



Procesy samorzutne i wymuszone

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



Procesy samorzutne i wymuszone

W odpowiednich warunkach topnienie lodowców jest procesem samorzutnym.

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

Obserwując procesy zachodzące w przyrodzie, często intuicyjnie domyślamy się, czy dana reakcja zachodzi samorzutnie, czy została wymuszona. Przyglądając się drzewom, na których pączki przekształcają się w liście, rozwijają się, zielenią, by później żółknąć i opaść, wiemy, że jest to proces samorzutny, który zachodzi w sposób nieodwracalny. Podobnie w odpowiednich warunkach mogą zachodzić procesy topnienia lodu czy dyfuzja gazów, kiedy czujemy zapach świeżego ciasta dochodzący z kuchni. Jednak aby zrobić herbatę, musimy zagotować wodę, a przygotowując jajecznicę, musimy sami usmażyć jajka. To, czy proces jest samorzutny, czy wymuszony nie jest oczywiste dla wszystkich reakcji chemicznych. Przykładowo: synteza wody jest procesem samorzutnym, ale już jej rozpad – procesem wymuszonym. Skąd wiadomo, kiedy proces zajdzie samorzutnie, a kiedy zostanie wymuszony? Jak to obliczyć?

Twoje cele

- Wyjaśnisz różnice pomiędzy procesami samorzutnymi i wymuszonymi.

- Wymienisz przykładowe procesy samorzutne i wymuszone.
- Przedstawisz zależność zmiany entalpii swobodnej od zmiany entalpii, zmiany entropii oraz temperatury.
- Ocenisz, na podstawie obliczeń, które reakcje chemiczne zachodzą samorzutnie, a które wymagają dostarczenia energii.

Przeczytaj

Czy można przewidzieć, czy reakcja będzie zachodzić samorzutnie, czy w sposób wymuszony?

Rozpatrując dany układ pod względem samorzutności zachodzących w nim reakcji, należy wziąć pod uwagę dwa konkurujące ze sobą czynniki, które determinują wszystkie procesy zachodzące we wszechświecie. Czynniki entropowy ([entropia, \$S\$](#)) to dążenie układu do wzrostu ilości produktów w stosunku do ilości substratów. Jego konsekwencją jest rozpad związku chemicznego na atomy i osiągnięcie możliwie jak największej różnorodności sposobów podziału energii pomiędzy powstającymi drobinami. Czynniki energetyczny ([entalpia, \$\Delta H\$](#)) z kolei to tendencja malejącej energii, a więc łączenia się atomów w cząsteczki. Aby móc przewidzieć, czy reakcja będzie zachodzić samorzutnie, czy w sposób wymuszony, należy posłużyć się wielkością, która zawiera w sobie zarówno zmianę entalpii, jak i zmianę entropii. Jest to [entalpia swobodna](#) (funkcja Gibbsa), której zmiana wyrażana jest wzorem:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

gdzie:

- ΔG – zmiana entalpii swobodnej (funkcji Gibbsa) [$\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$];
- ΔH – zmiana entalpii [$\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$];
- ΔS – zmiana entropii [$\frac{\text{kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$];
- T – temperatura [K].

Jeżeli:

$\Delta G < 0$ – proces zachodzi samorzutnie

Samorzutnie bieżą wszystkie reakcje egzotermiczne, które charakteryzują się dodatnimi zmianami entropii. W sposób wymuszony będzie przebiegała reakcja w kierunku przeciwnym.

