

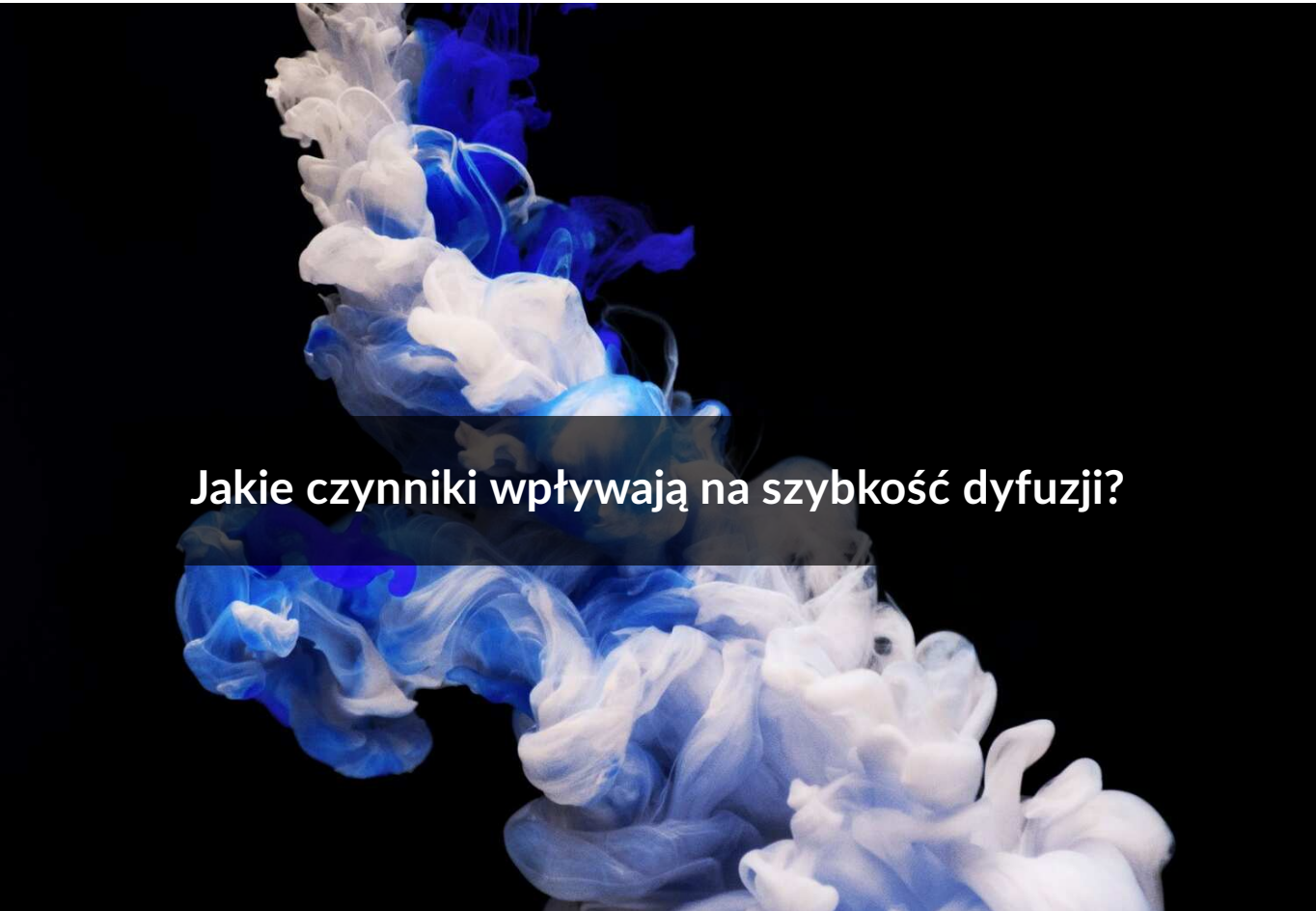


Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?

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

Opowiedz się

- Dla nauczyciela



Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?

Źródło: dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/1433455> [dostęp 12.06.2022], domena publiczna.

