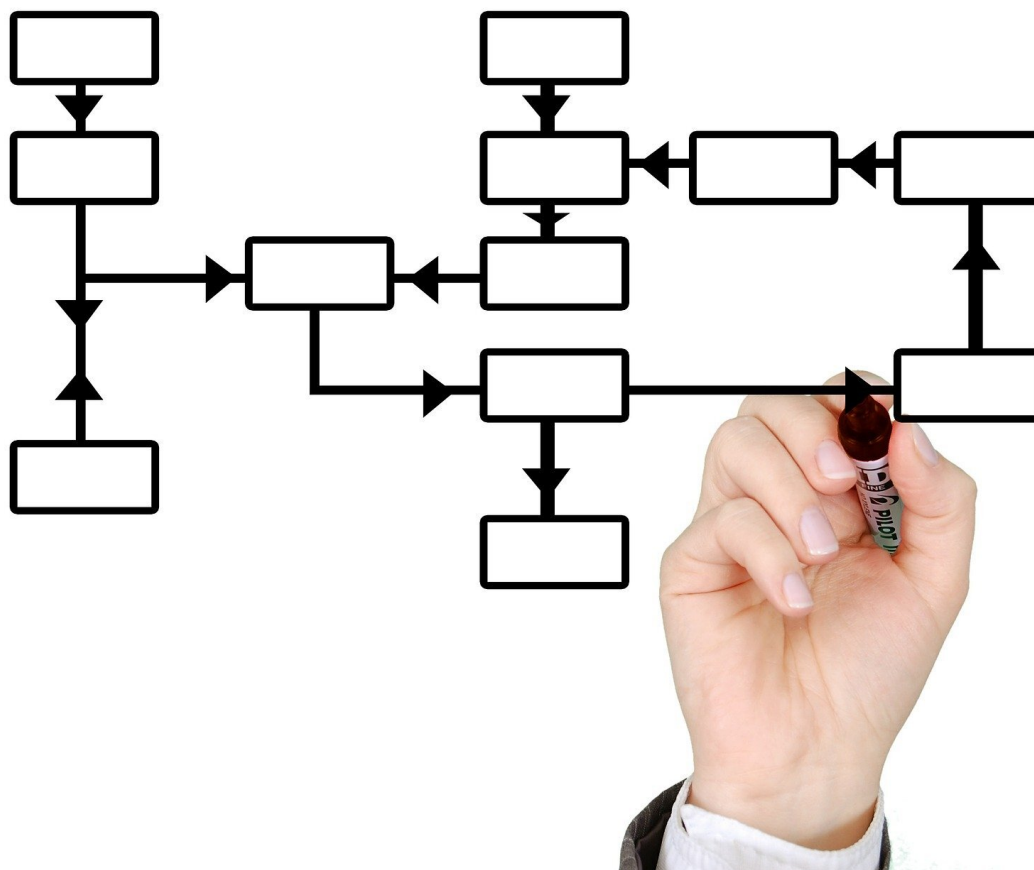
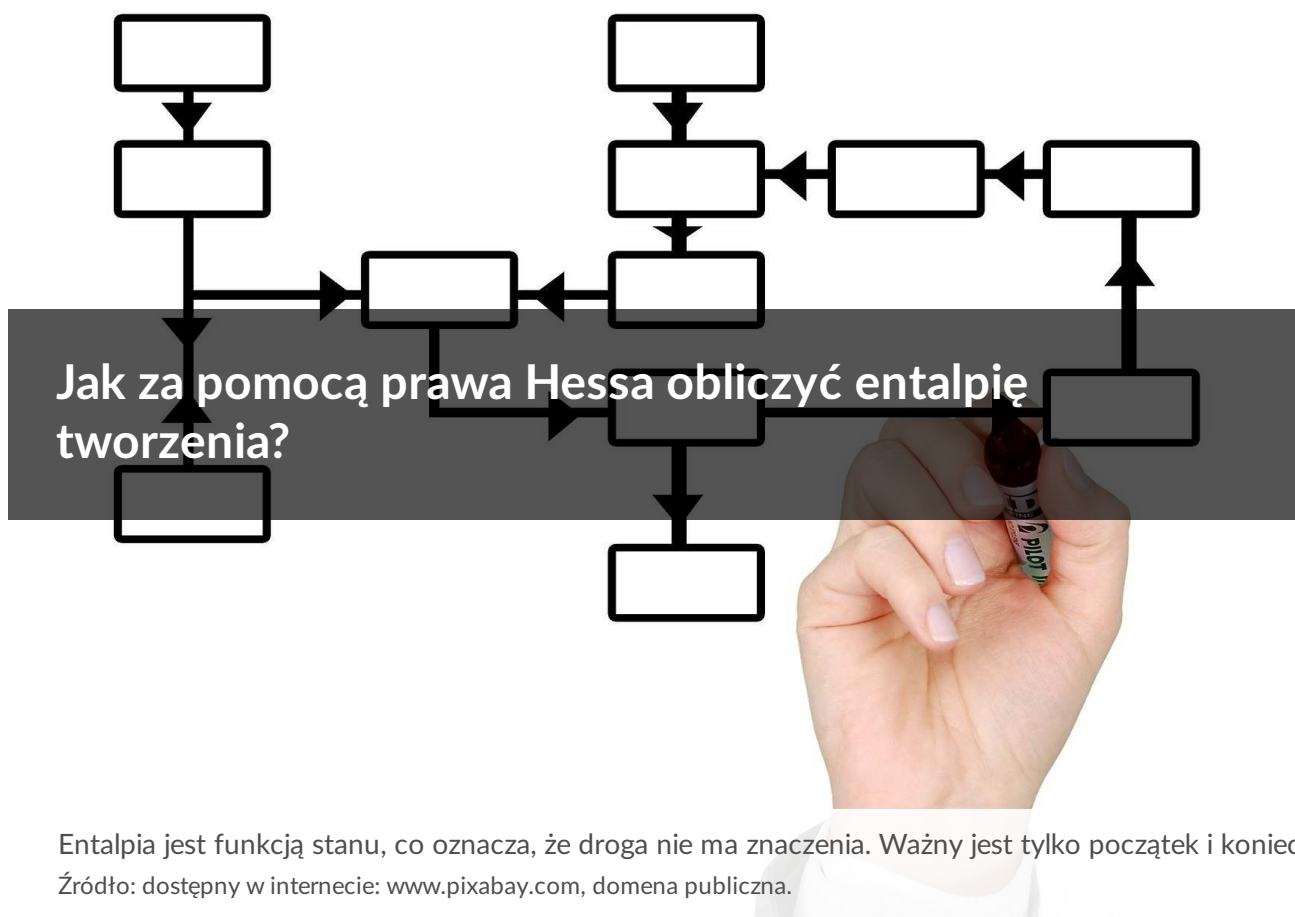