$\Delta G > 0$ – proces jest wymuszony

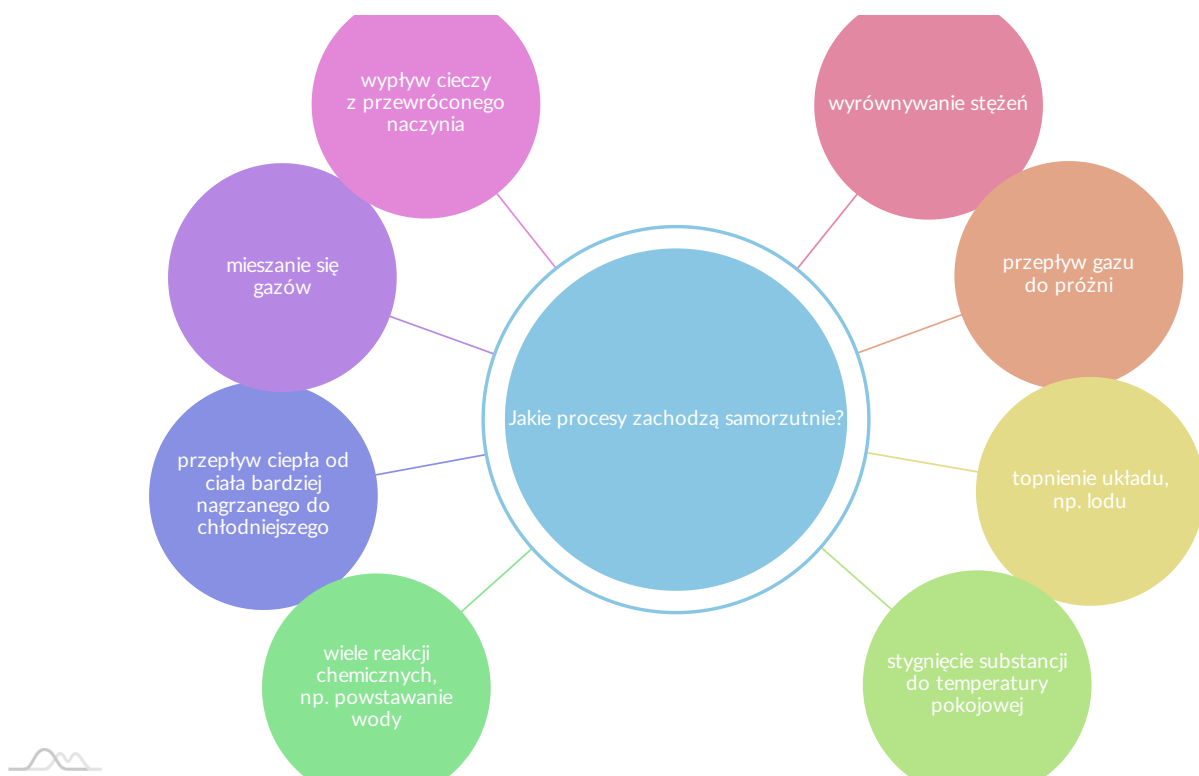
W takich reakcjach przebieg samorzutny jest niemożliwy. W szczególności należą do nich reakcje endotermiczne, przebiegające ze zmniejszaniem się entropii. Samorzutnie będzie przebiegała reakcja w kierunku przeciwnym.

$\Delta G = 0$ – układ jest w stanie równowagi termodynamicznej

W takim układzie nie obserwuje się przebiegu reakcji chemicznej, a zmiany entalpii procesu są równoważne zmianom entropii.

Jakie procesy zachodzą samorzutnie?

Proces samorzutny jest naturalnym procesem, który zachodzi bez wykonania pracy nad układem. Innymi słowy, nie jest potrzebny żaden zewnętrzny bodziec, aby przemiana samorzutna zaszła. Jednak mogą to być procesy zachodzące bardzo powoli, przez co może nam się wydawać, że nie zachodzą.



Mapa pojęć zatytułowana „Jakie procesy zachodzą samorzutnie?”

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

Jakie procesy zachodzą niesamorzutnie?

Proces wymuszony, czyli inaczej przemiana niesamorzutna, następuje tylko w obecności zewnętrznego bodźca. Oznacza to, że aby zaszedł tego typu proces, nad układem musi zostać wykonana praca. Dla procesów tych charakterystyczna jest dodatnia wartość ΔG . Z kolei o samorzutności procesu informuje zmniejszająca się wartość entalpii swobodnej. Wartość ΔH , ΔS oraz temperatury powinny być takie, aby wartość ΔG była ujemna.

