



Do czego służy równanie Clapeyrona?

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

Bibliografia:

- Źródło: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej 2*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.



Do czego służy równanie Clapeyrona?

Podgrzewane powietrze wewnątrz balonu zwiększa swoją objętość i tym samym zmniejsza gęstość. Dzięki tej właściwości gazów balony mogą unosić się w powietrzu.

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

Gazy były przedmiotem badań już od wieków. Naukowcy prowadzili eksperymenty dotyczące ich pozyskiwania (m.in. z roślin), sposobu gromadzenia oraz ich zachowania w różnych warunkach. Duże znaczenie dla rozwoju wiedzy o gazach miały badania prowadzone przez włoskiego naukowca Amadeo Avogadro oraz Louisa Gay-Lussaca. Czy wiesz, co głoszą stworzone przez nich prawa i czym jest równanie Clapeyrona? Jak zmienia się objętość gazu w różnych warunkach ciśnienia i temperatury? Czy równanie Clapeyrona pomaga udzielić pełnej odpowiedzi na to pytanie?

Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcie gazu doskonałego.
- Przeliczysz stopnie Celsjusza na Kelwiny.
- Zanalizujesz przebieg wykresów w oparciu o podstawowe prawa gazowe.
- Zaproponujesz sposób wyznaczenia danej wielkości na podstawie znajomości praw gazowych oraz równania Clapeyrona. Obliczysz daną wielkość.

Przeczytaj

Dotarcie do idealnego prawa gazowego

Ponad trzy stulecia temu naukowcy przeprowadzali eksperymenty, aby sprawdzić, jak zachowują się gazy, jeśli ich ciśnienie lub temperatura ulegną zmianie. Na podstawie badań sformułowano prawa dla hipotetycznego gazu, zwanego „[gazem doskonałym](#)”. Poniżej zapisano wnioski, które wynikają z tych praw.

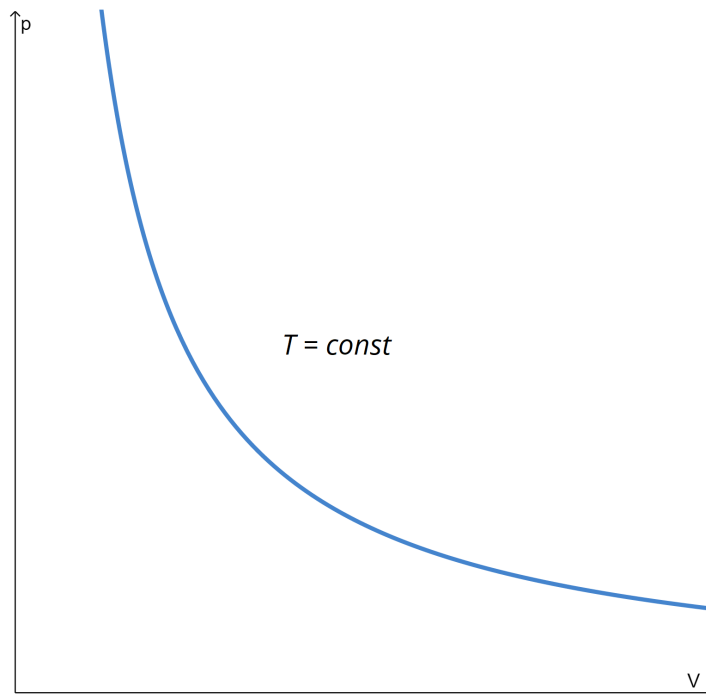
Prawo Boyle'a

W 1661 r. zostało sformułowane prawo Boyle'a. Naukowiec **Robert Boyle** (czyt. boil) odkrył, że tak długo, jak temperatura gazu pozostaje stała, wzrost ciśnienia gazu powoduje zmniejszenie objętości gazu. Prawo zakłada, że ciśnienie gazu (w stałej temperaturze) jest odwrotnie proporcjonalne do jego objętości – określa się to mianem [przemiany izotermicznej](#). W formie matematycznej można to przedstawić jako:

$$p \sim \frac{1}{V}$$

Gdzie:

- p – ciśnienie;
- V – objętość;
- \sim – znak oznaczający „jest proporcjonalne do”.



