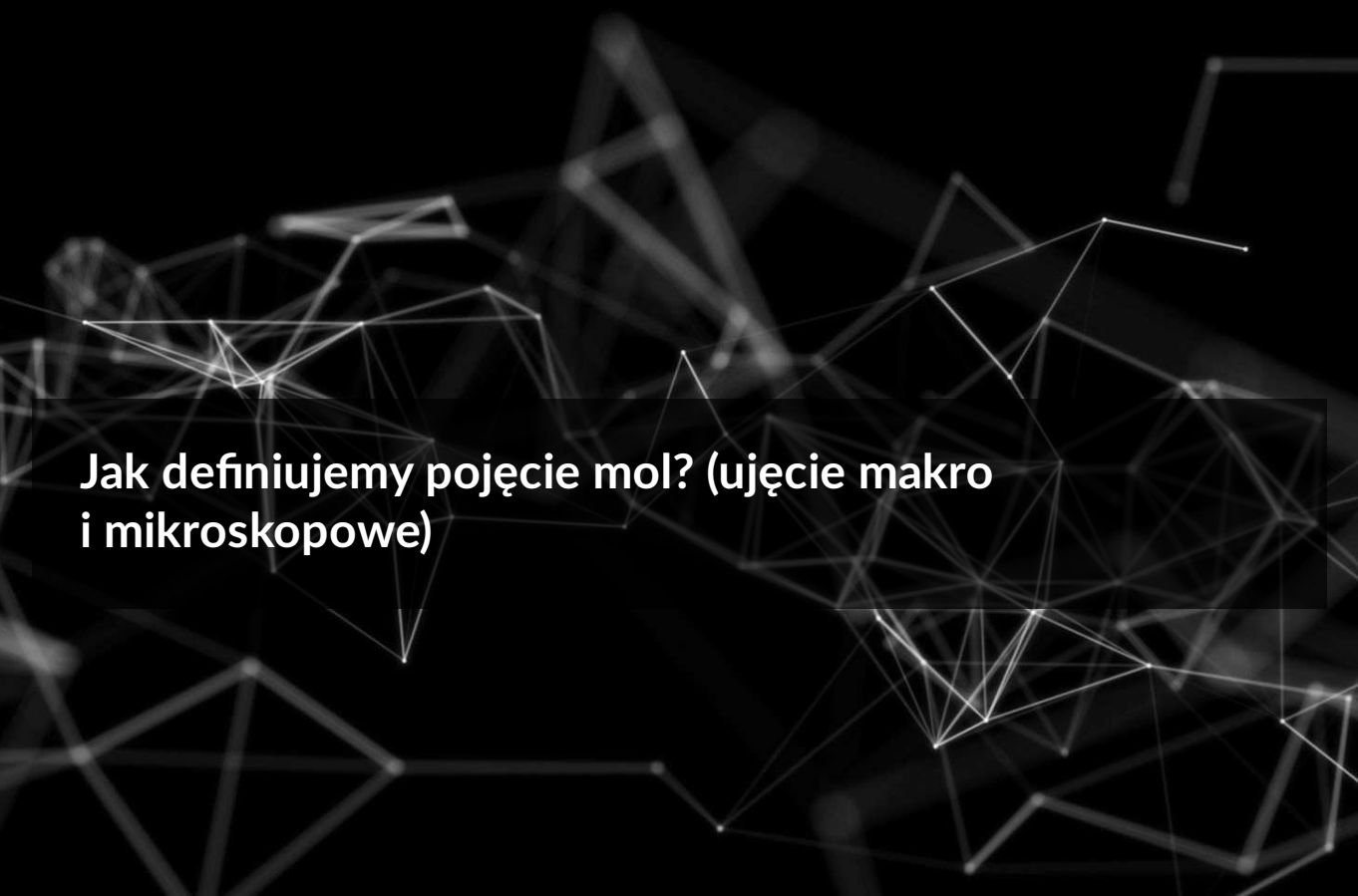




Jak definiujemy pojęcie mol? (ujęcie makro i mikroskopowe)

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



Jak definiujemy pojęcie mol? (ujęcie makro i mikroskopowe)

Czy wiesz, ile elementów zawiera jeden mol substancji?