Jak za pomocą prawa Hessa obliczyć entalpię tworzenia?

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



Entalpia jest funkcją stanu, co oznacza, że droga nie ma znaczenia. Ważny jest tylko początek i koniec.
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Po lekcjach w szkole planujesz ze znajomymi pójść na zakupy do galerii handlowej. Umawiacie się przed szkołą. Kiedy wszyscy już się zebrali – omawiacie trasę. Chcecie przecież dojść na miejsce jak najszybciej. Każda z zebranych osób proponuje inną drogę, która ma być tą najkrótszą i najlepszą. Po długich dyskusjach postanawiacie rozdzielić się na dwie grupy, chcąc sprawdzić, kto szybciej dotrze na miejsce. W chemii, reakcje chemiczne (tak jak wybrana przez Was trasa) mogą przebiegać na wiele sposobów, ale niezależnie od tego, jaka zajdzie reakcja, energia w postaci ciepła zależy jedynie od stanu początkowego i końcowego (w stałej objętości lub pod stałym ciśnieniem). Zależność tę nazywamy **prawem Hessa**.

Twoje cele

- Przedstawisz cykl przemian chemicznych, uwzględniając stan przejściowy.
- Obliczysz standardową entalpię reakcji chemicznych.
- Zaproponujesz ścieżkę reakcji chemicznej.