Wykres funkcji $p(V)$

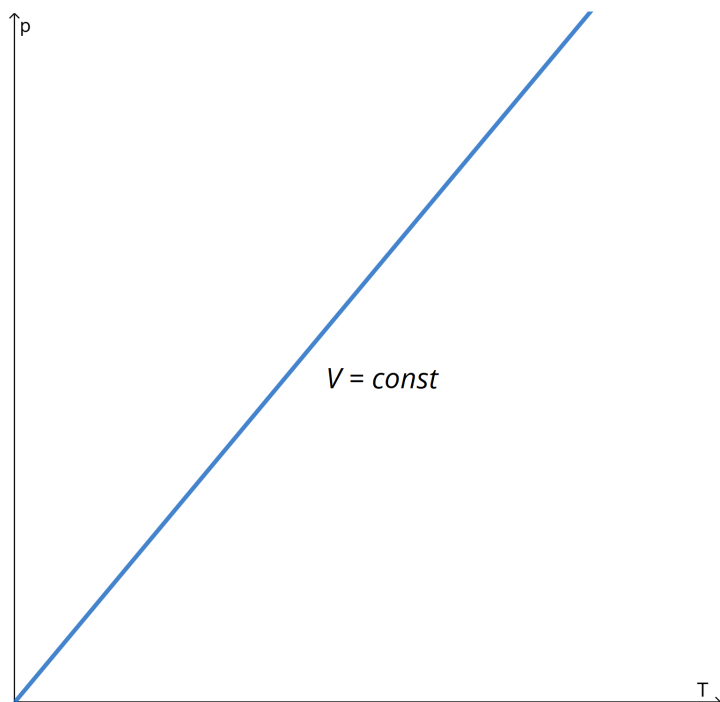
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wykres funkcji ciśnienia od objętości nazywa się izoterma ($T = const$).

Prawo Charles'a

Jacques Charles (czyt. szarl) zbadał zależność temperatury (T) gazu i jego objętości. Prawo sformułowane przez naukowca zakłada, że w izochorycznej przemianie stałej masy gazu doskonałego, jego ciśnienie (p) zależy wprost proporcjonalnie od temperatury bezwzględnej.

$$\frac{p}{T} = const$$



Wykres funkcji $p(T)$

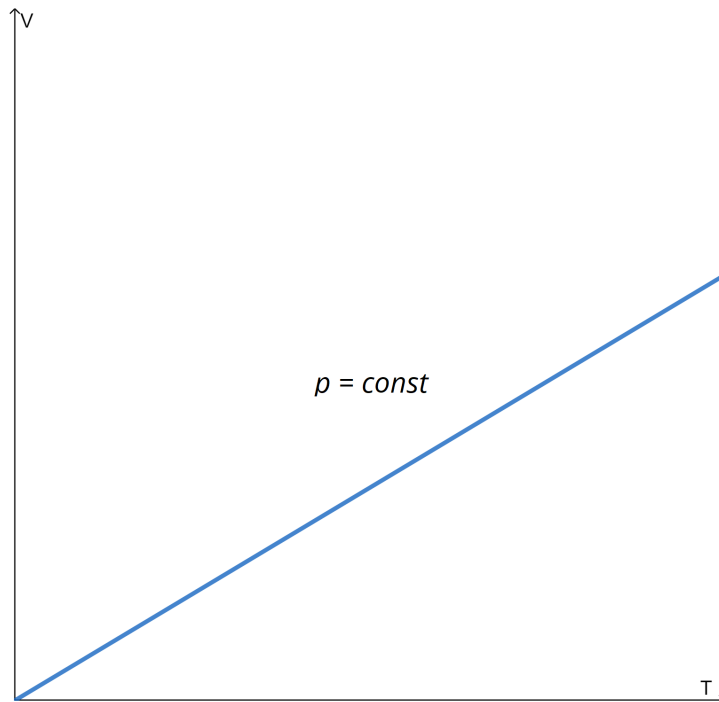
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wykres funkcji ciśnienia od czasu nazywa się izochorą ($V = const$).