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

Mol stał się częścią międzynarodowego systemu jednostek (SI) w 1971 roku i jest określany jako jednostka liczności materii, zawierająca $6,02214076 \cdot 10^{23}$ indywiduów chemicznych (tzn. elektronów, atomów, cząsteczek, jonów) lub innych obiektów elementarnych. Co ciekawe, każdego roku, 23 października, od godziny 6 : 02 obchodzimy święto mola. Data i godzina dotyczy liczby Avogadra, której wartość w przybliżeniu wynosi właśnie $6,02214076 \cdot 10^{23}$. Święto powstało we wczesnych latach 80. XX wieku, aby zwiększyć zainteresowanie chemią.

Twoje cele

- Rozróżnisz pojęcia: mol, liczba Avogadra, stała Avogadra.
- Porównasz ilości moli atomów w różnych związkach chemicznych.
- Wykonasz obliczenia, wykorzystując pojęcie mola.

Przeczytaj

Jak zdefiniować pojęcie mol?

W życiu codziennym posługujemy się słowem „para”, aby opisać posiadanie dwóch skarpetek, lub słowem „tuzin”, aby opisać posiadanie dwunastu jaj. Mówimy też o kwadransie, mając na myśli 15 minut. W chemii, słowem określającym licznosc jest „[mol](#)”. Kiedy biolodzy mówią o molach, zwykle odnoszą się do szkodników, które niszczą ubrania. Jednak gdy chemicy mówią o molach, odnoszą się do terminu naukowego, który reprezentuje liczbę $6,02214076 \cdot 10^{23}$ (w przybliżeniu $6,02 \cdot 10^{23}$).

Ważne!

Porcja zawierająca $6,02214076 \cdot 10^{23}$ atomów określana jest mianem jednego mola atomów.

$6,02214076 \cdot 10^{23}$ elektronów, [atomów](#), cząsteczek lub jonów, które znajdują się w jednym molu substancji, nazywamy stałą Avogadra. Oznaczana jest symbolem N_A i wyrażana jako licznosc cząstek na mol, np. $\frac{\text{atom}}{\text{mol}}$, $\frac{\text{cząsteczka}}{\text{mol}}$ lub $\frac{\text{jon}}{\text{mol}}$. Z kolei liczba Avogadra jest co do wartości równa [stałej Avogadra](#) ($6,02214076 \cdot 10^{23}$) i nie posiada jednostki.

Amadeo Avogadro (1776 – 1856)

Urodzony w Turynie. Prawnik, profesor filozofii naturalnej oraz fizyki matematycznej. Na podstawie swoich doświadczeń opracował rozprawę o liczbie cząsteczek, nazwaną prawem Avogadro. Wprowadził pojęcia

gramoatomu i gramocząsteczki, wynalazł metodę wyznaczania masy atomowej i masy cząsteczkowej. Prowadził badania nad zachowaniem prądu w roztworach soli oraz rozpisał wzory molekularne wody, amoniaku, tlenku węgla oraz chlorku wodoru. Zmarł w wieku 80 lat w Turynie.



Amadeo Avogadro (1776-1856)

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

Ważne!

Do przeliczenia ilości atomów, cząsteczek, jonów na liczbę moli stosuje się stałą Avogadro ($6,02214076 \cdot 10^{23}$), zgodnie z podanym wzorem:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

gdzie:

- n – liczność [mol];
- N – liczba atomów, cząstek lub jonów;
- N_A – stała Avogadra.

Przeliczanie liczby atomów na liczbę moli atomów

Przykład 1

Ile moli atomów stanowi $18,06 \cdot 10^{22}$ atomów Au?

Sposób 1.

Do przeliczenia liczby atomów na liczbę moli atomów można wykorzystać poniższą zależność:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Wówczas za N podstawiamy liczbę $18,06 \cdot 10^{22}$, a za N_A liczbę $6,02 \cdot 10^{23}$. Po podstawieniu danych do wzoru otrzymujemy:

$$n = \frac{18,06 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3 \cdot 10^{-1} = 0,3 \text{ mola}$$

Sposób 2.

