



Jak doświadczalnie wyjaśnić zjawisko dyfuzji i ruchów Browna?

Tomasz Greczyło

Scenariusz interdyscyplinarnego projektu edukacyjnego do fizyki dla III etapu edukacyjnego – liceum ogólnokształcące i technikum

opracowany w ramach projektu:

„Tworzenie zestawów narzędzi edukacyjnych wspierających proces wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w zakresie rozwoju umiejętności uniwersalnych dzieci i uczniów oraz kompetencji kluczowych niezbędnych do poruszania się na rynku pracy”

dofinansowanego ze środków Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, 2.10 Wysoka jakość systemu oświaty

Warszawa 2022

Redakcja merytoryczna: Monika Szaławska-Murmyło, Anna Wawryszuk, Marcin Pełka
Redakcja językowa i korekta: Eduexpert sp. z o.o.
Projekt graficzny i projekt okładki: Eduexpert sp. z o.o.
Redakcja techniczna i skład: Eduexpert sp. z o.o.

Weryfikacja i odbiór niniejszej publikacji: Ośrodek Rozwoju Edukacji w Warszawie

w ramach projektu: *Weryfikacja i odbiór zestawów narzędzi edukacyjnych wspierających proces wychowania przedszkolnego i kształcenia ogólnego w zakresie rozwoju umiejętności uniwersalnych dzieci i uczniów oraz kompetencji kluczowych niezbędnych do poruszania się na rynku pracy*

dofinansowanego ze środków Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, 2.10 Wysoka jakość systemu oświaty

Warszawa 2022

Ośrodek Rozwoju Edukacji
Aleje Ujazdowskie 28
00-478 Warszawa
ore.edu.pl



Publikacja jest rozpowszechniana na zasadach wolnej licencji Creative Commons –
Użycie niekomercyjne 4.0 Polska (CC-BY-NC).
creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.pl

1. Temat projektu

Jak doświadczalnie wyjaśnić zjawisko dyfuzji i ruchów Browna?

2. Odbiorcy projektu edukacyjnego

Uczniowie II klasy szkoły ponadpodstawowej (liceum ogólnokształcącego, technikum) realizujący podstawę programową z fizyki w zakresie podstawowym i/lub rozszerzonym.

Odbiorcami projektu mogą być uczniowie o zróżnicowanych potrzebach edukacyjnych, ponieważ jego konstrukcja pozwala na dostosowanie zakresu merytorycznego, poziomu trudności i metod do indywidualnych potrzeb i możliwości uczniów, w tym uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi (SPE). Nauczyciel może zdecydować, czy projekt będzie realizowany w zakresie podstawowym lub rozszerzonym, wybierając odpowiednie zadania projektowe oznaczone jako podstawowe (P) lub rozszerzone (R).

3. Cele projektu

Celem projektu jest przygotowanie przez uczniów prezentacji multimedialnej, w której zostaną przedstawione zjawiska dyfuzji i ruchy Browna oraz wskazane konsekwencje występowania tych zjawisk, a także wykorzystane narzędzia technologii informacyjno-komunikacyjnej do ilustrowania i badania obu zjawisk.

Cele operacyjne. Uczeń:

- wyjaśnia mechanizm dyfuzji oraz opisuje ruchy Browna jako konsekwencję termicznych ruchów drobin materii;
- wymienia przykłady dyfuzji w życiu codziennym;
- wykorzystuje pojęcie fluktuacji w opisie ruchu cząstek;
- opisuje ruchy Browna, posługując się pojęciami: izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, oddziaływanie międzycząsteczkowe;
- wskazuje parametry fizyczne, które mają wpływ na przebieg zjawiska ruchów Browna.

Scenariusz jest materiałem uzupełniającym dostępnych na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej (ZPE) programów nauczania dla szkoły ponadpodstawowej: z zakresu podstawowego *Rozumiem fizykę* (PDF, 1 080 kB; dostęp 10.02.2023) oraz z zakresu rozszerzonego *Z fizyką przez życie* (PDF, 1 171 kB; dostęp 10.02.2023) Joanny Borgensztajn opracowanych w ramach projektu „Tworzenie programów nauczania oraz scenariuszy lekcji i zajęć wchodzących w skład zestawów narzędzi edukacyjnych wspierających proces kształcenia ogólnego w zakresie kompetencji kluczowych uczniów niezbędnych do poruszania się na rynku pracy”.

Przedmiotem przewodnim projektu jest fizyka, ale realizowane są również zagadnienia z obszarów:

- matematyki – modelowanie matematyczne,
- biologii – wymiana gazowa w płucach i tkankach oraz skrzelach ryb,
- informatyki – symulacja metodą Monte Carlo.

4. Przewidywany czas realizacji projektu

Na realizację projektu przewiduje się 4 godziny lekcyjne i 2 godziny pracy pozaszkolnej.

5. Treści podstawy programowej realizowane w ramach projektu

5.1. Fizyka

Zakres podstawowy

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

- 7. wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;
- 15. wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.

V. Termodynamika. Uczeń:

- 1. opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy;
- 7. opisuje zjawisko dyfuzji jako skutek chaotycznego ruchu cząsteczek.

Zakres rozszerzony

VI. Termodynamika. Uczeń:

- 10. posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego;
- 18. opisuje zjawisko dyfuzji; posługuje się pojęciem fluktuacji, opisuje ruchy Browna.

5.2. Matematyka

Cele kształcenia – wymagania ogólne

III. Wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji.

- 2. Dobieranie i tworzenie modeli matematycznych przy rozwiązywaniu problemów praktycznych i teoretycznych.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XII. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka. Zakres podstawowy. Uczeń:

- 1) oblicza prawdopodobieństwo w modelu klasycznym.