Prawo Gay-Lussaca

Prawo sformułowane przez francuskiego chemika i fizyka Louisa Gay-Lussaca mówi, że w trakcie przeprowadzania procesu izobarycznego, stosunek objętości do temperatury (T) jest stały – objętość (V) i temperatura są w tym procesie wielkościami proporcjonalnymi.

$$\frac{V}{T} = const$$



Wykres funkcji $V(T)$ dla gazu doskonałego

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

Wykres funkcji objętości od czasu nazywamy izobarą ($p = const$).

Równanie Clapeyrona (równanie stanu gazu doskonałego)

jest kombinacją wszystkich omówionych praw gazowych:

$$pV = nRT$$

Gdzie:

- p – ciśnienie gazu;
- V – objętość;
- n – liczba moli gazu;
- T – temperatura bezwzględna (w Kelwinach);
- R – stała gazowa; $8,3143 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

W obliczeniach należy zwrócić uwagę na warunki, w jakich znajduje się gaz (warunki standardowe albo warunki normalne).

Do przeliczenia temperatury (T) wyrażonej w stopniach Celsjusza ($^{\circ}\text{C}$) na Kelwiny (K), należy posługiwać się zależnością:

$$T[\text{K}] = t[^{\circ}\text{C}] + 273,16$$

Przykład 1

Przeliczanie temperatury wyrażonej w stopniach Celsjusza na skalę Kelwina.

np. 20°C w skali Kelwina wynosi:

$$T[\text{K}] = 20[^{\circ}\text{C}] + 273,16$$

$$T[\text{K}] = 293,16 \text{ K}$$

20°C w skali Kelwina ma wartość $293,16 \text{ K}$.

Jak wyprowadzić prawa gazowe z równania stanu gazu doskonałego?

Mamy początkowe wartości dla stanu gazu:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = nR = \text{const}$$

W innych warunkach, kiedy zmieniamy stan gazu, liczba cząsteczek/atomów nie zmienia się w trakcie przemiany ($n = \text{const}$).

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = nR = \text{const}$$

Gdy ciśnienie gazu jest stałe ($p = \text{const}$), otrzymujemy:

$$p_1 = p_2 = \text{const} = p$$

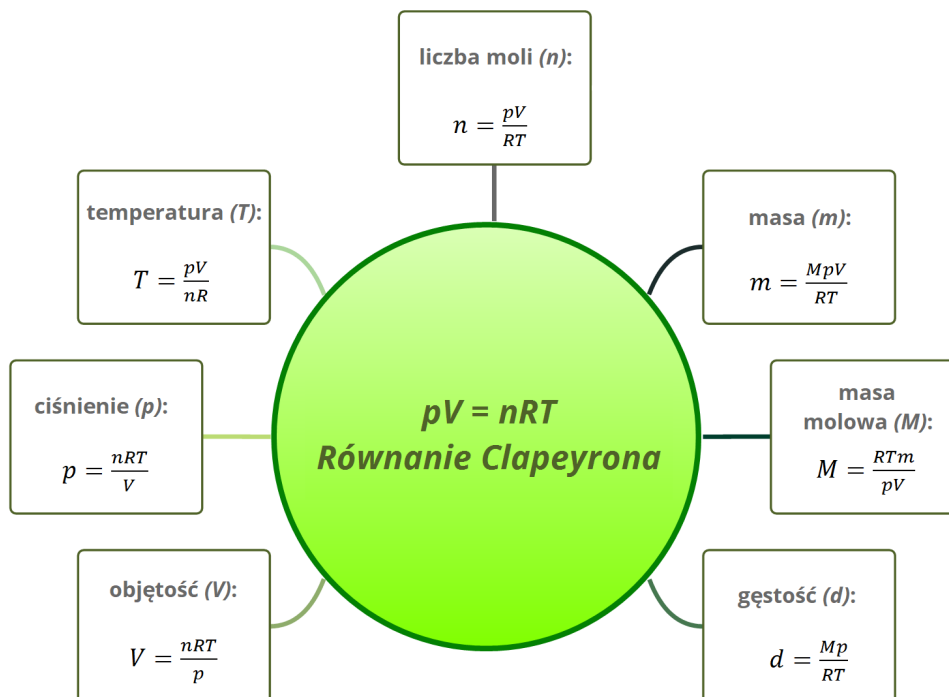
$$\frac{p \cdot V_1}{T_1} = \frac{p \cdot V_2}{T_2}$$