Czy to nie ciekawe?

Dyfuzja leży u podstaw wielu zjawisk, które znamy z życia codziennego. Czasem są to zjawiska korzystne, a czasem wręcz odwrotnie. Na przykład dyfuzja sprawia, że cząsteczki substancji zapachowych z kwiatów rozchodzą się w powietrzu, dzięki czemu owady mogą te kwiaty odnaleźć i zapylić. Dyfuzja jest jednak również odpowiedzialna za rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza i powstawanie smogu (Rys. a.), który zagraża ludziom nawet w dużych odległościach od kominów wypuszczających szkodliwe substancje. Nie ulega wątpliwości, że ważna jest wiedza: od czego zależy szybkość dyfuzji i jakie substancje dyfundują szybciej, a jakie wolniej.



Rys. a. Smog to mgła wymieszana z dymem i spalinami. Czy wiesz, że stan powietrza w Polsce jest na bieżąco monitorowany i w każdej chwili go sprawdzić korzystając z jeden z wielu dostępnych przez internet tzw. "map zanieczyszczeń"?

Źródło: dostępny w internecie: <https://unsplash.com/photos/rluaGGjD85k> [dostęp 12.06.2022], domena publiczna.

Twoje cele

Dzięki lekturze tego materiału:

- przypomnisz sobie, czym jest dyfuzja,
- zrozumiesz, jak szybkość dyfuzji zależy od temperatury i stanu skupienia ośrodka, w jakim to zjawisko zachodzi,
- przeanalizujesz szybkość dyfuzji dla substancji o różnych masach cząsteczek dyfundujących.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Dyfuzja na poziomie mikroskopowym i makroskopowym

Cząsteczki cieczy i gazów poruszają się chaotycznie z wielkimi prędkościami, w zderzeniach wciąż zmieniając kierunki i wartości swoich prędkości. Ten ruch nazywamy **ruchem cieplnym** lub **ruchem termicznym**.

Dyfuzja (ang. diffusion)

to rozprzestrzenianie i mieszanie się cząsteczek na skutek ruchów cieplnych.

Przykłady dyfuzji to: rozprzestrzenianie się zapachów w nieruchomym powietrzu, wymieszanie wody i mleka wlanych do jednego naczynia, czy wyrównanie się, w całej objętości zbiornika wodnego, stężenia zanieczyszczeń, które się do niego przedostały.

Na Rys. 1. pokazano kolorowy atrament wlany do naczynia z wodą. Barwne plamy rozprzestrzeniają się, zmieniają kształty, aż w końcu cała woda będzie miała jednolite zabarwienie. W skali makroskopowej zjawisko dyfuzji obserwujemy jako proces nieodwracalny, prowadzący do wyrównywania stężeń różnych składników cieczy lub gazu. Na poziomie mikroskopowym przyczyną dyfuzji są chaotyczne, termiczne ruchy cząsteczek. Ruch każdej cząsteczki jest całkowicie przypadkowy - żaden kierunek nie jest wyróżniony. Efekt dokładnego wymieszania substancji jest skutkiem ogromnej liczby poruszających się losowo cząsteczek.



Rys. 1. Dyfuzja kolorowego atramentu w wodzie.

Od czego zależy szybkość dyfuzji?

Gdy cząsteczki mają duże prędkości, a więc i duże energie kinetyczne, to w krótkim czasie mogą pokonać duże odległości. Miarą średniej energii kinetycznej cząsteczek jest temperatura w skali bezwzględnej. Stąd wniosek:

Dyfuzja zachodzi szybciej w wyższej temperaturze.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D14tnabro>

W filmie pokazano, w jaki sposób szybkość dyfuzji barwnika spożywczego zależy od temperatury wody w szklance. W szklance po lewej stronie woda jest o wiele cieplejsza, niż w szklance po prawej stronie. Podobne doświadczenie możesz przeprowadzić samodzielnie. Użyty przez nas barwnik jest tym samym, który wykorzystujemy do barwienia wielkanocnych jajek.