5.3. Biologia

V. Budowa i fizjologia człowieka

- 4. Wymiana gazowa i krążenie. Uczeń:
 - 2) przedstawia warunki umożliwiające i ułatwiające dyfuzję gazów przez powierzchnię wymiany gazowej płuc;

5.4. Informatyka

II. Programowanie i rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem komputera i innych urządzeń cyfrowych. Uczeń:

- 2. do realizacji rozwiązań problemów prawidłowo dobiera środowiska informatyczne, aplikacje oraz zasoby, wykorzystuje również elementy robotyki;

3. przygotowuje opracowania rozwiązań problemów, posługując się wybranymi aplikacjami:

1) projektuje modele dwuwymiarowe i trójwymiarowe (...).

6. Metody realizacji projektu edukacyjnego i formy pracy

Podczas realizacji projektu konieczne jest dostosowanie wszystkich zaproponowanych metod do potrzeb uczniów ze SPE. Użyteczne będą następujące metody:

- odkrywanie przez dociekanie,
- giełda pomysłów,
- dyskusja,
- prezentacja.

W ramach realizacji projektu przewidziano następujące formy pracy uczniów

- praca indywidualna,
- praca w grupach.

W pracy z uczniami nauczyciel wykorzystuje różne metody, techniki i formy pracy, co sprzyja aktywizacji uczniów. Taki sposób realizacji projektu pozwala również uwzględnić potrzeby uczniów ze SPE, np.:

- odkrywanie przez dociekanie oraz giełda pomysłów dają wszystkim uczniom, w tym również ze SPE, możliwość przedstawienia swoich pomysłów oraz rozwiązań problemów bez narażania się na krytykę (w fazie twórczej pomysły nie są oceniane);
- dyskusja – przed rozpoczęciem pracy tą metodą nauczyciel może zwrócić szczególną uwagę na zasady jej prowadzenia (nieprzerwanie wypowiedzi innych, szacunek dla cudzych poglądów itp.), aby także uczniowie ze SPE czuli się bezpiecznie podczas debaty. Należy pamiętać o tym, żeby osobom, które mają problem z wystąpieniami publicznymi, dać możliwość przedstawienia swojego stanowiska w formie pisemnej lub nagrania. W ten sposób będą mogły dopracować swoje wystąpienie poza zajęciami;
- prezentacja – podczas pracy tą metodą trzeba pamiętać o osobach, które mają problem z wystąpieniami publicznymi. Nie powinny być one zmuszane do przedstawiania prezentacji. Mogą się sprawdzić, wykonując inne zadania w grupie, np. przygotować ilustracje i treści do prezentacji oraz pytania pobudzające do aktywnego słuchania. Mogą także pracować podczas przygotowywania innych wytworów składających się na prezentację końcową, tzn. makiet, modeli i symulacji.

Praca grupowa pozwala wykorzystać potencjał uczniów o zróżnicowanych potrzebach edukacyjnych. Zgodnie z założeniami programu J. Borgensztajn i założeniami edukacji włączającej „uczniowie z szeroko rozumianymi specjalnymi potrzebami edukacyjnymi powinni mieć zapewnione optymalne środowisko do realizacji własnego potencjału” (Borgensztajn 2019: 21). Łączenie w grupy uczniów zdolnych z uczniami wykazującymi trudności w uczeniu się wspomaga proces edukacji rówieśniczej. Uczeń zdolniejszy może ponadto rozwijać przydatne na rynku pracy umiejętności przekazywania wiedzy w zrozumiały sposób, a także zdobywać umiejętności lidera. W podobny sposób można tworzyć grupy, w skład których będą wchodzić uczniowie z deficytem uwagi oraz uczniowie systematyczni i opanowani emocjonalnie. Ci pierwsi mogą szybciej

zapropionować rozwiązania, ale to ci drudzy łatwiej przeanalizują je pod kątem przydatności i wykonają żmudne obliczenia. Dostosowanie w opisywanym projekcie może się także odbywać przez dobór zadań, ich liczby, jak i czasu przeznaczanego na ich wykonanie.

Materiały do pracy indywidualnej, jak i sposób pracy oraz aranżację sali należy dostosować do indywidualnych potrzeb i możliwości uczestników zajęć, np. teksty powinny być wydrukowane większą czcionką dla uczniów słabowidzących, materiał audio lub wideo może służyć uczniom dyslektycznym, a uczniowie zdolni powinni mieć dostęp do materiałów o wyższym stopniu trudności. Ze względu na specjalne potrzeby edukacyjne uczniów zaleca się także zmianę organizacji przestrzeni sali – np. ustawienie stolików w małych kręgach ułatwiających wykonanie ćwiczeń w grupie. Z kolei uczniowie słabowidzący i słabosłyszący oraz uczniowie z zaburzeniami zachowania i trudnościami w utrzymaniu koncentracji podczas lekcji powinni mieć możliwość zajęcia miejsca bliżej nauczyciela.

Nauczyciel w trakcie realizacji projektu wspiera i inspiruje działania uczniów, a także monitoruje ich postępy. W przypadku wystąpienia trudności dostosowuje metody i formy pracy do indywidualnych potrzeb i możliwości ucznia. Powinien także wziąć pod uwagę opinie z poradni pedagogiczno-psychologicznej oraz własne obserwacje.

7. Środki dydaktyczne

Do realizacji projektu potrzebne będą następujące środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu,
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda,
- e-materiały dostępne na ZPE:
 - fizyka: *Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?; Na czym polegają ruchy Browna?; Wynik serii pomiarów powtarzalnych i jego niepewność standardowa; Jak modelować wybrane zjawiska za pomocą modeli matematycznych?; Kim był Marian Smoluchowski?* (dostęp 10.02.2023);
 - matematyka: *Prawdopodobieństwo klasyczne; Zastosowanie klasycznego modelu prawdopodobieństwa* (dostęp 10.02.2023);
 - biologia: *Mechanizm wymiany gazowej w skrzelach ryb; Wymiana gazowa w płucach i tkankach; Ciśnienie parcjalne; Pobieranie wody i soli mineralnych z gleby przez rośliny; Choroba kesonowa;*
 - informatyka: *Symulacja ruchów Browna metodą Monte Carlo* (dostęp 10.02.2023) i materiały powiązane.