Dzielimy dwie strony równania przez p i dotarliśmy do prawa Gay-Lussaca:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Zastosowanie równania gazu doskonałego (równanie Clapeyrona)

Równanie Clapeyrona stosuje się w zadaniach praktycznych, gdy gaz zmienia swoją objętość, ciśnienie lub temperaturę. Pozwala ono obliczać te wielkości fizyczne w różnych przemianach gazowych. Przekształcając równanie Clapeyrona, możemy również wyznaczyć wielkości w stałych warunkach:



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

Spójrz na poniższe problemy, aby zapoznać się z różnymi przykładami zastosowań równania Clapeyrona. Najpierw spróbuj rozwiązać je samodzielnie, a jeśli potrzebujesz pomocy – rozwiązania są ukryte tuż pod nimi.

Ćwiczenie 1

Oblicz ciśnienie, jakie jest wywierane na 4 mole gazu znajdującego się w pojemniku o objętości 2 dm^3 , jeśli temperatura wewnątrz układu wynosi 30°C .

Ćwiczenie 2

Oblicz masę 8 dm^3 chloru w temperaturze 300 K i pod ciśnieniem 1500 hPa . Przyjmij, że stała gazowa R wynosi $83,14 \frac{\text{hPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

Słownik

gaz doskonały

gaz idealny, przybliżony model gazu nieuwzględniający oddziaływań międzycząsteczkowych (wyjątkiem jest odpychanie w trakcie doskonale sprężystych zderzeń cząsteczek, które znajdują się w ciągłym chaotycznym ruchu). W stosunku do objętości gazu, objętości cząsteczek są znikome

przemiana izotermiczna

(proces izotermiczny) proces termodynamiczny, podczas którego temperatura układu nie ulega zmianie

izoterma

linia na wykresie termodynamicznym, która przedstawia proces izotermiczny

przemiana izochoryczna

(proces izochoryczny) proces termodynamiczny, podczas którego objętość układu nie ulega zmianie

izochora

linia na wykresie termodynamicznym, która przedstawia proces izochoryczny

przemiana izobaryczna

(proces izobaryczny) proces termodynamiczny, podczas którego ciśnienie nie ulega zmianie

izobara

linia na wykresie termodynamicznym, która przedstawia proces izobaryczny

temperatura bezwzględna

stosowana niekiedy nazwa temperatury Kelvina, w której punktowi potrójnemu wody (trzy fazy wody są w równowadze termodynamicznej) przypisano wartość 273,16 K

warunki standardowe

(STP, ang. *standard temperature and pressure*) ściśle określona temperatura i ciśnienie otoczenia, które stanowią rodzaj punktu odniesienia dla pomiarów

doświadczalnych i obliczeń fizykochemicznych. Według IUPAC: ciśnienie standardowe – 10^5 Pa (1000 hPa), temperatura standardowa – 273,15 K (0°C)

warunki normalne

umownie przyjęte wartości ciśnienia (tzw. ciśnienie normalne), gdzie $p_0 = 1 \text{ atm} = 1013,25 \text{ hPa}$ i temperatury (tzw. temperatura normalna), gdzie $t_0 = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$, dla których podaje się zwykle wartości wielkości fizycznych, charakteryzujące ciała

Bibliografia

Bielański A., *Podstawy Chemii nieorganicznej*, t. 1-2, Warszawa 2010.

Encyklopedia PWN

Lichocka H., *Historia Chemii. Repozytorium Centrum Otwartej nauki*.

Pazdro K., *Zbiór zadań z chemii dla szkół ponadgimnazjalnych*, Warszawa 2003.

Atkins P., Jones L., *Chemia ogólna. Cząsteczki, materia, reakcje*, Warszawa 2004.

Hassa R., Mrzigod A., Mrzigod J., Sułkowski W., *Chemia 1. Podręcznik i zbiór zadań w jednym*, Warszawa 2003.

