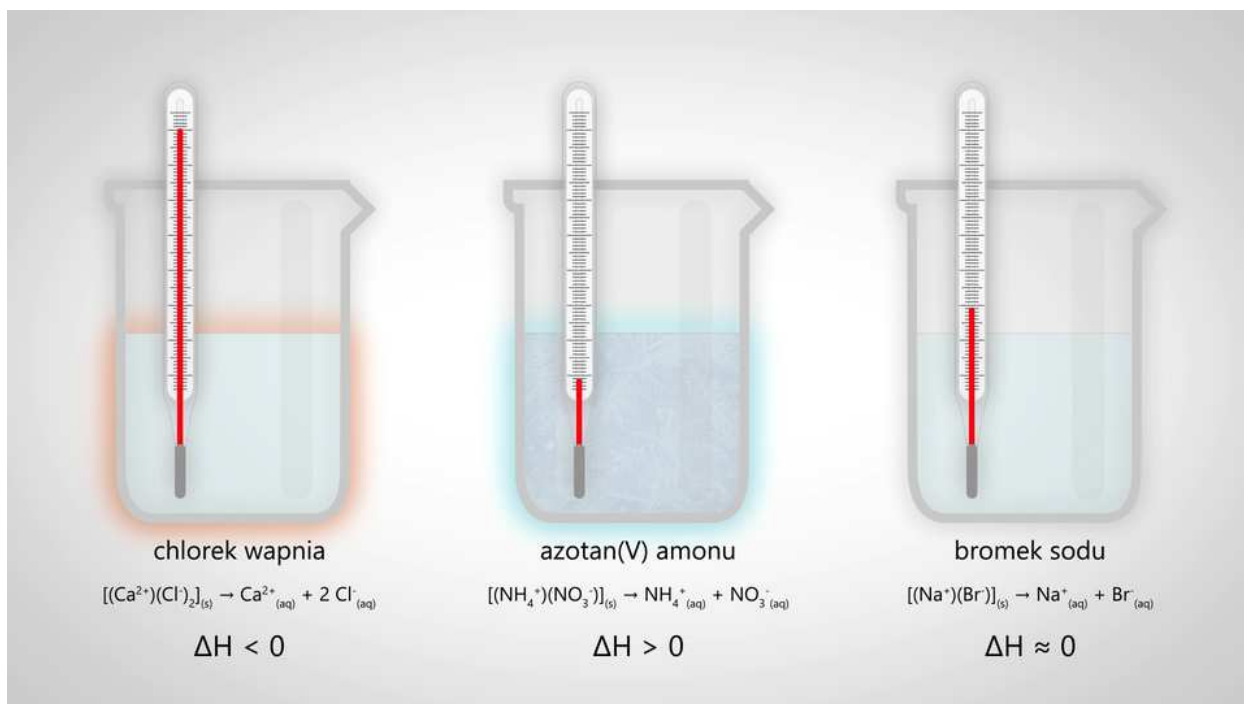
Solarski W., *Entalpia rozpuszczania i neutralizacji. Ćwiczenie V*, online:

http://www.chemia.odlew.agh.edu.pl/dydaktyka/Dokumenty/ChF_WO/Niestacjonarne/cw5_cieplo_rozp.pdf, dostęp: 19.05.2021.

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższym filmem pt. „Jak zmienia się entalpia układu podczas rozpuszczania substancji”, a następnie rozwiąż zadania.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RmWO6qlt4uMFa>

Film samouczek pt. „Jak zmienia się entalpia układu podczas rozpuszczania substancji?”

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

Film nawiązujący do treści materiału – dotyczy zmian entalpii podczas rozpuszczania chlorku wapnia, azotanu(V) amonu i bromku sodu.

Ćwiczenie 1

Oblicz entalpię rozpuszczania 1 mola soli AB_2 w wodzie, wiedząc, że energia sieci krystalicznej związku AB_2 wynosi $200 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$, entalpia solwatacji jonu A^{2+} wynosi $-150 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$, a entalpia solwatacji jonu B^- wynosi $-80 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$. Określ, czy proces rozpuszczania soli AB_2 w wodzie jest procesem endo-, czy egzotermicznym.

Ćwiczenie 2

Zaznacz prawidłową odpowiedź. Które z poniższych wyrażeń opisują efekt energetyczny towarzyszący rozpuszczaniu substancji.

- ΔH_r – sumaryczna entalpia procesu rozpuszczania;
- E_s – energia sieci krystalicznej;
- $\Delta H_{\text{solw.}}$ – entalpia solwatacji.