8. Sposób realizacji projektu edukacyjnego

Nauczyciel informuje uczniów, że praca nad problemami badawczymi będzie odbywała się w grupach. Każda z grup odpowiedzialna jest za wyjaśnienie problemów badawczych przypisanych jej w regulaminie projektu za pomocą wskazanej metody, np.:

- samodzielnie zaprojektowanego doświadczenia,
- badania przeprowadzonego z użyciem symulacji komputerowej,
- wnioskowania opartego na poznanych wcześniej prawach fizyki i przekształceniach wzorów,

- wnioskowania opartego na schemacie,
- modelowania komputerowego,
- symulacji komputerowej.

Przykładowy problem może być sformułowany następująco:

Dlaczego zapach z wysypiska śmieci jest bardziej uciążliwy latem niż zimą?

Sformułuj hipotezę oraz zaprojektuj i przeprowadź doświadczenie, które pomoże wyjaśnić postawiony problem. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Podsumowaniem pracy nad zaproponowanym problemem jest prezentacja multimedialna na forum klasy. Prezentacja zawierać musi przynajmniej:

- przedstawienie problemu badawczego i przyjętej hipotezy,
- krótki opis/omówienie zastosowanej procedury/pomysłu doświadczenia, które pomoże wyjaśnić dane zjawisko,
- odtworzenie przebiegu doświadczenia w klasie lub jego rejestracji bądź przeprowadzenie badań za pomocą modelu/symulacji,
- analizę wyników i omówienie wniosków,
- propozycje ulepszeń – pomysły, które pojawiają się po zakończeniu pracy nad projektem.

Zadaniem nauczyciela jest pokierowanie procesem w taki sposób, aby jak największa liczba uczniów osiągnęła cele opisane następującymi kryteriami sukcesu:

- A. Uczeń odpowiedział na wszystkie pytania zawarte w przydzielonym zadaniu (P+R).
- B. Uczeń wymienił minimum trzy przykłady dyfuzji w życiu codziennym (P+R).
- C. Uczeń opisał czynniki, jakie wpływają na szybkość dyfuzji w gazach, cieczach i ciałach stałych (P+R).
- D. Uczeń scharakteryzował zjawisko, posługując się adekwatną terminologią, tj.: izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, tor, wyrównywanie stężeń, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, masa cząsteczkowa substancji (P+R).
- E. Uczeń opisał ruchy Browna, wykorzystując pojęcie fluktuacji (R).
- F. Uczeń poprawnie sformułował hipotezę, odnoszącą się do postawionego problemu badawczego (P+R).
- G. Uczeń zaprezentował spójny wywód prowadzący od problemu do rozwiązania (P+R).

Z powyższych powodów rekomendujemy realizację zajęć w dwóch częściach. W pierwszej części koncentrujemy się na zintegrowaniu podstawowych pojęć, ugruntowaniu słownictwa, nauce pracy z modelem i omówieniu założeń regulaminu projektu (1 godzina lekcyjna). Proponujemy przywołanie popularnego doświadczenia ze szkoły podstawowej jako bazy do dyskusji stwarzającej okazję do aktywnego wprowadzania poprawnej terminologii techniką parafrazy. Uczniowie na trzecim etapie edukacyjnym mogą poprawnie opisywać i wyjaśniać zjawisko dyfuzji na poziomie ogólnym, ale posługując się nieprecyzyjnym słownictwem. Ponadto, rekomendujemy wykorzystanie podczas zajęć symulacji komputerowej, aby lepiej przygotować uczniów do rozwiązywania podobnych zadań w ramach projektu.

Kolejne zajęcia (3 godziny lekcyjne), podczas których uczniowie prezentują swoje projekty, odbywają się zgodnie z harmonogramem zamieszczonym w regulaminie projektu. W tym czasie uczniowie podzieleni na grupy analizują wskazane w regulaminie problemy i przygotowują prezentacje. W zależności od aktualnej sytuacji epidemiologicznej oraz możliwości uczniów mogą oni wykorzystywać do współpracy narzędzia służące do komunikacji zdalnej, np. MS Teams, Google Meet lub Zoom.

9. Przykładowy przebieg zajęć

Część 1. Wprowadzenie i powtórzenie materiału ze szkoły podstawowej. Przygotowanie do samodzielnego rozwiązywania problemów badawczych. Omówienie regulaminu projektu.

1. Na początku zajęć nauczyciel do dwóch szklanek wypełnionych wodą wrzuca równocześnie torebki z herbatą. Nie informuje uczniów, że w jednej szklance woda jest zimna, a w drugiej ciepła. Zadaje pytanie: *Dlaczego mieszanie się herbaty z wodą przebiega w obu naczyniach z inną prędkością?*

Jeśli zajęcia realizowane są w trybie zdalnym, nauczyciel może przeprowadzić doświadczenie przed kamerą lub poprosić o to wybranego ucznia.

2. Uczniowie formułują hipotezy i wyjaśniają zjawisko. Jeśli przebieg jest sprawny, nauczyciel zwraca uwagę wyłącznie na precyzję wypowiedzi, parafrazując potoczne sformułowania uczniów przy użyciu odpowiedniej terminologii, tj. termiczny ruch cząsteczek, izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, tor, średnia energia kinetyczna.

Jeśli uczniowie mają kłopot z wyjaśnieniem przebiegu doświadczenia, prowadzący zajęcia wyświetla dostępną na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej (ZPE) animację 3D (dostęp 10.02.2023) z e-materiału *Na czym polegają ruchy Browna?* (dostęp 10.02.2023) oraz znajdującą się pod nim symulację. Następnie wybrana osoba omawia wpływ temperatury na przebieg dyfuzji i wyjaśnia postawiony na początku lekcji problem.