Film prezentuje w jaki sposób niebieski barwnik spożywczy rozprzestrzenia się w wodzie. Przykład dyfuzji barwnika w wodzie pokazano w dwóch szklankach. Jedna szklanka wypełniona jest wodą cieplejszą i w niej dyfuzja przebiega dosyć szybko. Barwnik rozprzestrzenia się w sposób regularny barwiąc wodę na kolor niebieski. Widoczny jest ruch "niteczek" barwnika, które zabarwiają całą zawartość szklanki na kolor niebieski. W drugiej szklance woda jest chłodniejsza niż w pierwszej i w niej proces dyfuzji przebiega inaczej. Widoczne są "niteczki" barwnika chaotycznie poruszające się, ale nie barwiące całej wody w szklance. Niteczki barwnika "tańczą" nieregularnie pozostawiając wodę niezabarwioną, tworząc w niej nieregularnie poruszające się kleksy. Dyfuzja to proces samorzutnego rozprzestrzeniania i przenikania się cząsteczek lub energii będący konsekwencją chaotycznych zderzeń cząsteczek dyfundującej substancji między sobą.

Pamiętajmy jednak, że dwie cząsteczki o jednakowych energiach kinetycznych, ale różnych masach mają różne prędkości. Im mniejsza masa cząsteczki, tym większa jej prędkość.

Wynika to ze wzoru na energię kinetyczną: $E_k = \frac{mv^2}{2}$.

Wobec tego, w tej samej temperaturze cząsteczki o mniejszej masie będą rozprzestrzeniały się (dyfundowały) szybciej niż te o większej masie.

Szybkość dyfuzji jest tym większa, im mniejsza jest masa cząsteczkowa substancji dyfundujących.

Szybkość dyfuzji jest większa w ośrodkach, których cząsteczki wykonują ukierunkowany ruch. Na przykład mleko szybciej wymiesza się z kawą, gdy całość zamieszaamy łyżeczką. Podany przykład ilustruje tzw. **dyfuzję wymuszoną**. Zjawisko dyfuzji wymuszonej jest często wykorzystywane przez drapieżniki, które podchodząc od zawietrznej (tj. od strony, z której - z punktu widzenia drapieżnika - wieje wiatr) są niewyczuwalne dla swoich ofiar.

Na szybkość dyfuzji wpływa też to, jak często cząsteczka zderza się z innymi cząsteczkami. Zderzenia są rzadsze, gdy dłuższa jest **średnia droga swobodna**, czyli średnia odległość przebyta przez cząsteczkę między kolejnymi zderzeniami. Mniejsza liczba zderzeń oznacza

szybszy proces dyfuzji. Oczywiście średnia droga swobodna cząsteczek zależy od stanu skupienia substancji.

Dyfuzja zależy od stanu skupienia i własności ośrodka, w jakim zachodzi.

W gazach cząsteczki znajdują się w dużych odległościach od siebie i zderzają się znacznie rzadziej niż w cieczach. Ich średnia droga swobodna jest stosunkowo duża. Z tego powodu **dyfuzja w gazach zachodzi szybko**. Z codziennego doświadczenia wiemy, że zapachy rozchodzą się w pokoju w czasie kilku sekund lub minut. Zmniejszenie ciśnienia gazu oznacza, że mniej cząsteczek przypada na jednostkę objętości i zderzenia zachodzą rzadziej niż przy wysokim ciśnieniu. Gdy ciśnienie maleje, zwiększa się średnia droga swobodna cząstek i dyfuzja zachodzi szybciej.

W cieczach cząsteczki znajdują się w mniejszych odległościach od siebie niż w gazach i zderzają się częściej. **Dyfuzja w cieczach jest wolniejsza niż w gazach**. Na co dzień spotykamy się z tym zjawiskiem, gdy na przykład solimy zupę albo dodajemy cukier do herbaty. Nawet bez mieszania po pewnym czasie stężenie cukru w herbacie lub soli w zupie wyrównuje się dzięki dyfuzji, ale trwa to dość długo i potrzeba sporo cierpliwości, aby doczekać się końca takiego procesu.