☐ $\Delta H_r > E_s - \Delta H_{\text{solw}}$

☐ $\Delta H_r = E_s + \Delta H_{\text{solw}}$

☐ $\Delta H_r > E_s + \Delta H_{\text{solw}}$

☐ $\Delta H_r = E_s - \Delta H_{\text{solw}}$

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Entalpia rozpuszczania octanu kwasu salicylowego w wodzie wynosi $35,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$. Określ, czy rozpuszczanie octanu kwasu salicylowego to proces egzotermiczny, czy endotermiczny.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 2



Dokończ poprawnie zdanie.

Po wprowadzeniu amoniaku do wody, stwierdzono, że mieszanina się ochłodziła. Świadczy to o tym, że entalpia rozpuszczania ΔH_r jest: większa od zera ☐ mniejsza od zera ☐ równa zero ☐.

Ćwiczenie 3



Poniżej przedstawiono efekt energetyczny towarzyszący procesowi rozpuszczania różnych substancji nieorganicznych. Znak „+” oznacza efekt endotermiczny, a znak „–” efekt egzotermiczny.

Zaznacz w tabeli, które związki chemiczne, wprowadzone do wody, spowodują wzrost temperatury.

Substancja	Efekt energetyczny podczas rozpuszczania w wodzie	Wzrost temperatury
NaOH	–	☐
KOH	–	☐
Ca(OH) ₂	–	☐
AgNO ₃	+	☐
Al ₂ (SO ₄) ₃	–	☐
BaCl ₂	–	☐
KCl	+	☐
MgSO ₄	–	☐
NaNO ₃	+	☐
NH ₄ Cl	+	☐
NH ₃	–	☐
HCl	–	☐
H ₂ O ₂	–	☐
H ₂ SO ₄	–	☐
H ₂ S	–	☐

Ćwiczenie 4



Dokończ poniższe zdanie.

to proces otaczania jonów rozpuszczonego związku chemicznego przez cząsteczki rozpuszczalnika. Temu procesowi towarzyszy układu otoczenia. Energię tę nazywamy energią i oznaczamy symbolem ΔH_{solw} .

oddawanie energii z

do

dostarczanie energii z

Absorpcja

z

Solvatacja

solwatacji

Adsorpcja

rozpuszczania

otaczania

Ćwiczenie 5



Hydraty to sole nieorganiczne, które w sieci krystalicznej zawierają uwieszone cząsteczki wody. Ilość zhydratowanych cząsteczek wody wpływa na entalpię rozpuszczania tych soli, ponieważ zmienia się jej stężenie. Wraz ze wzrostem ilości cząsteczek wody w sieci krystalicznej, układ dąży coraz bardziej do przyjmowania energii od otoczenia, a nie jej oddawania.

Dopasuj wartości entalpii rozpuszczania do danego hydratu siarczanu(VI) magnezu, przenosząc je w wyznaczone miejsca w tabeli.

Wzór hydratu	Entalpia rozpuszczania $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$
$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
$\text{MgSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	
$\text{MgSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	
$\text{MgSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	

−20,6

−58,7

13,3

−49,0

−2,3

Ćwiczenie 6



Do dwóch probówek wlewo wodę destylowaną o temperaturze 25°C , a następnie wsypano odpowiednio do pierwszej – kwas szczawiowy, a do drugiej – octan amonu. Określ, w której z probówek wzrosła temperatura do 30°C , jeżeli wiesz, że ΔH_r (entalpia rozpuszczania) kwasu szczawiowego wynosi $9,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$, a ΔH_r octanu amonu wynosi $-1,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7



Rozpuszczaniu ciał stałych w wodzie może towarzyszyć wydzielanie lub pochłanianie energii cieplnej. Przeprowadzono doświadczenie zilustrowane na poniższym schemacie:



Schemat doświadczenia

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

Poniższa tabela obrazuje wartości temperatur odczytane z termometru przed i po wykonaniu doświadczenia.

Probówka	Temperatura przed rozpuszczeniem ciała stałego	Temperatura po rozpuszczeniu ciała stałego
I	20 °C	70 °C
II	20 °C	11 °C

Na podstawie: Kałuża B., Kamińska F., *Chemia 3*, Warszawa 1997, s. 22.

Uzupełnij tabelę, przenosząc prawidłowe odpowiedzi, związane z obserwowanymi zmianami temperatury w czasie rozpuszczania ciał stałych w wodzie.