Jeśli brakuje odpowiednich pomocy dydaktycznych w pracowni fizycznej, warto zwrócić uwagę na możliwość wykorzystania potencjału szkoły. Nauczyciel może wypożyczyć z gabinetu chemicznego szkło laboratoryjne, tj. zlewki i termometr, i wykorzystać je w trakcie wyjaśniania przez uczniów omawianego zjawiska. Można również poprosić nauczycieli biologii i informatyki o przekazanie uczniom odpowiednich materiałów źródłowych oraz wypożyczenie na czas zajęć pomocy dydaktycznych niezbędnych do realizacji tego projektu.

3. Prowadzący upewnia się, że uczniowie poprawnie charakteryzują ruch cząstek i rozumieją uproszczenia przyjętych modeli, wykorzystując polecenie 2 (dostęp 10.02.2023) do animacji oraz ćwiczenia 7 i 8 z ww. e-materiału (dostęp 10.02.2023).

Uczniowie odpowiadają ustnie lub rozwiązują zadania na ZPE za pomocą telefonu lub komputera. W tym drugim przypadku nauczyciel wyświetla wyniki za pomocą projektora lub tablicy multimedialnej. System prezentuje odpowiedzi na pytania zamknięte w formie wykresu i raportu – listy nazwisk oznaczonych kolorem zielonym (odpowiedź poprawna) lub czerwonym (odpowiedź niepoprawna). Odpowiedzi uczniów na pytanie otwarte widoczne są po kliknięciu ich nazwisk.

Jeśli to potrzebne, prowadzący udziela uczniom dodatkowych informacji lub parafrazuje potoczne sformułowania uczniów przy użyciu odpowiedniej terminologii.

4. Omówienie z uczniami sposobu realizacji projektu i regulaminu projektu.

Prowadzący zaprasza uczniów do udziału w projekcie i przybliża jego cel. Uczniowie zapoznają się z udostępnionym regulaminem.

Prowadzący dzieli uczniów na osiem czteroosobowych grup, uwzględniając poziom kompetencji, możliwości poznawcze i indywidualne predyspozycje (pierwsze zadania łączą interdyscyplinarnie zagadnienia z różnych działów fizyki, kolejne łączą wątki fizyki i biologii, matematyki, informatyki). W przypadku modeli i symulacji realizowanych za pomocą samodzielnie opracowanego programu komputerowego prowadzący dobiera zespół na podstawie doświadczenia informatycznego uczniów lub wyraża zgodę na realizację tylko pierwszej części zadania polegającej na samym tylko określeniu założeń programu komputerowego.

Niniejszy scenariusz zawiera 12 zadań projektowych z zakresu podstawowego i rozszerzonego. Nauczyciel może wybrać część z nich, np. 8 najlepiej odpowiadających zainteresowaniom i możliwościom uczniów. Wybór można też pozostawić samym uczniom.

5. Omówienie podziału zadań w grupach, harmonogramu i godzin konsultacji.

Część 2. Prezentacje projektów i ich ocena

1. Nauczyciel zaprasza grupy do wylosowania kolejności prezentacji. Aby pobudzić aktywność wszystkich członków grupy, każdy element prezentacji (opisany wyżej, a także w regulaminie projektu) może być przedstawiany przez dowolnie wskazaną osobę. Zatem wszyscy członkowie zespołu muszą być gotowi zarówno do omówienia problemu badawczego, jak i przedstawienia wniosków płynących z doświadczenia (wyjątek stanowią uczniowie mający problemy z wystąpieniami na forum – nie należy ich zmuszać do prezentacji materiału przed całą klasą).

Nauczyciel egzekwuje podział zadań w grupie podczas prezentacji według następującego schematu:

- uczeń 1: przedstawia problem badawczy i przyjętą hipotezę, krótkie omówienie zastosowanej procedury wyjaśnienia danego zjawiska,
 - uczeń 2: odtwarza przebieg doświadczenia w klasie lub jego rejestrację bądź prezentuje model/symulację,
 - uczeń 3: omawia wnioski,
 - uczeń 4: proponuje ulepszenia – pomysły, które pojawiły się po zakończeniu pracy nad projektem.
2. Po każdej prezentacji następuje krótka sesja pytań i odpowiedzi, podczas której prelegenci wyjaśniają pozostałym uczniom niezrozumiałe wątki wystąpienia.
3. Nauczyciel notuje swoje spostrzeżenia i przygotowuje ocenę na podstawie kryteriów zapisanych w regulaminie. O ile to potrzebne, uzupełnia wypowiedzi uczniów lub zadaje pytania pomocnicze.

Zajęcia 3. i 4. przebiegają podobnie, jednakże podczas ostatnich po przedstawieniu prezentacji następuje podsumowanie projektu, przekazanie ocen, informacji zwrotnej oraz wskazanie dodatkowych materiałów źródłowych.