Dyfuzja w ciałach stałych zachodzi najwolniej. W ciałach stałych cząsteczki tworzą siatkę krystaliczną i nie mogą swobodnie przemieszczać się, a tylko wykonują drgania wokół swoich położeń równowagi. Jednak gdy zetkniemy ze sobą powierzchnie dwóch różnych ciał stałych, to po pewnym czasie w każdym z tych ciał można znaleźć cząsteczki drugiego ciała. Przyczyną zmiany rozmieszczenia atomów w sieci krystalicznej jest właśnie dyfuzja. Zdarza się, że cząsteczka znajdująca się na granicy dwóch ciał, otrzymuje przypadkowo większą energię kinetyczną, która pozwala jej opuścić swoje położenie i przemieścić się do sąsiedniego ciała.

Słowniczek

Masa cząsteczkowa

(ang.: *molecular mass*) masa jednej cząsteczki związku chemicznego.

Średnia droga swobodna

(ang.: *mean free path*) średnia droga przebyta przez molekułę między kolejnymi zderzeniami.

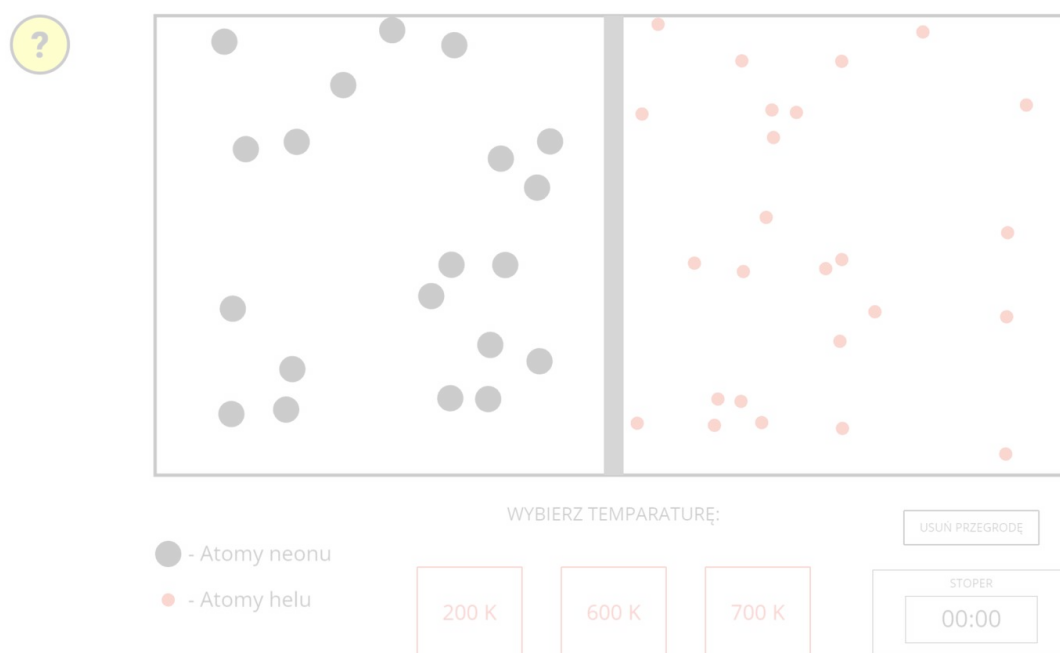
Symulacja interaktywna

Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?

Poniżej zamieszczono symulację interaktywną, przy pomocy której możesz sprawdzić, jak szybkość dyfuzji zależy od temperatury i od wielkości cząsteczek.

Klikając odpowiednie przyciski na symulacji wybierz temperaturę układu, a następnie usuń przegrodę między pojemnikami wypełnionymi dwoma różnymi rodzajami gazu (helem i neonem). Po usunięciu przegrody atomy obydwu gazów przemieszczają się i zaczynają wypełniać przestrzeń, która była dla nich dotychczas niedostępna.