Prawo Hessa

Prawo: Hessa

Obliczenie standardowej **entalpii** jakiegokolwiek reakcji umożliwia **prawo Hessa**, które brzmi:

zmiana entalpii reakcji chemicznej nie zależy od drogi przemiany, a jedynie od efektów cieplnych stanu początkowego i końcowego.

Jest to podstawowe prawo **procesów termodynamicznych**, które zostało sformułowane przez rosyjskiego chemika Germana Hessa w 1840 r.

Aby prawo to zostało spełnione oraz by można było je zastosować, musi zostać zrealizowany jeden z warunków:

- reakcja przebiega w stałej objętości;
- reakcja przebiega w warunkach **izobarycznych**.

Prawo Hessa można wyrazić wzorem:

$$\Delta H^0 = \sum n \Delta H_p^0 - \sum n \Delta H_s^0$$

gdzie:

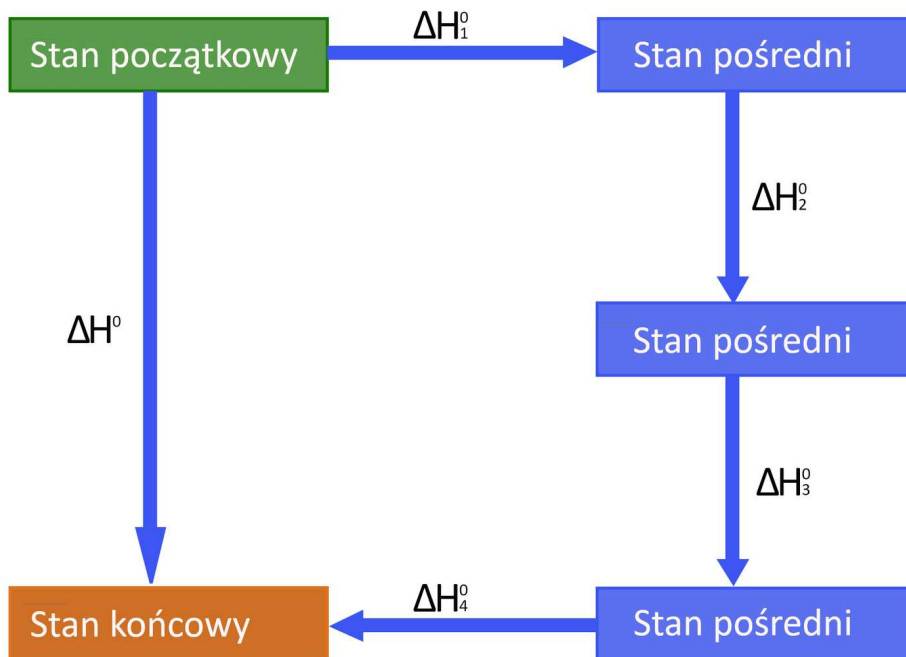
- ΔH^0 – efekt cieplny reakcji chemicznej;
- $\sum n \Delta H_p^0$ – suma zmian standardowej entalpii produktów;
- $\sum n \Delta H_s^0$ – suma zmian standardowej entalpii substratów.

Prawo to można również przedstawić graficznie:



German Iwanowicz Hess (1802-1850)

Źródło: dostępny w internecie: www.pl.wikipedia.org, domena publiczna.



Graficzne przedstawienie prawa Hessa

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

Entalpię reakcji można przedstawić, dodając efekty cieplne stanów pośrednich.

$$\Delta H_0 = \Delta H_1^0 + \Delta H_2^0 + \Delta H_3^0 + \Delta H_4^0$$

Podczas rozwiązywania zadań z wykorzystaniem prawa Hessa, łączy się poszczególne równania chemiczne (dodaje stronami, odejmuje stronami, mnoży) tak, aby otrzymać równanie tej reakcji, której efekt cieplny jest obliczany. Działania matematyczne, które zostały dokonane na równaniach reakcji, należy następnie wykonać na wartościach entalpii poszczególnych reakcji chemicznych (dodać, odjąć, podzielić, pomnożyć).