10. Regulamin interdyscyplinarnego projektu edukacyjnego

1. Celem projektu jest przygotowanie prezentacji multimedialnej, w której uczniowie przedstawiają zjawiska dyfuzji i ruchów Browna oraz wskazują konsekwencje występowania tych zjawisk. Posługują się przy tym doświadczeniami i symulacjami, a także wykorzystują narzędzia technologii informacyjno-komunikacyjnej do ilustrowania i badania obu zjawisk.
2. W wyniku uczestnictwa w projekcie będziesz w stanie:
 - wyjaśnić mechanizm dyfuzji,
 - wymienić przykłady dyfuzji w życiu codziennym,
 - wykorzystać pojęcie fluktuacji w opisie ruchu cząstek,
 - opisać ruchy Browna, posługując się następującymi pojęciami: izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, oddziaływanie międzycząsteczkowe,
 - przedstawić konsekwencje występowania zjawiska dyfuzji i ruchów Browna.
3. Praca odbywa się etapami i w grupach, zgodnie z podziałem przeprowadzonym na lekcji i według ustalonego harmonogramu.
4. Zasady pracy nad problemami badawczymi:
 - A. Każda z grup odpowiedzialna jest za wyjaśnienie problemów badawczych przypisanych jej na liście zadań projektowych (załącznik do regulaminu: 10.1), przy wykorzystaniu wskazanej metody, np.:
 - samodzielnie zaprojektowanego doświadczenia,
 - badania przeprowadzonego z użyciem symulacji komputerowej,
 - wnioskowania opartego na poznanych wcześniej prawach fizyki i przekształceniach wzorów,
 - wnioskowania opartego na schemacie,
 - modelowania komputerowego,
 - symulacji komputerowej.
 - B. Symulacje uczeń przeprowadza na własnym sprzęcie w ramach pracy domowej.
 - C. Wszelkie doświadczenia możliwe do przeprowadzenia w domu uczeń wykonuje, przestrzegając przepisów BHP (bezpieczeństwa i higieny pracy). W szczególności nie wolno do ich przeprowadzenia używać ognia, wykorzystywać substancji żrących, środków trujących itp.
 - D. Podsumowaniem pracy nad zaproponowanym problemem jest prezentacja multimedialna przedstawiona na forum klasy.
 - E. Prezentacja musi zawierać:
 - przedstawienie problemu badawczego i przyjętej hipotezy,
 - krótkie omówienie zastosowanej procedury/pomysłu doświadczenia, które pomoże wyjaśnić dane zjawisko,
 - odtworzenie przebiegu doświadczenia w klasie lub jego rejestracji bądź przeprowadzenie badań za pomocą modelu/symulacji,
 - analizę wyników i omówienie wniosków,
 - propozycje ulepszeń – pomysły, które pojawiły się po zakończeniu pracy nad projektem.

F. Podział zadań w grupie podczas prezentacji:

- uczeń 1: przedstawia problem badawczy i przyjętą hipotezę, krótkie omówienie zastosowanej procedury/pomysłu na wyjaśnienie danego zjawiska,
- uczeń 2: odtwarza przebieg doświadczenia w klasie lub jego rejestrację bądź prezentuje model/symulację,
- uczeń 3: omawia wnioski,
- uczeń 4: proponuje ulepszenia – pomysły, które pojawiają się po zakończeniu pracy nad projektem.

5. Harmonogram i sposób komunikacji:

- grupy 1, 2 i 3 – konsultacje zdalne – I tydzień (wybrany dzień tygodnia); termin prezentacji – II tydzień (wybrany dzień tygodnia); zapoznanie się z prezentacjami grup 4–6 oraz 7–8 – III i IV tydzień (wybrany dzień tygodnia);
- grupy 4, 5 i 6 – zapoznanie się z prezentacjami grup 1–3 – II tydzień; konsultacje zdalne – II tydzień (wybrany dzień tygodnia); termin prezentacji – III tydzień (wybrany dzień tygodnia); zapoznanie się z prezentacjami grup 7 i 8 – IV tydzień (wybrany dzień tygodnia);
- grupy 7 i 8 – zapoznanie się z prezentacjami grup 1–3 – II tydzień; zapoznanie się z prezentacjami grup 4–6 – III tydzień; konsultacje zdalne – III tydzień (wybrany dzień tygodnia); termin prezentacji – IV tydzień (wybrany dzień tygodnia);
- podsumowanie projektu – IV tydzień.

6. Kryteria oceny prezentacji multimedialnej.

- Najwyższą ocenę otrzymasz, jeśli wykonasz przydzielone zadania zgodnie z poleceniami.
- Otrzymasz odpowiednio niższą ocenę, jeśli w twoim wystąpieniu zabraknie poszczególnych elementów podanych w poleceniach lub zadania będą wykonane niestarannie.

Zadanie zostanie zaliczone, jeśli:

- wymienisz minimum trzy przykłady dyfuzji w życiu codziennym – 1 pkt;
- opiszesz czynniki wpływające na szybkość dyfuzji w gazach, cieczach i ciałach stałych – 2 pkt (jeśli nie wymienisz wszystkich czynników, otrzymasz 1 pkt);
- scharakteryzujesz opisywane zjawisko, posługując się adekwatną terminologią, tj. izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, tor, wyrównywanie stężeń, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, masa cząsteczkowa substancji – 3 pkt (jeśli przy opisie zjawisk posłużysz się tylko częściowo odpowiednią terminologią, otrzymasz 2 pkt, a jeśli poprawnie opiszesz zjawiska językiem potocznym – 1 pkt);
- opiszesz ruchy Browna, wykorzystując pojęcie fluktuacji – 1 pkt;
- poprawnie sformułujesz hipotezę odnoszącą się do postawionego problemu lub problemów badawczych – 1 pkt;
- zaprezentujesz spójny wywód, prowadzący od sformułowania problemu do jego rozwiązania – 3 pkt (jeśli w twoim wywodzie pojawią się pewne nieścisłości, otrzymasz 2 pkt, a jeśli twój wywód nie będzie spójny, jego elementy będą ułożone chaotycznie – 1 pkt).

7. Uczniowie biorący udział w projekcie zobowiązują się do:

- terminowości, czyli trzymania się ustalonego harmonogramu;
- zaangażowania wszystkich członków zespołu (każda osoba w grupie może być poproszona o poprowadzenie dowolnego etapu prezentacji),
- efektywnego dzielenie się wiedzą,
- współdziałania przy wykonywaniu doświadczeń, symulacji itp. I opracowywaniu prezentacji multimedialnej.

8. nauczyciel zobowiązuje się do:

- czuwania nad prawidłowym przebiegiem projektu;
- opieki nad zespołem podczas realizacji projektu, udzielania wsparcia i konsultacji;
- pomocy uczniom w realizacji projektu;
- oceny projektu zgodnie z przyjętymi w regulaminie kryteriami oceniania.

9. Zasady pracy w projekcie.

- Pracujemy w grupach projektowych.
- Wszyscy mamy równe prawa.
- Podczas realizacji projektu nie krytykujemy się nawzajem, szanujemy odmienne zdanie innych uczestników projektu.
- W razie problemów w realizacji zadań pomagamy sobie nawzajem.
- Nikogo nie wykluczamy z realizacji projektu.