Procesy niesamorzutne są możliwe wtedy, gdy do układu dostarczy się energię, w konsekwencji czego entalpia swobodna układu rośnie (ΔG ma wartość dodatnią).

czynnik entalpowy ΔH	czynnik entropowy ΔS	zmiana entalpii swobodnej ΔG	temperatura	proces
$\Delta H < 0$	$\Delta S > 0$	dla każdego ΔH i ΔS $\Delta G < 0$	dowolna	samorzutny – zachodzi dzięki zmianie entropii i entalpii we wszystkich temperaturach
$\Delta H < 0$	$\Delta S < 0$	$ \Delta H > T\Delta S $ $\Delta G < 0$	niska	samorzutny tylko w niskich temperaturach – uwarunkowany wyłącznie zmianą entalpii
		$\Delta G > 0$	wysoka	niesamorzutny
$\Delta H > 0$	$\Delta S > 0$	$\Delta G > 0$	niska	niesamorzutny
		$ \Delta H < T\Delta S $ $\Delta G < 0$	wysoka	samorzutny tylko w wysokich temperaturach – uwarunkowany wyłącznie zmianą entropii
$\Delta H > 0$	$\Delta S < 0$	$\Delta G > 0$	dowolna	niesamorzutny – niezależnie od temperatury

Słownik

proces samorzutny

naturalny proces, który zachodzi bez wykonania pracy nad układem; nie jest potrzebny żaden zewnętrzny bodziec, aby przemiana samorzutna zaszła

proces wymuszony

inaczej przemiana niesamorzutna, następuje tylko w obecności zewnętrznego bodźca – aby zaszedł tego typu proces, do układu musi zostać dostarczona energia

entalpia

efekt cieplny reakcji; zmiana entalpii jest oznaczana jako ΔH ; jeżeli $\Delta H < 0$, to proces jest egzotermiczny (układ oddaje ciepło do otoczenia), a jeżeli $\Delta H > 0$, to proces jest endotermiczny (układ przyjmuje ciepło od otoczenia)

entalpia swobodna

(funkcja, energia Gibbsa) miara samorzutności procesu (ΔG); jeśli $\Delta G < 0$, to proces zachodzi samorzutnie, jeśli $\Delta G > 0$, to proces jest wymuszony, a jeśli $\Delta G = 0$ – układ jest w stanie równowagi, czyli procesy zachodzą w obu kierunkach

entropia

(gr. *entropē* „zwrócenie się”, „obrót”) fizyczna miara stopnia nieuporządkowania, nieuporządkowania układu, oznaczana jako S

Bibliografia

Inżynieria Biomedyczna. Wykład V,

online: http://home.agh.edu.pl/%7Eeradecka/doc/IB_wyk5_15.pdf, dostęp 21.05.2021.

Józwiak M., *Kilka słów o entropii*, online:

<http://www.chemia.uni.lodz.pl/acch/entropia1.pdf>, dostęp: 21.05.2021.