Ćwiczenie 1

Znając entalpię następujących reakcji:

- $$\text{N}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2 \text{NO}_{(\text{g})} \quad \Delta H_1^0 = 180 \text{ kJ}$$
- $$\text{NO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2 \text{NO}_{2(\text{g})} \quad \Delta H_2^0 = -112 \text{ kJ}$$

oblicz na podstawie prawa Hessa entalpię reakcji:

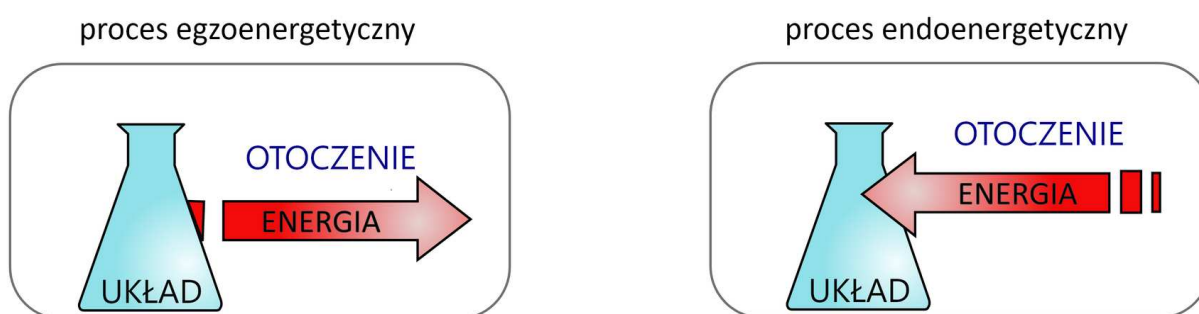


Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Efekt energetyczny reakcji

Każdej przemianie chemicznej i fizycznej towarzyszy określony **efekt cieplny**, który można określić jako ilość energii wymienionej w postaci ciepła między układem a otoczeniem. Wyróżnia się dwa typy przemian związanych z wymianą energii:



Schematy procesów egzoenergetycznych i endoenergetycznych

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

Proces egzoenergetyczny	Proces endoenergetyczny
E_s – energia substratów	E_p – produktów
skoro ciepło przepływa z układu do otoczenia, tzn. że $T_{układu} > T_{otoczenia}$	skoro ciepło przepływa z otoczenia do układu, tzn. że $T_{układu} < T_{otoczenia}$

Porównanie procesu egzoenergetycznego i endoenergetycznego

Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetitorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa – Bielsko-Biała 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Kiedy energia jest wydzielana z układu – reakcję nazywamy **egzoenergetyczną**, a kiedy jest pochłaniana przez układ – **endoenergetyczną**.

Słownik

entalpia

(gr. *enthálpō* „rozgrzewam”) potencjał termodynamiczny w procesach przebiegających bez zmian entropii i ciśnienia; w procesach odwracalnych, które zachodzą pod stałym ciśnieniem (izobarycznym), zmiana entalpii jest równa ilości ciepła dostarczonej układowi

proces izobaryczny

proces termodynamiczny, podczas którego ciśnienie nie ulega zmianie

proces termodynamiczny

termodynamiczny proces; przemiana termodynamiczna; ciągła zmiana w czasie termodynamicznego stanu układu, od stanu początkowego do końcowego, które są stanami równowagi termodynamicznej

ciepło reakcji chemicznej

ilość ciepła wydzielona (pochłonięta) podczas reakcji chemicznej między substancjami w stanie podstawowym, przy przereagowaniu w stałej temperaturze stechiometrycznych ilości substancji (ilości zgodnych z zapisem stechiometrycznego równania reakcji) w określonych warunkach

prawo Hessa

podstawowe prawo termodynamiki, które głosi, że ciepło reakcji chem. izochorycznej lub izobarycznej, gdy układ wykonuje tylko pracę objętościową, nie zależy od stanów pośrednich, tj. od drogi reakcji, a tylko od początkowego i końcowego stanu układu i jest równe sumie efektów cieplnych poszczególnych etapów reakcji

Bibliografia

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Repetytorium chemia. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa – Bielsko-Biała 2010.