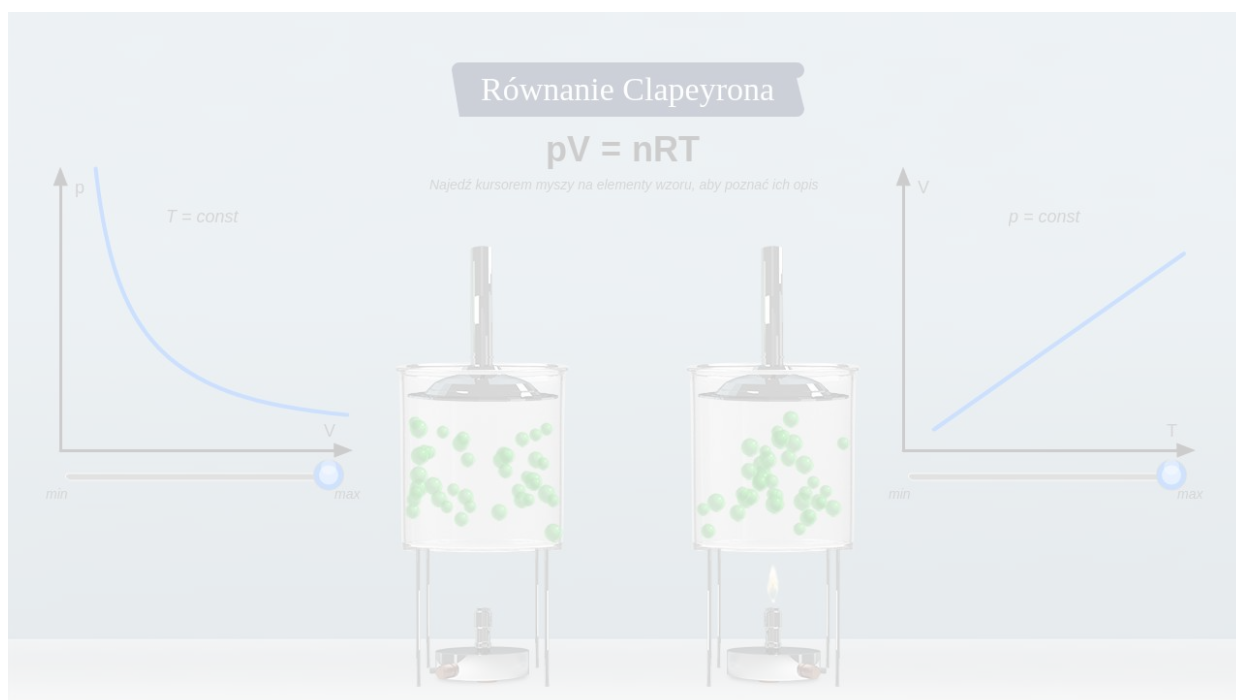
Usnalski W., *Chemia w szkole średniej*, Warszawa 1998.

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Zapoznaj się z symulacją, która ilustruje równanie Clapeyrona oraz zmiany parametrów układu. Zwróć uwagę, że poruszające się w zamkniętych pojemnikach kulki prezentują model cząsteczek gazu doskonałego, natomiast kształt cząsteczek gazów rzeczywistych może różnić się od zaprezentowanego poniżej.

Za pomocą suwaków dołączonych do wykresów zmieniaj parametry układu, a następnie odpowiedz na pytania zamieszczone pod symulacją.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DhceEqpRd>

Symulacja interaktywna pt. „Równanie Clapeyrona”.

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

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Założmy, że gaz zajmuje pewną stałą objętość. Odpowiedz, jak zmienia się ciśnienie gazu, gdy temperatura pojemnika, w którym znajduje się gaz, rośnie.