Zadanie można również rozwiązać metodą proporcji. Korzystając z zależności, że 1 mol atomów zawiera $6,02 \cdot 10^{23}$ atomów, obliczamy liczbę moli atomów, która zawiera $18,06 \cdot 10^{22}$ atomów Au.

$$1 \text{ mol} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23}$$

$$n \text{ — } 18,06 \cdot 10^{22}$$

$$n = \frac{18,06 \cdot 10^{22} \cdot 1 \text{ mol}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ mol} = 0,3 \text{ mola}$$

Odpowiedź: $18,06 \cdot 10^{22}$ atomów Au stanowi 0,3 mola atomów.

Przeliczanie liczby moli atomów na liczbę atomów

Przykład 2

Jaką liczbę atomów stanowi 4,5 mola atomów Ar?

Sposób 1.

Do przeliczenia liczby moli atomów na liczbę atomów można wykorzystać poniższą zależność:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Wówczas przekształcamy powyższy wzór względem N .

$$N = n \cdot N_A$$

Za n podstawiamy liczbę 4,5, a za N_A liczbę $6,02 \cdot 10^{23}$. Po podstawieniu wartości liczbowych otrzymujemy:

$$N = 4,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 27,09 \cdot 10^{23}$$

Sposób 2.

Zadanie można również rozwiązać metodą proporcji. Korzystając z zależności, że 1 mol atomów zawiera $6,02 \cdot 10^{23}$ atomów, obliczamy liczbę atomów zawartych w 4,5 mola atomów. Wówczas możemy zapisać:

$$1 \text{ mol} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23}$$

$$4,5 \text{ mol} \text{ — } N$$

$$N = \frac{4,5 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{1 \text{ mol}} = 27,09 \cdot 10^{23}$$

Odpowiedź: 4,5 mola atomów Ar stanowi $27,09 \cdot 10^{23}$ atomów.

Słownik

atom

najmniejsza część pierwiastka chemicznego, zachowująca jego właściwości chemiczne oraz mająca określoną masę i objętość

mol

(łac. *moles* „ilość”) jednostka liczności (ilości) materii, podstawowa w układzie SI; jeden mol zawiera dokładnie $6,02214076 \cdot 10^{23}$ indywidualów chemicznych (elektronów, atomów, cząsteczek lub jonów)

stała Avogadra

N_A , stała fizyczna liczbowo równa liczbie atomów, cząsteczek lub innych cząstek materii zawartych w jednym molu tej materii

prawo Avogadra

prawo, zgodnie z którym w jednakowych warunkach temperatury i ciśnienia dana liczba cząsteczek dowolnego gazu zajmuje jednakową objętość

Bibliografia

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

Encyklopedia PWN

Ćwiczenia rachunkowe z chemii analitycznej, praca zbiorowa pod red. Zbigniewa Galusa, Warszawa 1996.

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

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

Audiobook

Polecenie 1

Zapoznaj się z nagraniem dotyczącym uczonego Amadeo Avogadro oraz liczby Avogadra. Następnie odpowiedz na pytania.

Jean Baptiste Perrin analizuje postawioną wiele lat wcześniej hipotezę Avogadro. Mikroskop, którego używa, charakteryzuje się dużym powiększeniem. Ma dwa szkiełka. Jedno nakrywkowe, o grubości jednej dziesiątej milimetra, drugie podstawowe. Bierze do ręki szkiełko podstawowe, nakłada na nie nieprzezroczystą folię z małym otworem i ostrożnie umieszcza tam kroplę emulsji gumiguty. Przykrywa szkiełkiem nakrywkowym, uszczelnia parafiną. Oświetla preparat przez piętnaście sekund. Szybko dokonuje pomiarów. Próbuje określić liczbę drobin w kropli olejku rozproszonego w roztworze. Bada na różnych głębokościach wnętrza preparatu. Powtórne obliczenia. Jean Baptiste Perrin wkrótce ogłosi słuszność wcześniej określonego wzoru. Zapisuje dokładnie na końcu kartki: w przybliżeniu $6,021 \cdot 10^{23}$ oraz datę: 1908 rok. Przez kilkadziesiąt lat uważano, że to jedynie hipoteza. Nie jest jego własnością, być może dlatego uzyskany wzór określa na cześć swojego inicjatora – liczbą Avogadro.