Usunięcie przegrody powoduje automatyczne uruchomienie stopera, który mierzy czas do chwili, gdy po raz pierwszy jeden z atomów neonu uderzy w prawą ściankę połączonego naczynia.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DqvgWuT7l>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Polecenie 1

Dla wybranej temperatury, np. $T=200$ K, wykonaj 10 pomiarów czasu dyfuzji. Wyznacz średnią wykonanych pomiarów t_{sr} i odchylenie standardowe średniej s_{sr} . Pomiary powtórz dla pozostałych wartości temperatury.

Porównaj uzyskane wyniki. Co na podstawie tych wyników możesz powiedzieć o prędkości atomów badanych gazów?

Polecenie 2

Ustaw w symulacji najniższą temperaturę. Po usunięciu bariery obserwuj ruch atomów helu (tj. czerwonych). Zliczaj, ile razy atomy te uderzają w lewą ścinkę połączonego naczynia zanim symulacja zakończy działanie. Powtórz obserwację kilka razy. Czy na podstawie poczynionych obserwacji możesz wysnuć wniosek o tym, w jaki sposób tempo dyfuzji zależy od masy dyfundujących cząsteczek?

Polecenie 3

Ustaw w symulacji najniższą temperaturę. Wykonaj 50 pomiarów czasu dyfuzji. Zebrane pomiary przedstaw w postaci histogramu. Zaznacz na nim wartość średnią i odchylenie standardowe od średniej. Czy kształt histogramu coś Ci przypomina?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Porównaj szybkość dyfuzji w opisanych sytuacjach. Uporządkuj od najszybszej do najwolniejszej dyfuzji.

Dyfuzja zachodząca między stykającymi się płytkami złota i ołowiu.



Dyfuzja zanieczyszczeń wydobywających się z komina.



Dyfuzja barwnika w wodzie.



Zaznacz, które z poniższych stwierdzeń jest prawdziwe:



Zapach śmietnika rozprzestrzenia się tylko wtedy, gdy wieje wiatr i tylko w tym kierunku, w którym wieje.



Podczas bezwietrznej pogody zapach śmietnika szybciej rozchodzi się latem niż zimą.



Podczas bezwietrznej pogody zapach śmietnika szybciej rozchodzi się zimą niż latem.

Ćwiczenie 3



W celu domieszkowania półprzewodnika atomami metalu, jego powierzchnię pokryto warstwą metalu i pozostawiono na pewien czas, aby atomy metalu przeniknęły do półprzewodnika drogą dyfuzji. W jaki sposób można zwiększyć liczbę atomów metalu w półprzewodniku? Zaznacz prawidłowe odpowiedzi.

☐ Zmniejszając temperaturę, w której zachodzi dyfuzja.

☐ Umieszczając całość w komorze próżniowej.

☐ Umieszczając całość w komorze wysokociśnieniowej.

☐ Zwiększając temperaturę, w której zachodzi dyfuzja.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższe zdania:

Zjawisko dyfuzji przebiega szybciej w (wyższej ☐ / niższej ☐) temperaturze, ponieważ cząsteczki poruszają się wtedy średnio z (mniejszymi ☐ / większymi ☐) prędkościami.

Tę własność dyfuzji można wywnioskować z kinetycznej teorii gazów, według której średnia (wartość pędu ☐ / energia kinetyczna ☐) cząsteczek jest (proporcjonalna ☐ / odwrotnie proporcjonalna ☐) do temperatury w skali (Celsjusza ☐ / Kelwina ☐).

Ćwiczenie 5



Gdy kapustę kiszoną w zamkniętej torebce foliowej umieścimy w lodówce, to po pewnym czasie w lodówce czuć zapach kapusty. Wyjaśnij przyczynę tego zjawiska.

Ćwiczenie 6



W tym samym miejscu otwarto pojemnik z olejkim anyżowym o przyjemnym zapachu oraz pojemnik z siarkowodorem o bardzo przykrym zapachu. Który z zapachów pierwszy dotrze do osoby stojącej 10 metrów dalej? Głównym składnikiem olejku anyżowego jest anetol, którego cząsteczka ma masę ponad 4 razy większą niż cząsteczka siarkowodoru.