Ćwiczenie 3

Wyprowadź zależność między parametrami równania Clapeyrona w momencie, gdy temperatura układu, w którym znajduje się gaz, przyjmuje stałą wartość.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



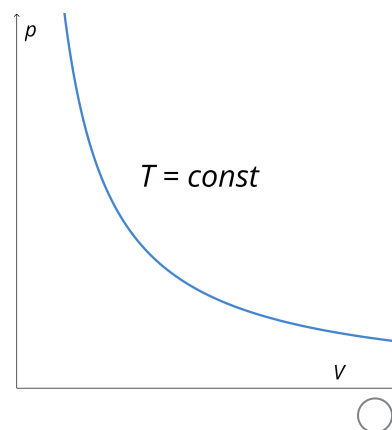
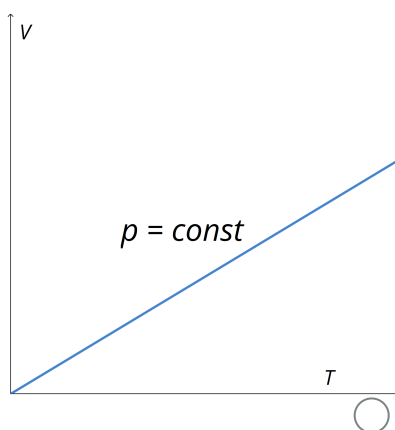
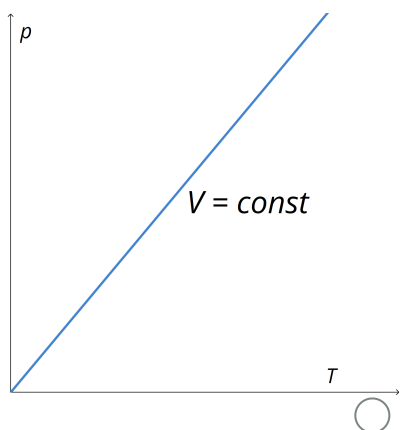
Zaznacz stwierdzenie, które wynika z prawa Gay-Lussaca.

- Całkowite ciśnienie mieszaniny różnych, nie reagujących ze sobą gazów (doskonałych) jest równe sumie ciśnień każdego z tych gazów z osobna (ciśnień cząstkowych).
- Jeżeli temperatura gazu w naczyniu jest stała, to iloczyn ciśnienia p i objętości gazu V nie zmienia się.
- Kiedy zwiększamy temperaturę gazu, to wzrasta jego ciśnienie.
- Kiedy zwiększamy temperaturę gazu, to wzrasta jego objętość.

Ćwiczenie 2



Zaznacz, który z poniższych wykresów ilustruje przemianę izochoryczną?



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

Ćwiczenie 3



Uzupełnij tabelę.

	Prawo Boyle'a	Prawo Charles'a	Prawo Gay-Lussaca
stały parametr	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
nazwa przemiany	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
równanie określające zmianę stanu	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

przemiana izobaryczna

$$V = const$$

przemiana izochoryczna

$$p_1 \cdot T_1 = \frac{p_2}{T_2}$$

$$p = const$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$T = const$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

przemiana izotermiczna

Ćwiczenie 4



Dopasuj stwierdzenia tak, aby opisywały gaz według modelu gazu doskonałego.

Rozmiary cząsteczek i zajmowaną przez nie objętość uwzględniamy / pomijamy .

Cząsteczki gazu oddziałują ze sobą tylko podczas zderzeń / także na odległość .

Zderzenia cząsteczek ze sobą i ściankami naczynia są sprężyste / niesprężyste .

Ćwiczenie 5



Zaznacz, w jakiej temperaturze 1 mol gazu przy ciśnieniu 2000 Pa zajmuje objętość 40 dm³:

96 K

50 K

9,6 K

20 K

Ćwiczenie 6



Oblicz masę cząsteczkową gazu, jeżeli jego gęstość, w temperaturze 298 K pod ciśnieniem 1025 hPa, wynosi $0,661 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$.

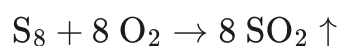
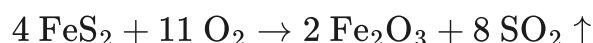
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



W warunkach normalnych tlenek siarki(IV) (SO_2) to bezbarwny gaz o ostrym, gryzącym i duszącym zapachu, silnie drażniącym drogi oddechowe. Jest trujący dla zwierząt i szkodliwy dla roślin. Tlenek siarki(IV) otrzymywany jest przez spalanie siarki lub siarkowodoru w tlenie lub w wyniku prażenia w powietrzu siarczków metali ciężkich, wg poniższych równań reakcji.