10.1. Lista zadań projektowych (załącznik do regulaminu)

(Wszystkie zadania pochodzą ze wskazanych w tekście i bibliografii e-materiałów zamieszczonych na ZPE. Ich autorami są pracownicy Politechniki Warszawskiej).

Czynniki wpływające na przebieg dyfuzji

Zadanie 1. (P)

Problem badawczy: Dlaczego zapach z wysypiska śmieci jest bardziej uciążliwy latem niż zimą?

Sformułuj hipotezę, zaprojektuj i przeprowadź doświadczenie, które pomoże wyjaśnić postawiony problem. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Zadanie 2. (P + R)

Problem badawczy: Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?

Przeprowadź badanie na podstawie [symulacji](#) (dostęp 10.02.2023) dostępnej w e-materiale *Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?* na ZPE (dostęp 10.02.2023).

Zgodnie z wytycznymi jej autorów, 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 obu 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. Rozważ następujące problemy:

Problem 1. Dla wybranej temperatury, np. $T=200\text{ K}$, 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?

Problem 2. Ustaw w symulacji najniższą temperaturę. Po usunięciu bariery obserwuj ruch atomów helu (tj. czerwonych). Zliczaj, ile razy atomy te uderzają w lewą ściankę 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?

Problem 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? Wyjaśnij pojęcie fluktuacji.

Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie. Niezbędne wzory znajdziesz w e-materiale *Wynik serii pomiarów powtarzalnych i jego niepewność standardowa* na ZPE (dostęp 10.02.2023).

Zadanie 3.

Problem badawczy: Czy szybkość dyfuzji zależy od masy cząsteczkowej substancji?

Sformułuj hipotezę i udowodnij ją, opierając się na zasadzie zachowania energii i wychodząc od wzoru na energię kinetyczną. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Zadanie 4.

Problem badawczy: W kabinie statku kosmicznego panuje ciśnienie mniejsze o 20–30% od ciśnienia atmosferycznego. Jak to wpływa na szybkość rozchodzenia się zapachów: rozchodzą się szybciej czy wolniej niż na powierzchni Ziemi?

Sformułuj hipotezę, zaprojektuj i przeprowadź doświadczenie, które pomoże wyjaśnić postawiony problem. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Zadanie 5.

Problem badawczy: W tym samym miejscu otwarto pojemnik z olejkiem 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.

Sformułuj hipotezę, zaprojektuj i przeprowadź doświadczenie, które pomoże wyjaśnić postawiony problem. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Zadanie 6.

Problem badawczy: W jaki sposób dochodzi do zmiany kierunku poruszania się cząstki Browna?

Sformułuj hipotezę i uzasadnij ją, posługując się *ilustracją* (dostęp 10.02.2023) z e-materiału *Na czym polegają ruchy Browna?* (dostęp 10.02.2023) dostępnego na ZPE.

Omów uproszczenia zaprezentowanego modelu. Co można powiedzieć o stosunku wielkości cząstek niebieskich i czerwonych? Jakie wielkości rzeczywiste mogłyby mieć cząstki przedstawione na ilustracji? W jaki sposób opisywał ten mechanizm Marian Smoluchowski (zapoznaj się z e-materiałem *Kim był Marian Smoluchowski?* (dostęp 10.03.2023) na ZPE). Wyjaśnij pojęcie fluktuacji. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Zadanie 7.

Opracuj prosty model „błądzenia przypadkowego” (tak M. Smoluchowski potraktował ruchy Browna) i przeprowadź symulację takiego błądzenia.

Polecenie 1. Model polega na śledzeniu jednowymiarowego ruchu punktu materialnego, który może przeskakiwać losowo, z jednakowym prawdopodobieństwem w górę i w dół, między sąsiednimi położeniami na osi Y układu współrzędnych. Na *rysunku* (dostęp 10.03.2023) dostępnym w e-materiale *Kim był Marian Smoluchowski?* (dostęp 10.03.2023) na ZPE przyjęto, że liczba N dostępnych w modelu położeń jest równa 11 (5 w górę, 5 w dół oraz 0). Czerwone kreski wskazują granice dopuszczalnych położeń.

Przyjmij, że upływ czasu t w tym modelu będzie odmierzany kolejnymi rzutami monety. Załóż też, że początkowe położenie $y_0 = 0$.

Zasada „przypadkowego błądzenia” w twoim modelu polega na tym, że po wyrzuceniu orła punkt przesuwa się w górę osi Y o jedną jednostkę, a po wyrzuceniu reszki – o jedną jednostkę w dół. Symulacja zakończy się, gdy położenie punktu osiągnie wartość $y = 6$ lub $y = -6$.

Sporządź wykres zależności położenia y od czasu t – jest on jednym z wyników twojej symulacji. Innym wynikiem jest liczba rzutów R , po których punkt „opuszcza model”.

Polecenie 2. Na podstawie *rysunku* (dostęp 10.03.2023) dostępnego w e-materiale *Kim był Marian Smoluchowski?* (dostęp 10.03.2023) na ZPE przeanalizuj wyniki następującej symulacji:

- liczba dostępnych położeń punktu: $N = 11$,
- wykres zależności $y(t)$,
- punkt opuścił model w 18 rzucie; $R = 18$.

Porównaj te wyniki z wynikami twojej symulacji. Wskaż i zaklasyfikuj podobieństwa między tymi wynikami. Określ, czy te podobieństwa będą występowały we wszystkich takich symulacjach (konieczne), tylko w niektórych (dopuszczalne), czy też takie podobieństwa nie mogą występować (wykluczone).

Polecenie 3. Opracuj podobny model „błądzenia przypadkowego”, tym razem w dwóch wymiarach, $N \times N$, dla $N = 11$. Określ sposób losowania przeskoku punktu materialnego w taki sposób, by ruchy w obu kierunkach x i y były od siebie niezależne oraz by zapewnić jednakowe prawdopodobieństwa w każdym z tych kierunków trzech wydarzeń: zwiększenia położenia o jeden, pozostania w miejscu, zmniejszenia położenia o jeden. Każda taka para $(\Delta x; \Delta y)$ to upływ jednej (umownej) jednostki czasu symulacji.