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro był prawnikiem. Urodził się w Turynie. Nie posługiwał się wszystkimi imionami, dlatego znamy go jako Amedeo Avogadro. Przypuszcza się, że jego nazwisko miało początek w określeniu De Advocatis, ponieważ przodkowie tego rodu sprawowali różne funkcje prawnicze. Sam Amedeo Avogadro obronił doktorat z prawa kanonicznego, po czym rozpoczął pracę w tym zawodzie. Jego prawdziwą pasją były nauki ścisłe. Pobierał prywatne lekcje, doksztalał się na podstawie lektur, prowadził również eksperymenty. Notatki przysyłał do Akademii Nauk w Turynie. W 1804 roku porzucił karierę prawniczą i rozpoczął pracę jako nauczyciel fizyki w liceum w Vercelli. Właśnie w tym czasie stworzył swoją hipotezę, według której „jednakowe objętości różnych gazów, znajdujących się w tej samej temperaturze i pod tym samym ciśnieniem, zawierają jednakowe liczby cząsteczek”. W swoich notatkach pisał jeszcze, że „(...) ilościowe proporcje substancji w związkach wydają się zależeć wyłącznie od liczby molekuł,

które się wiążą i od liczby molekuł złożonych, które powstają.” Przypuszczał, że „molekuły składowe jakiegokolwiek prostego gazu nie są utworzone z odosobnionych molekuł pierwiastkowych, lecz są złożone z pewnej liczby tych molekuł zespolonych przyciąganiem, by utworzyć pojedynczą molekułę.” Hipoteza nie została ani zauważona, ani skomentowana.

W 1820 roku został profesorem fizyki matematycznej na uniwersytecie w Turynie. Była to pierwsza profesura w tej dziedzinie. Za sprawą tak zwanych rządów silnej ręki króla Karola Feliksa, uniwersytet w Turynie został zamknięty w 1822 roku. Avogadro wrócił do zawodu prawnika. Kiedy zmarł w 1856 roku, opublikowano o nim tylko kilka informacji w prasie naukowej. Nigdy nie przejmował się brakiem reakcji na swoje dokonania. Poświęcał się nauce i eksperymentom bezgranicznie. Powody były co najmniej dwa. „Po pierwsze, odgrywała tu rolę czysta ciekawość i pasja poznawcza”. Po drugie, sprawa jego hipotezy „miała wiele aspektów praktycznych, z których wystarczy wymienić trzy: ustalanie wzorów związków chemicznych, obliczanie wyników analiz oraz określanie ilości substancji używanych do celów eksperymentalnych i przemysłowych”.

Co łączy Amedeo Avogadro ze współczesną definicją pojęcia mol?

Mol jest jedną z siedmiu podstawowych jednostek SI, a jego współczesna definicja odnosi się właśnie do liczby Avogadro. Jeden mol definiuje licznosc materii układu, zawierającego $6,02214076 \cdot 10^{23}$ określonych indywiduów elementarnych. Może to być atom, cząsteczka, jon, elektron, każda inna cząstka lub danego rodzaju grupa cząstek.

Pomiary dokonane przez Perrina były obarczone niepewnością, co w praktyce oznaczało, że otrzymał niedokładne wartości danych. Jak wiemy, liczba Avogadro zaczynała się od $6,021 \cdot 10^{23}$, a kolejne cyfry zmieniły się dopiero wtedy, gdy metody pomiarowe stawały się coraz dokładniejsze.

Jak wyznaczono dokładnie liczbę Avogadro?

Od połowy XX wieku naukowcy zaczęli określać liczbę Avogadro na podstawie krzemu, biorąc pod uwagę objętość molową kryształu krzemu i dzieląc ją przez objętość atomową krzemu. Problemem był jednak fakt, że naturalny krzem zawierał

trzy izotopy: krzem-28, krzem-29 i krzem-30, każdy o innej objętości molowej, a krzem naturalny stanowił jedynie 92% izotopu krzemu-28. Rok 1974 to moment, gdy Instytut Standaryzacji i Technologii (NIST) podjął próbę wyznaczenia liczby Avogadro przy użyciu naturalnego kryształu krzemu. Wówczas niepewność pomiarowa wahała się wokół 1 ppm.

Czy to była ostateczna wartość, jaką udało się naukowcom osiągnąć?