Źródło: A. Bielański, *Podstawy chemii nieorganicznej 2*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.

Oblicz objętość SO_2 , jeżeli do spalania użyto 13 g siarki, a pomiar objętości dokonano w temperaturze 300 K pod ciśnieniem normalnym. Wyniki zaokrąglaj do dwóch miejsc po przecinku.

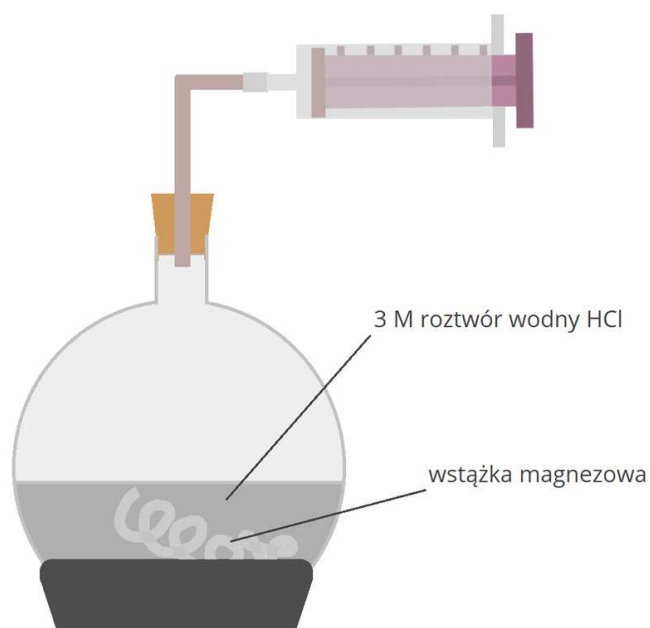
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Przeprowadzono reakcję magnezu z kwasem chlorowodorowym (HCl) w warunkach laboratoryjnych, a powstający gaz zbierano w sposób zaprezentowany na rysunku poniżej.



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

Jakie było ciśnienie gazu wewnątrz strzykawki, jeśli do reakcji użyto 0,5 g magnezu oraz 40 cm³ HCl o stężeniu $3 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$, a wydzielający się gaz zbierano do strzykawki o objętości 100 cm³ w temperaturze 298 K?

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



Zauważono, że przy stałym ciśnieniu, w temperaturze 298 K, gaz zajmuje objętość 5 cm^3 , a w temperaturze 305 K objętość równą $5,11 \text{ cm}^3$. Sformułuj wniosek dotyczący zależności między objętością gazu a temperaturą układu w momencie, gdy zmienia się stan gazu.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Do czego służy równanie Clapeyrona?

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres rozszerzony

Podstawa programowa

Zakres rozszerzony

I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:

8) stosuje do obliczeń równanie Clapeyrona.

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:

- definiuje pojęcie gazu doskonałego;
- przeliczy stopnie Celsjusza na Kelwiny;
- rozróżni podstawowe prawa gazowe;
- proponuje sposób wyznaczenia danej wielkości na podstawie znajomości praw gazowych i równania Clapeyrona.

Strategie:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- mapa pojęć;

- dyskusja dydaktyczna;
- metoda JIGSAW;
- technika zdań podsumowujących.

Forma pracy:

- praca zbiorowa;
- praca w grupach;
- praca indywidualna.

Środki dydaktyczne

- komputery z dostępem do Internetu;
- podręczniki tradycyjne;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica i kreda;
- metodnik lub kartki zielone, żółte i czerwone.

Przebieg zajęć

Faza wstępna

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: Czy kiedykolwiek spotkaliście się pojęciem „gaz doskonały”. Czy gaz doskonały istnieje w rzeczywistości? Jak zmienia się objętość gazu w różnych warunkach ciśnienia i temperatury? Czy równanie Clapeyrona pomaga udzielić pełnej odpowiedzi na to pytanie?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół pojęcia równania Clapeyrona.