Probówka	Proces rozpuszczania jest. . .	Entalpia
I		

Probówka	Proces rozpuszczania jest. . .	Entalpia
II		

endotermiczny

$\Delta H_r > 0$

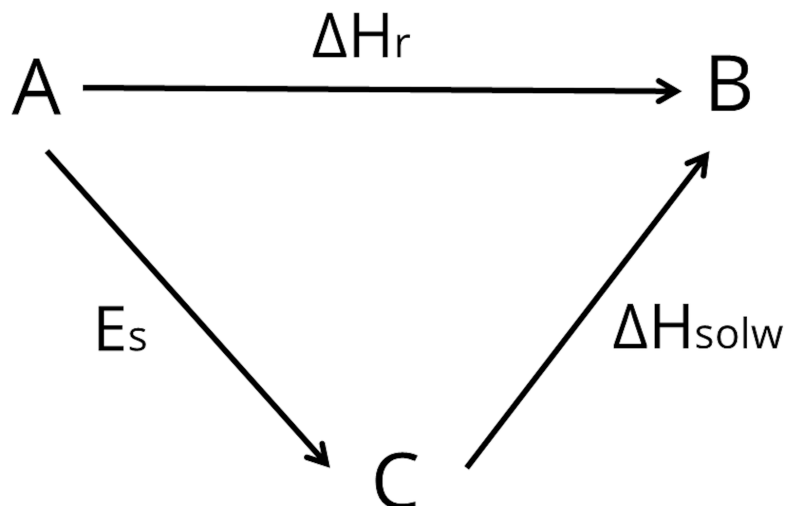
egzotermiczny

$\Delta H_r < 0$

Ćwiczenie 8



Proces rozpuszczania krystalicznych substancji stałych można ująć za pomocą schematu:



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

- ΔH_r – sumaryczna entalpia procesu rozpuszczania,
- E_s – energia sieci krystalicznej,
- $\Delta H_{\text{solw.}}$ – entalpia solwatacji.

Wybierz zależności spośród następujących, a następnie wstaw je w wykropkowane pola tak, aby powyższe zdania były zgodne ze schematem.

Zgodnie ze schematem, proces rozpuszczania substancji A w B można rozdzielić na dwa etapy:

1. Zniszczenie struktury kryształu .

2. Przeniesienie tak powstałych cząstek do rozpuszczalnika i ich solwatacja z udziałem rozpuszczalnika .

$B \rightarrow C$

$A \rightarrow B$

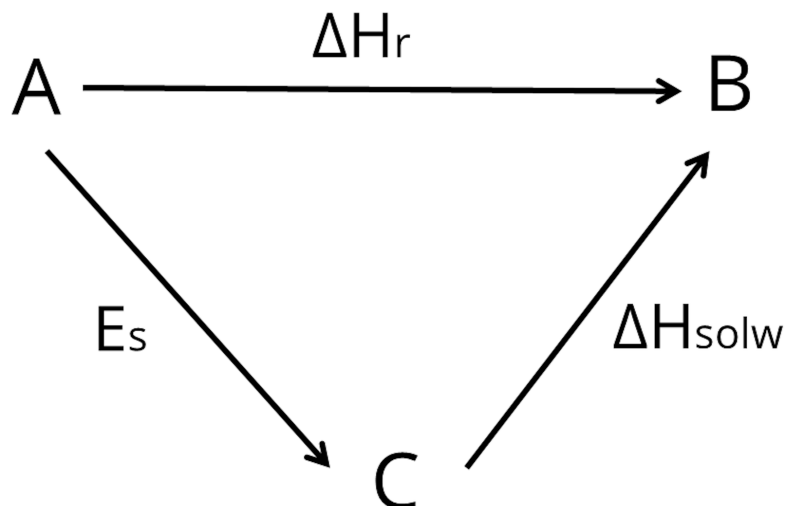
$C \rightarrow B$

$A \rightarrow C$

Ćwiczenie 9



Proces rozpuszczania krystalicznych substancji stałych można ująć za pomocą schematu:



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

- ΔH_r – sumaryczna entalpia procesu rozpuszczania,
- E_s – energia sieci krystalicznej,
- $\Delta H_{\text{solw.}}$ – entalpia solwatacji.

Entalpia rozpuszczania ΔH_r jest równa sumie algebraicznej energii zniszczenia sieci krystalicznej E_s (energii sieci krystalicznej) oraz entalpii solwatacji $\Delta H_{\text{solw.}}$ (entalpii solwatacji).

Efekt cieplny niszczenia sieci krystalicznej jest wielkością endotermiczną (pobiera ciepło z otoczenia), natomiast proces solwatacji (hydratacji) jest egzotermiczny, czyli przebiega z wydzielaniem ciepła.

Różnica tych wielkości decyduje, czy sumarycznie rozpuszczanie jest egzo-, czy endotermiczne.

Wiedząc, że ΔH_r dla sacharozy wynosi $5,76 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$, określ, która z **bezwzględnych** wartości energii – energii sieci krystalicznej E_s czy entalpii solwatacji $\Delta H_{\text{solw.}}$ – jest wielkością większą.