Przygotuj odpowiednią planszę. Rozważ wykorzystanie w tym celu programu graficznego lub pola wykresu w arkuszu kalkulacyjnym.

Przeprowadź symulację takiego błędzenia. Zaznaczaj kropką kolejne położenia błędzącego punktu w układzie współrzędnych; łącz te położenia odcinkami ze strzałką.

Wynikiem symulacji będzie:

- tor błędzącego punktu,
- liczba R umownych jednostek czasu, po których punkt opuścił planszę,
- położenie, z którego opuścił planszę.

Rozważ otrzymane wyniki w kontekście informacji dostępnych w e-materiale *Zastosowaniu klasycznego modelu prawdopodobieństwa* (dostęp 10.03.2023) na ZPE. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Zadanie 8.

Opracuj szczegółowe założenia (specyfikację i kroki algorytmu) programu komputerowego, którego zadaniem będzie modelowanie ruchów Browna i przedstawienie ich jako linii złożonej z odcinków łączących punkty w kartezjańskim układzie współrzędnych. Każdy punkt będzie odpowiadał położeniu cząsteczki na kolejnym etapie symulacji.

Szczegółowo opisz założenia uwzględniające charakterystykę ruchu cząstek.

Opcjonalnie:

Zaimplementuj rozwiązanie w dowolnym środowisku programistycznym, opierając się na wskazówkach w źródłach. Na podstawie e-materiału: *Jak modelować wybrane zjawiska za pomocą modeli matematycznych?* (dostęp 10.03.2023) dostępnego na ZPE.

Zadanie 9.

Opracuj szczegółowe założenia (specyfikację i kroki algorytmu) programu komputerowego, którego zadaniem będzie symulowanie ruchów Browna metodą Monte Carlo na podstawie wskazówek zawartych w serii e-materiałów zamieszczonych w źródłach i dostępnych na ZPE.

Szczegółowo opisz założenia uwzględniające charakterystykę ruchu cząstek.

Opcjonalnie:

Zaimplementuj rozwiązanie w dowolnym środowisku programistycznym, opierając się na wskazówkach z materiałów wymienionych w źródłach (np. e-materiał *Symulacja ruchów Browna metodą Monte Carlo* oraz materiały powiązane; dostęp: 20.03.2023).

Przykłady dyfuzji w życiu codziennym

Zadanie 10.

Problem badawczy: Jak przebiega wymiana gazowa w płucach i tkankach?

Problem 1. Jak działa mechanizm wymiany gazowej u ryb? Wyjaśnij rolę dyfuzji w procesie oddychania, posługując się rysunkiem oraz animacją z e-materiału *Mechanizm wymiany gazowej w skrzelach ryb* na ZPE (dostęp: 20.03.2023).

Problem 2. Jaką rolę pełni dyfuzja w transporcie wody od korzeni do liści u roślin?

Problem 3. Dlaczego płukanie gardła stężonymi roztworami soli ułatwia pozbycie się bakterii (dokładniej – zabicie ich)?

Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Skorzystaj z e-materiałów dostępnych na ZPE: *Mechanizm wymiany gazowej w skrzelach ryb; Wymiana gazowa w płucach i tkankach; Ciśnienie parcjalne; Pobieranie wody i soli mineralnych z gleby przez rośliny* (dostęp: 20.03.2023).

Zadanie 11.

Problem badawczy: Jaką rolę pełni dyfuzja w leczeniu choroby kesonowej?

Wyjaśnij rolę ciśnienia w przebiegu zjawiska dyfuzji na podstawie animacji (dostęp: 20.03.2023) dostępnej w e-materiale *Choroba kesonowa* (dostęp: 20.03.2023) na ZPE. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

Skorzystaj z e-materiałów dostępnych na ZPE: *Wymiana gazowa w płucach i tkankach; Ciśnienie parcjalne; Choroba kesonowa* (dostęp: 20.03.2023).

Zadanie 12.

Uzasadnij tezę, że zjawisko dyfuzji jest dowodem na to, że materia składa się z atomów i cząsteczek.

Zaprojektuj i przeprowadź doświadczenie, które pomoże wyjaśnić postawiony problem. Sformułuj wnioski i przygotuj podsumowanie.

11. Monitorowanie stopnia realizacji projektu

Nauczyciel monitoruje stopień realizacji poszczególnych zadań projektowych na bieżąco. Kontrolując pliki zamieszczone przez uczniów we wskazanym środowisku wirtualnym, może sprawdzić, na jakim etapie realizacji są poszczególne zadania. Może też podczas konsultacji z grupami (według harmonogramu) przekazać wskazówki dotyczące poprawy pojawiających się błędów, udzielić odpowiedzi na pytania i wątpliwości uczniów, np. z wykorzystaniem narzędzi do komunikacji zdalnej.

Dzięki temu nauczyciel może przed zakończeniem projektu zorientować się, czy efekty pracy uczniów będą zgodne z oczekiwaniami.

Podczas monitorowania nauczyciel może się posłużyć arkuszem obserwacji, w którym oceni postępy zespołów projektowych. Na każde pytanie zaznacza odpowiedzi w skali od 1 do 5.

W jakim stopniu:

- przygotowane materiały są poprawne merytorycznie?
- stopień realizacji prac zapewni terminowe zakończenie projektu?
- uczniowie dzielą się wiedzą?
- poszczególni członkowie zespołu są zaangażowani w pracę grupy?
 - a. uczeń 1:
 - b. uczeń 2:
 - c. uczeń 3:
 - d. uczeń 4:
- przestrzegane są zasady pracy w grupach zapisane w regulaminie projektu?