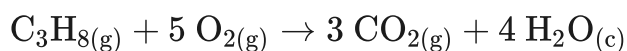
Film samouczek

Polecenie 1

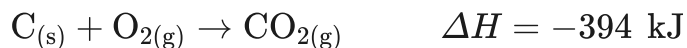
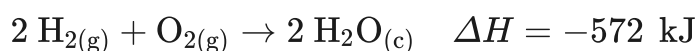
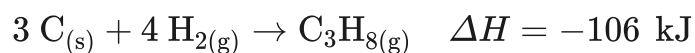
Rozwiąż poniższe zadanie za pomocą prawa Hessa. Swoją odpowiedź porównaj z rozwiązaniem przedstawionym w filmie.

Ćwiczenie 1

Oblicz entalpię reakcji chemicznej zapisanej równaniem:



wiedząc, że:



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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Jak za pomocą prawa Hessa obliczyć entalpię tworzenia?

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DHmt9mQNNQ>

Film samouczek pt. „Jak za pomocą prawa Hessa obliczyć entalpię tworzenia?”

Źródło: Michał Mytnik, licencja: CC BY 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału – dotyczy wskazówek, jak obliczyć entalpię tworzenia, wykorzystując prawo Hessa.

Ćwiczenie 2

Zaznacz poprawną odpowiedź.

Jeśli wartość entalpii reakcji jest dodatnia, oznacza to, że reakcja jest:

☐ endoenergetyczna

☐ egzoenergetyczna

Ćwiczenie 3

Zaznacz poprawną odpowiedź.

Jeśli wartość entalpii reakcji jest ujemna, oznacza to, że reakcja jest:

☐ egzoenergetyczna

☐ endoenergetyczna

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Źródło: GroMar Sp. z o.o. opracowano na podstawie M. Krzeczowska, J. Loch, A. Mizera, *Repetytorium chemia: Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa – Bielsko-Biała 2010, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2



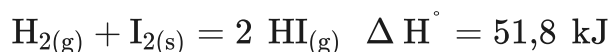
Na podstawie znajomości wartości entalpii poniższych reakcji chemicznych podziel je na egzoenergetyczne oraz endoenergetyczne.

Reakcja	Reakcja egzoenergetyczna	Reakcja endoenergetyczna
$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \quad \Delta H = -393 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	☐	☐
$\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO} \quad \Delta H = 181 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	☐	☐
$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 \quad \Delta H = -297 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	☐	☐
$\text{C} + 2 \text{S} \rightarrow \text{CS}_2 \quad \Delta H = 121 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	☐	☐

Ćwiczenie 3



Wiedząc, że standardowa entalpia tworzenia to entalpia reakcji bezpośredniego powstawania (z pierwiastków) jednego mola cząsteczek związku chemicznego w warunkach standardowych, wskaż, które z poniższych wartości określają entalpię tworzenia jodowodoru, wpisując również odpowiednią jednostkę:



Entalpia tworzenia jodowodoru: $\Delta H^0 =$.

mol

mol

Ćwiczenie 4



Gdy w czasie reakcji azotu z wodorem powstaje 0,215 mola NH_3 , to wydzielą się 9,91 kJ ciepła w przeliczeniu na warunki standardowe. Oblicz standardową molową entalpię tworzenia amoniaku.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 5



Podczas reakcji 4 g grafitu z tlenem, wydzielilo się z układu 131,33 kJ energii na sposób ciepła. Oblicz entalpię tworzenia tlenku węgla(IV) wyrażoną w $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

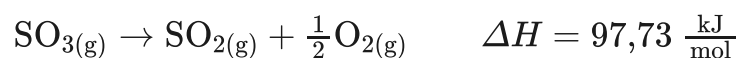
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 6



Znając entalpię reakcji:



oblicz entalpię reakcji tworzenia tlenku siarki(VI) z tlenku siarki(IV).

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



Znając entalpię spalania siarki jednoskośnej i siarki rombowej, oblicz entalpię przemiany siarki jednoskośnej w siarkę rombową:

$$\Delta H_{jedn.}^{sp} = -297,158 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{romb.}^{sp} = -296,844 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



W tabeli podano wartości entalpii tworzenia określonych substancji:

Substancja	$\Delta H_{\text{tw}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$
kwasy etanowy	-487,1
tlenek węgla(IV)	-393,5
woda (gaz)	-242,0

Wykorzystując powyższe dane oblicz entalpię całkowitego spalania kwasu etanowego.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Autor: Gabriela Iwińska

Przedmiot: Chemia

Temat: Jak za pomocą prawa Hessa obliczyć entalpię tworzenia?