Ćwiczenie 7



Do pojemnika wpuszczono środek dezynfekcyjny. W jaki sposób można zwiększyć szybkość dyfuzji tego środka: przez zwiększenie ciśnienia w pojemniku, czy przez zmniejszenie ciśnienia? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



Izotopy (ang.: *isotopes*) to odmienne postacie atomów tego samego pierwiastka chemicznego, różniące się liczbą neutronów w jądrze. Atomy izotopów tego samego pierwiastka różnią się masą.

W rudzie uranu występują izotopy: ^{238}U i ^{235}U . W celu ich rozdzielenia stosuje się m.in. dyfuzję gazową. Gazową postać ma sześćiofluorek uranu UF_6 . W procesie rozdzielania $^{235}\text{UF}_6$ i $^{238}\text{UF}_6$ wykorzystuje się fakt, że związek jednego z izotopów dyfunduje szybciej niż drugi. Odpowiedz, które cząsteczki: $^{235}\text{UF}_6$, czy $^{238}\text{UF}_6$ dyfundują szybciej. Odpowiedź uzasadnij.



W stanie naturalnym (np. w bryłach rudy uranowej) występuje głównie (ok. 99,3%) słabo promieniotwórczy izotop uranu ^{238}U . W reaktorach jądrowych (zob. fot.) stosuje się bardziej promieniotwórczy izotop ^{235}U , który stanowi niewielką część (ok. 0,7%) naturalnych zasobów tego pierwiastka.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	Cele kształcenia – wymagania ogólne I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. V. Termodynamika. Uczeń: 7) opisuje zjawisko dyfuzji jako skutek chaotycznego ruchu cząsteczek. Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. VI. Termodynamika. Uczeń: 18) opisuje zjawisko dyfuzji; posługuje się pojęciem fluktuacji, opisuje ruchy Browna.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: • 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: 1. wyjaśnia, na czym polega zjawisko dyfuzji, 2. identyfikuje czynniki, jakie wpływają na szybkość dyfuzji w gazach, cieczach i ciałach stałych, 3. dostrzega przykłady dyfuzji w życiu codziennym, 4. analizuje szybkość dyfuzji dla substancji o różnych masach cząsteczkowych.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania	wykład informacyjny, pokaz multimedialny, analiza pomysłów
Formy zajęć:	praca w parach, praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiały: „Na czym polega zjawisko dyfuzji?”, „Badanie zjawiska dyfuzji na przykładzie rozchodzenia się atramentu w wodzie”, „Badanie zjawiska dyfuzji na przykładzie rozchodzenia się zapachów”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. Odwołanie do wiedzy uczniów o zjawiskach dyfuzji znanych z codziennego życia.	
Faza realizacyjna:	

Nauczyciel wyjaśnia, czym jest ruch termiczny cząsteczek i na czym polega dyfuzja. Podkreśla przy tym, że ruch każdej cząsteczki jest procesem przypadkowym i niezależnym od innych cząsteczek. Nauczyciel stawia pytanie: „Od czego zależy szybkość dyfuzji?”. Uczniowie zgłaszają swoje pomysły, a nauczyciel je porządkuje poprzez zadawanie pytań i/lub podawanie przykładów zjawisk, które nawiązują do codziennych doświadczeń uczniów. W tej części lekcji pomocne mogą być ćwiczenia 5, 6 i 7 z zestawu ćwiczeń. Uczniowie wypisują na tablicy czynniki, od których zależy szybkość dyfuzji. Uczniowie w parach pracują z symulacją interaktywną, zapisując czasy dyfuzji dla różnych temperatur. Następnie wspólnie dyskutują nad zadaniem w symulacji pytaniem.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w parach rozwiązują zadania 1, 2 i 3 z zestawu ćwiczeń. Nauczyciel monitoruje pracę uczniów, wyjaśnia wątpliwości.

Praca domowa:

Zadanie 4 i 8 z zestawu ćwiczeń.

**Wskazówki
metodyczne opisujące
różne zastosowania
danego multimedium:**

Multimedium bazowe może też wykorzystane podczas lekcji zgodnie z przedstawionym scenariuszem lub po lekcji do powtórzenia i utrwalenia materiału przez uczniów.