Odpowiedź:

Źródło: Goldberg R. N., Tewari Y. B., Ahluwalia J. C., *Thermodynamics of the hydrolysis of sucrose*, „The Journal of Biological Chemistry” 1989.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Daria Szeliga, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak zmienia się entalpia układu podczas rozpuszczania substancji?

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:

6) stosuje pojęcie entalpii; interpretuje zapis $\Delta H < 0$ i $\Delta H > 0$; określa efekt energetyczny reakcji chemicznej na podstawie wartości entalpii.

Zakres rozszerzony

IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:

11) stosuje pojęcie standardowej entalpii przemiany; interpretuje zapis $\Delta H < 0$ i $\Delta H > 0$; określa efekt energetyczny reakcji chemicznej na podstawie wartości entalpii.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- przeprowadza doświadczenie chemiczne polegające na porównaniu efektu energetycznego towarzyszącemu rozpuszczaniu wodorotlenku potasu oraz azotanu(V) potasu w wodzie;
- wnioskuje o efekcie energetycznym na podstawie zmian temperatury podczas rozpuszczania wodorotlenku potasu oraz azotanu(V) potasu w wodzie;
- wyjaśnia, czym jest ciepło rozpuszczania;
- porównuje efekty energetyczne towarzyszące procesowi rozpuszczania innych substancji w wodzie.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- film samouczek;
- dyskusja dydaktyczna;
- mapa myśli;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;

- technika bateria.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica multimedialna/tablica i kreda/pisak;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Od czego zależy efekt energetyczny rozpuszczania soli kuchennej oraz innych substancji w wodzie?”
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się udzielić odpowiedzi na pytanie: Co to jest entalpia rozpuszczania? Nauczyciel zapisuje definicję na tablicy.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, które będą używane na lekcjach.

Faza realizacyjna:

1. Eksperyment chemiczny – „Badanie efektów cieplnych rozpuszczania wodorotlenku potasu oraz azotanu(V) potasu w wodzie”. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy, rozdaje karty pracy. Uczniowie wybierają odpowiednie szkło, sprzęt laboratoryjny oraz odczynniki chemiczne. Uczniowie samodzielnie wykonują kolejno czynności podane w instrukcji (patrz karta pracy ucznia). Uczniowie obserwują zmiany podczas eksperymentu, wyciągają wnioski (wszystko zapisują w kartach pracy). Nauczyciel monitoruje przebieg pracy uczniów. Na forum całej klasy liderzy grup prezentują efekty pracy. Powrót do fazy wstępnej – uczniowie definiują pojęcie entalpii rozpuszczania na podstawie eksperymentu, a następnie konfrontują definicję podaną w fazie wstępnej i skorygowanie jej, jeżeli zajdzie taka potrzeba.
2. Nauczyciel proponuje w parach pracę z filmem samouczkiem, który wyjaśnia, jak zmienia się entalpia układu podczas rozpuszczania substancji – wyjaśnienia krok po kroku.
3. Uczniowie analizują efekty energetyczne towarzyszące procesowi rozpuszczania różnych substancji organicznych oraz nieorganicznych w wodzie na podstawie Tabeli 1 zawartej w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”.
4. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Co ma wpływ na efekt energetyczny rozpuszczania danej substancji w wodzie?”. Na tablicy powstaje mapa pojęć. W przypadku trudności z określeniem czynników, uczniowie mogą wykorzystać dostępne źródła informacji, w tym e-materiał.
5. Uczniowie pracują w parach z częścią „sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętny uczeń z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają cenkami w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy?

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany w metodzie lekcji odwróconej. Uczniowie mogą medium wykorzystać podczas przygotowania się do lekcji czy pracy kontrolnej. Uczniowie nieobecni na lekcji film mogą wykorzystać jako narzędzie do samokształcenia i uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz cenki dla uczniów.
2. Doświadczenie chemiczne: „Badanie efektów cieplnych rozpuszczania wodorotlenku potasu oraz azotanu(V) potasu w wodzie”.

Szkło i sprzęt laboratoryjny: zlewki, termometry, łyżeczki, bagietki szklane.

Odczynniki chemiczne: wodorotlenek potasu, azotan(V)potasu.

Instrukcja wykonania opisana w karcie pracy ucznia.

- Przykładowe obserwacje: w zlewce z wodorotlenkiem potasu temperatura mieszaniny wzrosła. W zlewce z azotanem(V) potasu temperatura mieszaniny

zmałała.

- Przykładowe wnioski: rozpuszczanie wodorotlenku potasu zachodzi z efektem egzotermicznym, a rozpuszczanie azotanu(V) potasu z efektem endotermicznym.

3. Karty charakterystyk substancji chemicznych.

4. Karty pracy ucznia:

Plik o rozmiarze 76.69 KB w języku polskim