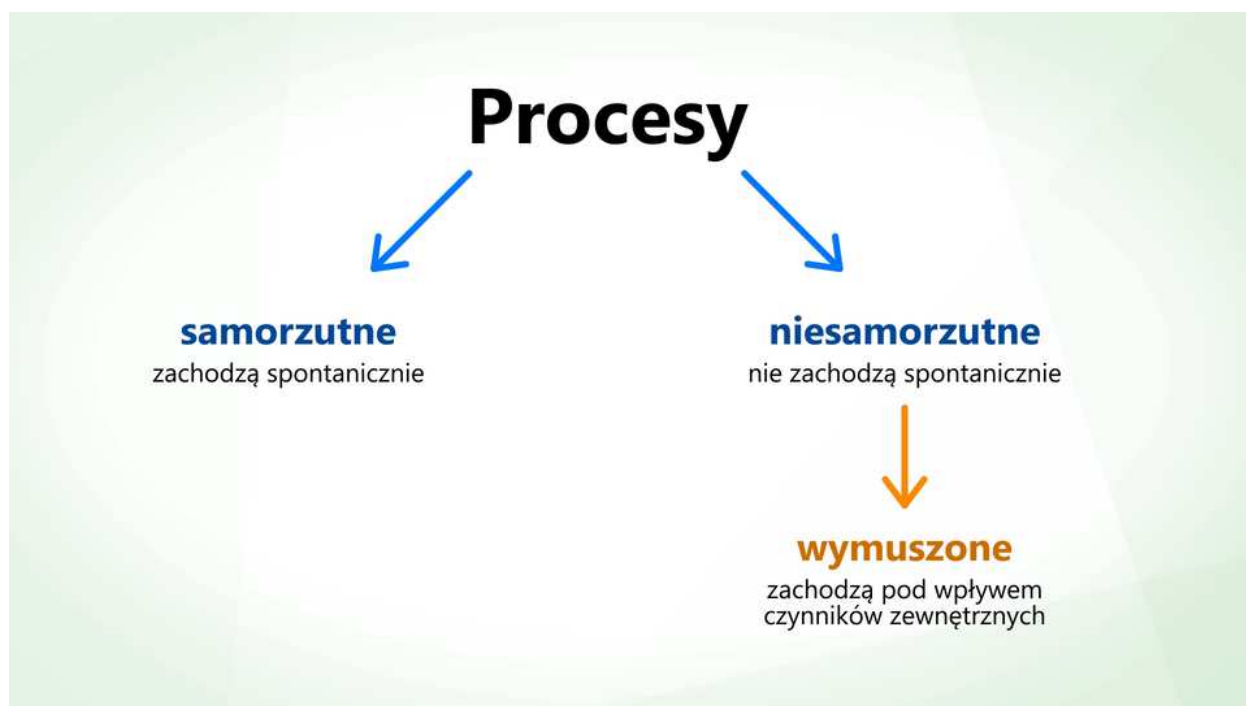
Gumiński K., *Podstawy termodynamiki fenomenologicznej,*

http://www2.chemia.uj.edu.pl/%7Ekozyra/dydaktyka/warsztat/termod_kg.html

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z poniższym filmem pod tytułem „Procesy samorzutne i wymuszone”, a następnie rozwiąż zadania.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RaLh648TGZrVb>

Film samouczek pod tytułem „Procesy samorzutne i wymuszone”

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

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej procesów samorzutnych i wymuszonych.

Ćwiczenie 1

Wybierz prawidłową odpowiedź.

W procesach wymuszonych układ:

☐ oddala się od stanu równowagi.

☐ dąży do stanu równowagi.

Ćwiczenie 2

Podkreśl właściwy wyraz.

Jeżeli $\Delta G < 0$, to reakcja zachodzi w kierunku tworzenia ☐ substratów ☐ produktów ☐

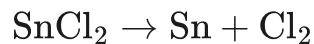
. Jeżeli $\Delta G > 0$, to reakcja zachodzi w kierunku tworzenia ☐ substratów ☐

☐ produktów ☐ .

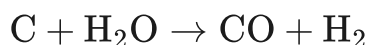
Ćwiczenie 3

Poniżej wymieniono reakcje, które nie są samorzutne w warunkach normalnych:

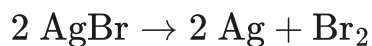
1. Rozkład chlorku cyny(II) na chlor i cynę:



2. Reakcja węgla z parą wodną:



3. Rozkład bromku srebra na brom i srebro:



Odszukaj w literaturze sposoby na wymuszenie przebiegu tych reakcji (jakimi czynnikami najlepiej zadziałać, by wymienione reakcje niesamorzutne w warunkach normalnych stały się reakcjami samorzutnymi/wymuszonymi?).