Pod koniec lat 90 powołano Międzynarodowy projekt Avogadro, którego celem było tworzenie kulistych kryształów wzbogaconych izotopem krzemu-28 i dokonywanie pomiarów jego sieci krystalicznej za pomocą interferometrii rentgenowskiej. Tym samym liczba Avogadro miała być wyznaczona ze względną niepewnością, mniejszą niż 0,02 ppm. Według naukowców kluczem do sukcesu miało być uczynienie krzemu tak czystego jak to tylko możliwe. Efektem wielu prac, rosyjscy naukowcy wyprodukowali izotop krzemu-28 o czystości 99,9995%. Oznaczało to, że tylko jeden atom na sto milionów był nieprawidłowy. W ten sposób dopiero w 2015 roku został opublikowany kolejny wynik $6,022\ 140\ 76 \cdot 10^{23}$, odpowiadający wartości określonej przez fizyków ze względną niepewnością 0,02 ppm. Tym samym cel został wreszcie osiągnięty.

Zapewne nikt nie byłby bardziej zafascynowany krzemem i jego rolą w próbach przededefiniowania Międzynarodowego Systemu Jednostek SI niż Amedeo Avogadro. Pomimo faktu, że uczony ostatecznie przecież nie zdefiniował pojęcia mol, możemy mu podziękować za bycie ważną częścią tej koncepcji.

Na podstawie:

W. H. Brock, *Historia Chemii*, Warszawa 1999.

I. D. Garard, *O chemii i chemikach*, Warszawa 1973.

Wielkie Biografie, Warszawa 2008, t. 3.

W. A.Kajetan, *Prywatnie i na wesoło*, Warszawa 2018, t. 1.

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Która z odpowiedzi prawidłowo definiuje pojęcie mol?

- Mol jest jednostką liczności materii (n). Jednostka ta należy do układu SI. Jeden mol zawiera dokładnie $6,02214076 \cdot 10^{-23}$ indywiduów chemicznych.
- Mol jest jednostką liczności materii (n). Jednostka ta należy do układu SI. Jeden mol zawiera dokładnie $6,02214076 \cdot 10^{-23}$ indywiduów chemicznych.
- Mol jest jednostką liczności materii (n). Jednostka ta nie należy do układu SI. Jeden mol zawiera dokładnie $6,02214076 \cdot 10^{-23}$ indywiduów chemicznych.
- Mol jest jednostką liczności materii (n). Jednostka ta należy do układu SI. Jeden mol zawiera dokładnie $6,02214076 \cdot 10^{-23}$ indywiduów chemicznych.

Ćwiczenie 2



Wybierz poprawną odpowiedź.

Dwa mole atomów żelaza stanowią:

- 12,04 atomów.
- $12,04 \cdot 10^{23}$ atomów.
- $3,01 \cdot 10^{23}$ atomów.
- $6,02 \cdot 10^{23}$ atomów.

Ćwiczenie 3



Uzupełnij poniższe zdania.

W jednym H_2O znajduje się $6,02 \cdot 10^{23}$ cząsteczek H_2O . Jedna cząsteczka H_2O zawiera dwa atomy wodoru, zatem mol cząsteczek H_2O zawiera mole atomów wodoru, co stanowi $12,04 \cdot 10^{23}$ atomów H. Łącznie 1 mol cząsteczek wody zawiera mole atomów, czyli $18,06 \cdot 10^{23}$ atomów.

Ćwiczenie 4



Dla podanych w tabeli ilości cząsteczek przyporządkuj liczbę moli cząsteczek.

$6,02 \cdot 10^{22}$ cząsteczek H_2O	$3,01 \cdot 10^{23}$ cząsteczek CO_2	$3,01 \cdot 10^{22}$ cząsteczek H_2	$1,204 \cdot 10^{23}$ cząsteczek N_2
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Ćwiczenie 5



Uporządkuj podane ilości moli pierwiastków i związków chemicznych wg rosnącej łącznej liczby atomów.

, , ,

Ćwiczenie 6



Zaznacz prawidłowe stwierdzenia.

- 4 milimole cząsteczek tlenku diazotu (N_2O) zawierają mniej moli atomów tlenu niż 4 milimole cząsteczek tritlenku diazotu (N_2O_3).
- W 7 molach cząsteczek wody jest więcej moli atomów tlenu niż w 5 molach cząsteczek nadtlenu wodoru (H_2O_2).
- Więcej moli atomów wodoru zawiera próbka zawierająca 1 mol cząsteczek wodoru niż 1 mol cząsteczek chlorowodoru (HCl).