Faza realizacyjna

1. Praca z mapą pojęć w generatorze na wybranej platformie z wykorzystaniem tablicy multimedialnej. Nauczyciel wyznacza moderatora, który zapisuje na tablicy pojęcie: gaz doskonały. Burza mózgów – uczniowie podają swoje pomysły, które moderator zapisuje na tablicy w formie mapy myśli. Następnie uczniowie weryfikują stworzoną mapę z informacjami zawartymi w dostępnych źródłach informacji, w tym w e-materiale i uzupełniają ją, po czym przepisują do zeszytów przedmiotowych.
2. Uczniowie wspólnie wypracowują definicję pojęcia gazu doskonałego. Wspólne omówienie na forum klasy definicji gazu doskonałego. Nauczyciel wspiera uczniów w tworzeniu definicji, wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
3. Praca metodą JIGSAW. Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Są to tzw. grupy eksperckie. Każdy uczestnik zostaje ekspertem, który w istotny sposób przyczyni się

do sukcesu całej grupy. Każdy uczeń występuje w roli uczącego się i nauczającego.

Zespoły otrzymują arkusze papieru i mazaki. Nauczyciel przydziela im różne zagadnienia do opracowania w ciągu 10 minut:

- I grupa: prawo Avogadro
- II grupa: prawo Boyle'a
- III grupa: prawo Charlesa
- IV grupa: prawo Gay-Lussaca

Każda grupa zapoznaje się z informacjami w ramach swojego zagadnienia, korzystając z dostępnych źródeł informacji, w tym z e-materiału. W opracowaniach grupy zwracają uwagę na wynikające z tych praw własności, wzory oraz stosowane jednostki SI. Efektem pracy powinno być wspólne opracowanie na podstawie dyskusji oraz uczenia się nawzajem.

- Na umówiony znak uczniowie tworzą nowe grupy tak, aby w każdej nowej grupie znaleźli się eksperci z wszystkich pozostałych grup.
 - Eksperci kolejno relacjonują to, czego nauczyli się w swoich pierwotnych grupach, czyli ekspert grupy I uczy pozostałych tego, czego się nauczył sam przed chwilą itd. Uczący uczestnicy przekazują wiedzę pozostałym uczniom. Każda z grup w ten sposób zapoznaje się z całym materiałem przewidzianym do realizacji na danej jednostce lekcyjnej (czas ok. 10 min).
 - Eksperci wracają do swoich pierwotnych grup, konfrontują zdobytą wiedzę, uzupełniają, sprawdzają, czy wszyscy posiadają zbieżne informacje w omawianych kwestiach.
5. Powrót do notatki z burzy mózgów. Uzupełnienie informacji o wiadomości poznane na lekcji. Nauczyciel podkreśla znaczenie równania Clapeyrona.
 6. Uczniowie samodzielnie analizują medium bazowe. Poznają jak zmieniają się parametry układu przy zmianie warunków. Sprawdzają zdobytą wiedzę, wykonując ćwiczenia załączone do medium.
 7. Na podstawie medium bazowego uczniowie formułują wnioski dotyczące zastosowania równania Clapeyrona, a swoje pomysły omawiają na forum.

Faza podsumowująca

1. Nauczyciel prosi chętnego ucznia o podsumowanie lekcji z jego punktu widzenia. Pyta pozostałych uczniów, czy chcieliby coś dodać do wypowiedzi kolegi.
2. Na zakończenie zajęć nauczyciele zadaje uczniom pytania z e-materiału, np.:
 - Jak wyprowadzić prawa gazowe z równania stanu gazu doskonałego?
 - Wyjaśnij, co to jest gaz doskonały?
 - Co wynika z prawa Gay-Lussaca?

3. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:

- Przypomniałem sobie, że...
- Co było dla mnie łatwe...
- Czego się nauczyłam/łem...
- Jak można rozwiązywać...

Praca domowa:

Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie ćwiczeń w e-materiale w zakładce sprawdź się.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana przez uczniów podczas rozwiązywania zadań domowych oraz podczas przygotowywania się do lekcji.

Materiały pomocnicze:

1. Arkusze papieru, mazaki.
2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Jak wyprowadzić prawa gazowe z równania stanu gazu doskonałego?
 - Wyjaśnij, co to jest gaz doskonały?
 - Co wynika z prawa Gay-Lussaca?