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz procesy zachodzące samorzutnie.

- ☐ kompresja gazów
- ☐ mieszanie się gazów
- ☐ topnienie układu, np. lodu w temp. powyżej 0°C i odpowiednim ciśnieniu
- ☐ przepływ ciepła od ciała zimnego do ciepłego
- ☐ wrzenie wody pod ciśnieniem 1 atm, 50°C

Ćwiczenie 2



Zdecyduj o samorzutności poniższych procesów.

czynnik entalpowy ΔH	czynnik entropowy ΔS	zmiana entalpii swobodnej ΔG	temperatura	proces
ΔH	$\Delta S > 0$	dla każdego ΔH i ΔS $\Delta G < 0$	dowolna	
ΔH	ΔS	$ \Delta H > T\Delta S $ $\Delta G < 0$	niska	
$\Delta H > 0$	$\Delta S > 0$	$\Delta G > 0$	niska	
$\Delta H > 0$	ΔS	$\Delta G > 0$	dowolna	

niesamorzutny

niesamorzutny

samorzutny

samorzutny

Ćwiczenie 3



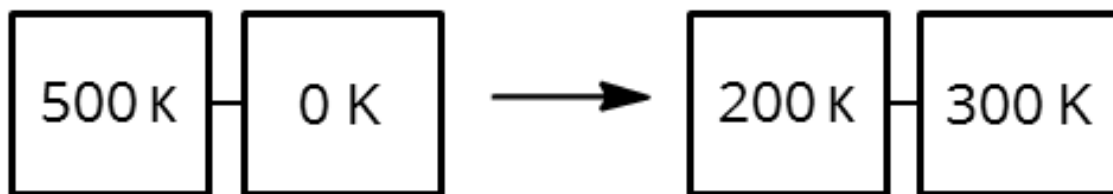
Tworzenie pary wodnej z wodoru i tlenu jest procesem samorzutnym, mimo że zwykle wymaga zainicjowania poprzez dostarczenie energii cieplnej, a sama reakcja syntezy wody sprzyja wzrostowi uporządkowania, a więc spadkowi entropii. Proces elektrolizy wody, czyli rozpadu na wodór i tlen, wymaga z kolei dostarczenia energii w postaci pracy elektrycznej. Określ zatem, czy elektroliza wody to proces samorzutny, czy wymuszony.

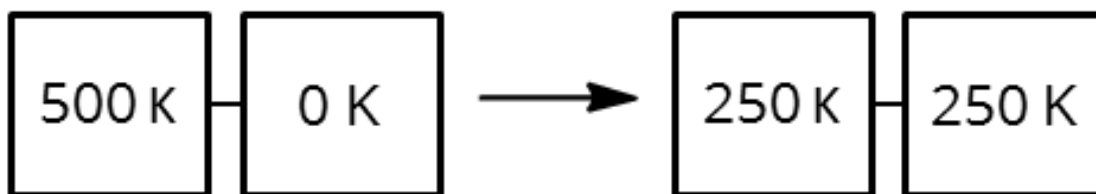
Odpowiedź:

Ćwiczenie 4



Połączono dwa zbiorniki wypełnione tą samą substancją. Masa substancji w obu zbiornikach jest taka sama, ale w jednym panuje temperatura równa 500 K, a w drugim 0 K. Wskaż grafikę, która odzwierciedla zmiany zachodzące w opisanym procesie.





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

Ćwiczenie 5



Określ, na podstawie obliczeń, czy reakcja bezpośredniej syntezy tlenku siarki(IV) z pierwiastków jest procesem samorzutnym, czy wymuszonym, skoro wiesz, że standardowe zmiany entalpii i entropii wynoszą odpowiednio:

- $\Delta H^\circ = -296,81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$,
- $\Delta S^\circ = 11,02 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$,

a proces zachodzi w temperaturze 25°C.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Przeprowadzono reakcję spalania acetylenu (C_2H_2) do tlenku węgla(IV) w warunkach normalnych. Standardowa entalpia tej reakcji wynosi $-1238 \frac{\text{kJ}}{\text{mol } C_2H_2}$, a standardowa zmiana entropii $-0,0974 \frac{\text{kJ}}{\text{mol } C_2H_2 \cdot K}$. Oblicz standardową entalpię swobodną tej reakcji. Czy proces jest samorzutny, czy wymuszony?