Ćwiczenie 7



Oblicz, ile atomów wodoru zawartych jest w 0,02 mola cząsteczek kwasu siarkowego(VI).

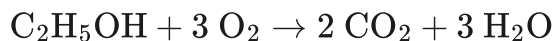
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Przeprowadzono doświadczenie, w którym dokonano spalania etanolu do tlenku węgla(IV). Zachodzącą reakcję zapisano poniżej:



A. W pięciu doświadczeniach oznaczonych cyframi I - V, zilustrowanych powyższym równaniem, użyto różnej liczby moli cząsteczek etanolu. Uzupełnij tabelę ilustrującą zależność pomiędzy liczbą moli cząsteczek spalanego etanolu a ilością powstającego w reakcji tlenku węgla(IV).

	I	II	III	IV	V
liczba moli cząsteczek etanolu	<input type="text"/>	3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
liczba moli cząsteczek tlenku węgla(IV)	2	<input type="text"/>	8	<input type="text"/>	<input type="text"/>
liczba cząsteczek tlenku węgla(IV)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$6,022 \cdot 10^{24}$	<input type="text"/>

B. Oblicz liczbę atomów tlenu niezbędną do otrzymania 10 moli cząsteczek tlenku węgla(IV).

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: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak definiujemy pojęcie mol? (ujęcie makro i mikroskopowe)

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

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy

I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:

1) stosuje pojęcie mola i liczby Avogadra

Poziom rozszerzony

I. Atomy, cząsteczki i stechiometria chemiczna. Uczeń:

1) stosuje pojęcia: nuklid, izotop, mol i liczba Avogadra.

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:

- rozróżnia pojęcia: mol, liczba Avogadra, stała Avogadra;
- porównuje ilości moli atomów w różnych związkach chemicznych;
- wykonuje obliczenia wykorzystując pojęcie mol;

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca zbiorowa;

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i dostępem do Internetu;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje pytanie zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: W jakim celu wprowadzono jednostkę mola do chemii?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytania: Czy wiesz, ile elementów zawiera 1 mol substancji? Do jakich indywidualów można go odnosić?

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie analizują treści zawarte w e-materiale dotyczące interpretacji mola i obliczania liczby moli. Po wyznaczonym czasie chętni uczniowie podają znaczenie pojęcia mola i wzór na obliczanie liczby moli. Powrót do fazy wstępnej i skonfrontowanie wypowiedzi na temat mola.
2. Nauczyciel odsyła uczniów do medium bazowego i prosi o wysłuchanie nagrania związanego z liczbą Avogadra, a następnie udzielenie odpowiedzi na pytania: Jaką liczbę zanotował Perrin w swoich notatkach? Jaki pierwiastek odegrał kluczową rolę

w określeniu dokładnej wartości liczby Avogadro? Ile wynosi liczba Avogadro? W jaki sposób ją wyznaczono? Jaka jest różnica między liczbą Avogadra a stałą Avogadra?

3. Uczniowie analizują polecenie 1 i 2 w e-materiale obrazujące sposób przeprowadzania obliczeń związanych z wprowadzeniem mola, a następnie w parach rozwiązują zadania - patrz w materiałach pomocniczych. Po wyznaczonym czasie chętni uczniowie podchodzą do tablicy i podają swoją propozycję rozwiązań. Pozostali uczniowie i nauczyciel weryfikują poprawność rozwiązań.
4. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania związane z pojęciem mol i zastosowaniem liczby Avogadra. 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.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów. Pyta:

- Jak można zdefiniować pojęcie mola?
- Dlaczego mol nie jest dogodną jednostką do podawania liczby ludności na świecie?

2. 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...
- Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia, których nie zdążyli rozwiązać podczas lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

Audiobook może zostać wykorzystany przez uczniów podczas przygotowywania się do zajęć lub sprawdzianu wiedzy.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje treści zadań podane w załączniku na karteczkach dla uczniów. Uczniowie rozwiązują zadania.

Plik o rozmiarze 65.87 KB w języku polskim

2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jak można zdefiniować pojęcie mol?
- Dlaczego mol nie jest dogodną jednostką do podawania liczby ludności na świecie?