Grupa docelowa:

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres rozszerzony

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

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

12) stosuje prawo Hessa do obliczeń efektów energetycznych przemian na podstawie wartości standardowych entalpii tworzenia i standardowych entalpii spalania.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne

Uczeń:

- przedstawia cykl przemian chemicznych, uwzględniając stan przejściowy;
- oblicza standardową entalpię reakcji chemicznych;
- proponuje ścieżkę reakcji chemicznej.

Strategie nauczania:

- strategia asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- analiza materiału źródłowego oraz ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja;
- technika zdań podsumowujących;
- burza mózgów;

- film.

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 interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Zainteresowanie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytania, zaintrygując tematem. Przykładowe pytania: ile macie wypracowanych dróg ze szkoły do domu? Na czym wam zależy, wybierając jedną z tych dróg? Czy wiecie, że w chemii, analogicznie, podczas przeprowadzania jakiejś reakcji, tych dróg – czyli sposobów – również może być kilka?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia „entalpia”.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Czym jest prawo Hessa?”, po czym uczniowie szukają odpowiedzi w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”. Uczniowie dyskutują na temat, jak rozumieją tę definicję oraz podają warunki, jakie muszą zostać spełnione, aby prawo zostało spełnione.
2. Prowadzący wyświetla na tablicy multimedialnej treść ćwiczenia nr 1, zamieszczonego w e-materiale. Uczniowie wspólnie, bez pomocy nauczyciela, próbują je rozwiązać. Uczniowie mogą zadawać pytania, jeśli wystąpią jakieś trudności. Nauczyciel kontroluje poprawność udzielonych odpowiedzi i ewentualnie tłumaczy niezrozumiałe kwestie.
3. Uczniowie dobierają się w pary i wspólnie analizują proces egzoenergetyczny oraz endoenergetyczny. Zapisują różnice w obu procesach, wysuwają wnioski. Po zakończonej pracy, wybrana para uczniów omawia na forum oba procesy.
4. Uczniowie, pozostając w tych samych parach, analizują medium bazowe – film samouczek pt. „Jak za pomocą prawa Hessa obliczyć entalpię tworzenia”. Następnie wykonują załączone do medium wszystkie ćwiczenia.

5. Następnie chętna lub wskazana przez nauczyciela para przedstawia rozwiązanie na forum klasy. Pozostali uczniowie sprawdzają poprawność zadań, zadają pytania. Nauczyciel kontroluje wyniki, udzielając każdej parze informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel dokonuje podsumowania zagadnień lekcji i rozdaje uczniom przygotowane ksera z głównymi zagadnieniami z lekcji.
2. Nauczyciel prosi, aby uczniowie na kartkach wypisali wszystkie poruszone w dzisiejszej lekcji wątki. Następnie, do każdego podtematu mają narysować skalę od zera do dziesięciu i zaznaczyć, na ile oswoił dany wątek. Skala zerowa oznacza, że uczeń nadal pewnych kwestii nie rozumie, skala 10 – rozumie wszystko i potrafi daną wiedzę wykorzystać, natomiast skala 5 będzie oznaczać, że uczeń czuje się jeszcze niepewnie. Po narysowaniu skal kilku wybranych uczniów dzieli się na forum klasy swoimi wynikami. W przypadku skal mniejszych niż 10 prowadzący proponuje uczniom kilka rozwiązań, co zrobić, aby ich skale, a tym samym wiedza z danego obszaru, były maksymalne.

Praca domowa:

1. Uczniowie wykonują ćwiczenia zawarte w zestawie ćwiczeń.

Materiały pomocnicze:

- K. H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, *Nowoczesne kompendium chemii*, tłum. A. Dworak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.
- L. Jones, P. Atkins, *Chemia ogólna : cząsteczki, materia, reakcje*, tłum. J. Kuryłowicz, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

- Medium w sekcji „Film samouczek” można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy w temacie „Jak za pomocą prawa Hessa obliczyć entalpię tworzenia?”.