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Oceń, czy poniższe zdania są prawdziwe, czy fałszywe. Zaznacz „Prawda” lub „Fałsz”.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Jeśli całkowita entropia wzrasta, przemiana jest zawsze wymuszona.	☐	☐
Endotermiczne reakcje są samorzutne tylko wtedy, gdy następuje duży wzrost entropii mieszaniny reakcyjnej.	☐	☐
Reakcja chemiczna jest samorzutna, jeśli towarzyszy jej wzrost całkowitej entropii układu i otoczenia.	☐	☐
Samorzutne reakcje egzotermiczne są powszechne, ponieważ w ich wyniku wydzielą się ciepło, które powoduje zwiększenie entropii otoczenia.	☐	☐

Ćwiczenie 8



Zmiany entalpii swobodnej wynikają ze zmian entalpii procesu oraz zmian entropii.

- Jeżeli reakcja jest egzotermiczna i entropia rośnie, proces przebiega samorzutnie.
- Jeżeli reakcja jest endotermiczna i entropia maleje, proces nie będzie przebiegać samorzutnie.

Na podstawie informacji oraz znajomości równania funkcji Gibbsa uzupełnij tabelę, wstawiając $\Delta G > 0$ lub $\Delta G < 0$.

Zmiana entalpii w procesie	Wartość $T\Delta S$	Kierunek procesu, zmiana ΔG
ΔH	$T\Delta S > 0$	
$\Delta H > 0$	$T\Delta S$	

$\Delta G = 0$

ΔG

$\Delta G < 0$

$\Delta G > 0$

$\Delta G > 0$

$\Delta G = 0$

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Daria Szeliga, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Procesy samorzutne i wymuszone

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

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

5) wykorzystuje wiedzę i dostępne informacje do rozwiązywania problemów chemicznych z zastosowaniem metody naukowej;

6) stosuje poprawną terminologię;

7) wykonuje obliczenia dotyczące praw chemicznych.

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:

- wyjaśnia różnice pomiędzy procesami samorzutnymi i wymuszonymi;
- wymienia przykładowe procesy samorzutne i wymuszone;
- przedstawia zależność zmiany entalpii swobodnej od zmiany entalpii, zmiany entropii oraz temperatury;
- ocenia, na podstawie obliczeń, które reakcje chemiczne zachodzą samorzutnie, a które wymagają dostarczenia energii.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- film samouczek;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- eksperyment chemiczny;
- technika termometr.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

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

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału.
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie zastanawiają się nad pytaniem: Jakie zmiany entalpii i entropii będą korzystne dla samorzutnego przebiegu reakcji? Następnie jako przykład reakcji samorzutnej nauczyciel podaje rozkład termiczny węgla wapnia. Uczniowie zastanawiają się, jak to jest, że entropia zmienia się nie w tą stronę, a jednak reakcja zachodzi.
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 procesów samorzutnych i wymuszonych”. Nauczyciel dzieli losowo uczniów na grupy, rozdaje karty pracy. Na podstawie

karty pracy przydziela grupom procesy do przeprowadzenia. Uczniowie wybierają odpowiednie szkło, sprzęt laboratoryjny oraz odczynniki chemiczne przygotowane na stole laboratoryjnym. Uczniowie samodzielnie wykonują kolejno czynności podane w instrukcji (patrz materiały pomocnicze). 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.

2. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: Jaka jest różnica pomiędzy procesem samorzutnym i wymuszonym? Uczniowie na podstawie przeprowadzonego eksperymentu definiują oba pojęcia i wskazują różnicę. (Proces samorzutny jest naturalnym procesem, który zachodzi bez wykonania pracy nad układem. Nie jest potrzebny żaden zewnętrzny bodziec, aby przemiana samorzutna zaszła. Proces wymuszony, czyli inaczej przemiana niesamorzutna, następuje tylko w obecności zewnętrznego bodźca. Oznacza to, że aby zaszedł tego typu proces, nad układem musi zostać wykonana praca.)
3. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: W jaki sposób można przewidzieć, czy reakcja będzie zachodzić samorzutnie, czy w sposób wymuszony? W przypadku trudności z odpowiedzią, uczniowie mogą wykorzystać e-materiał do wyszukania odpowiedzi.
4. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek, a następnie uczniowie rozwiązują wspólnie z nauczycielem trzy ćwiczenia zawarte w medium.
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 chętna osoba 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. Na zakończenie nauczyciel stosuje narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem termometru przez uczniów. Uczniowie na skali temperatury zaznaczają cenkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. Jeżeli ze skali będzie wynikał niski poziom temperatury, uczniowie 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 narzędzie do oceny stopnia opanowania wiadomości i umiejętności z zastosowaniem termometru przez uczniów oraz cenki dla uczniów. 2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Czy topnienie układu przy podwyższaniu temperatury to proces samorzutny czy wymuszony? [W]
- Czy przepływ ciepła od ciała bardziej nagrzanego do chłodniejszego to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy ściśnięcie gazu do mniejszej objętości to proces samorzutny czy wymuszony? [W]
- Czy ogrzewanie układu przy użyciu zewnętrznego źródła ciepła to proces samorzutny czy wymuszony? [W]

- Czy mieszanie się gazów to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy parowanie układu przy podwyższaniu temperatury to proces samorzutny czy wymuszony? [W]
- Czy wypływ cieczy z przewróconego naczynia to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy wyrównywanie stężeń to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy sublimacja (np. jodu) to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy przepływ gazu do próżni to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy topnienie układu (np. lodu) to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy stygnięcie substancji do temperatury pokojowej to proces samorzutny czy wymuszony? [S]
- Czy zamarzanie układu przy obniżaniu temperatury to proces samorzutny czy wymuszony? [W]

Odpowiedzi: procesy samorzutne [S] i procesy wymuszone [W].

2. Doświadczenie chemiczne: „Badanie procesów samorzutnych i wymuszonych”

Procesy samorzutne:

- topnienie lodu (lód, krystalizator);
- rozpylenie gazu, np. odświeżacza do powietrza lub dezodorantu;
- sublimacja jodu (zlewka, jod, szkiełko zegarkowe).

Do zlewki należy wrzucić kilka kulek jodu, a następnie zlewkę przykryć szkiełkiem zegarkowym.

Procesy wymuszone:

- rozkład nadtlenku wodoru pod wpływem MnO_2 (cylinder miarowy, 30% H_2O_2 – perhydrol, łyżeczka).

Do wysokiego cylindra miarowego wlej perhydrol, tak aby zajmował nie więcej niż 2/5 objętości. Następnie dodaj tlenek manganu(IV) – pół łyżeczki.

- gotowanie wody w czajniku;
- reakcja magnezu z wodą pod wpływem wysokiej temperatury (wstążka magnezu, papier ścierny, woda destylowana, probówka, łapa drewniana, palnik spirytusowy, statyw do probówek).

Do probówki z wodą destylowaną wrzucić, oczyszczoną papierem ściernym, wstążkę magnezową, a następnie ogrzewać probówkę w płomieniu palnika.

- rozkład termiczny węglanu wapnia (palnik, statyw do probówek, łyżeczka, probówka, łapa do probówek, zapalniczka, węglan wapnia).

Do probówki wsyp łyżeczkę rozkruszonego węglanu wapnia i podgrzewać w płomieniu palnika.