11.1. Kryteria oceny i informacja zwrotna dla uczniów

Jeśli uczeń poprawnie charakteryzuje ruch cząstek Browna, opisuje dyfuzję i wykorzystuje pojęcie fluktuacji, jednak nie formułuje samodzielnie hipotez podczas

rozwiązywania problemów badawczych, nie projektuje doświadczeń, nie wykorzystuje modeli do wyjaśniania ww. zjawisk, oznacza to, że opanował materiał na poziomie wiedzy i rozumienia.

Jeśli uczeń wyjaśnia problemy badawcze za pomocą:

- samodzielnie zaprojektowanego doświadczenia,
- badania przeprowadzonego z użyciem symulacji komputerowej,
- wnioskowania opartego na poznanych wcześniej prawach fizyki i przekształceniach wzorów,
- wnioskowania opartego na schemacie,
- modelowania komputerowego,
- symulacji komputerowej,

– oznacza to, że opanował materiał na poziomie zastosowania, analizy i syntezy.

Jeśli przyrzeć się kryteriom oceny prezentacji multimedialnej, można dostrzec pola do sformułowania informacji zwrotnej odnoszącej się do poniższych zagadnień:

- A. Uczeń wymienił minimum trzy przykłady dyfuzji w życiu codziennym.
- B. Uczeń opisał czynniki, jakie wpływają na szybkość dyfuzji w gazach, cieczach i ciałach stałych,
- C. Uczeń scharakteryzował opisywane zjawisko, posługując się adekwatną terminologią, tj. Izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, tor, wyrównywanie stężeń, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, masa cząsteczkowa substancji.
- D. Uczeń opisał ruchy Browna, wykorzystując pojęcie fluktuacji.
- E. Uczeń poprawnie sformułował hipotezę odnoszącą się do postawionego problemu badawczego.
- F. Uczeń zaprezentował spójny wywód prowadzący od problemu do rozwiązania.

Przykładowo, jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania jedynie w zakresie opisanym w punkcie A, oznacza to, że osiągnął cel: „wymienia przykłady dyfuzji w życiu codziennym” na poziomie wiedzy. Nauczyciel powinien zaproponować uczniowi analizę doświadczeń, próbę zrozumienia zjawisk, a także powrót do materiałów wyjaśniających terminologię (zapisaną w punktach C i D).

Jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania w zakresie opisanym w punkcie B, oznacza to, że osiągnął cel projektu na poziomie rozumienia, ale powinien zwrócić szczególną uwagę na opanowanie prawidłowej terminologii. Nauczyciel może polecić pracę z tekstem źródłowym.

Jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania w zakresie opisanym w punkcie C, oznacza to, że osiągnął cel projektu na poziomie wiedzy i rozumienia, ale dodatkowo wzbogacił swój język opisu zjawisk fizycznych. Nauczyciel powinien zaproponować uczniowi wykonanie innych zadań problemowych.

Jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania w zakresie opisanym w punkcie D, oznacza to, że osiągnął cel projektu na poziomie wiedzy, rozumienia i zastosowania (wykorzystanie pojęcia statystycznego w opisie).

Jeżeli uczeń poprawnie wykonał zadania w zakresie opisanym w punktach E i F, oznacza to, że osiągnął cele operacyjne na poziomie wiedzy, rozumienia, zastosowania, analizy i syntezy. Nauczyciel powinien pogratulować osiągnięć i postawić najwyższą ocenę.

W przypadku uczniów ze SPE należy zadbać o to, aby informacja zwrotna uwzględniała ich predyspozycje i możliwości. Warto wziąć pod uwagę następujące aspekty pracy ucznia:

- Jakie są mocne i słabe strony pracy ucznia?
- Jak uczeń radzi sobie w pracy grupowej?
- Jak uczeń radzi sobie z zadaniami indywidualnymi?
- W jakich obszarach uczeń potrzebuje wsparcia?

11.2. Wskazówki dotyczące wyboru zadań pod kątem SPE

Wszystkie zadania i proponowane źródła dostosowane są do potrzeb osób z dysfunkcjami wzroku lub słuchu (e-materiały są zgodne ze standardem WCAG, zadania można rozwiązywać z użyciem czytników ekranu), z niepełnosprawnością ruchową, z chorobami przewlekłymi, a częściowo także ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się.

Aby zapewnić równowagę między zespołami, nauczyciel powinien tak dobrać skład grup, żeby najlepiej wykorzystać potencjał uczniów. Można to zrobić poprzez zaangażowanie uczniów zdolnych jako liderów zespołów zadaniowych koordynujących pracę pozostałych uczniów i służących im radą. Uczniowie ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się powinni mieć jasno określone zadania, które z jednej strony nie okażą się ponad ich siły, ale jednocześnie nie zdemotywiają, jeśli wymagania będą zbyt niskie.

Ponieważ najwięcej czasu na przygotowanie prezentacji mają grupy 7 i 8, można do tych grup przydzielić uczniów z trudnościami w nauce lub ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi.

Dla uczniów:

- uzdolnionych informatycznie proponujemy zadania 7., 8. i 9.,
- zainteresowanych biologią proponujemy zadania 10. i 11.,
- wybitnie zdolnych proponujemy zadanie 12., ponieważ wymaga przeprowadzenia najszerszej analizy.

Uczniom uzdolnionym językowo i literacko można powierzyć przygotowanie prezentacji od strony tekstowej (z wykorzystaniem edytorów tekstów), natomiast uczniowie uzdolnieni plastycznie mogą przygotować rysunki i schematy oraz oprawę graficzną prezentacji multimedialnej.

Zadania oparte na pracy ze schematami graficznymi i symulacjami mogą sprawić trudność uczniom z dysfunkcją wzroku (uczniom z takimi dysfunkcjami proponujemy zadanie 3).

12. Ewaluacja projektu edukacyjnego (narzędzie służące ewaluacji projektu)

Monitorowanie realizacji celów odbywa się na bieżąco. Ewaluację można oprzeć w tym przypadku na wynikach uczniów osiągniętych podczas rozwiązywania zadań.

Jak wspomniano wcześniej, uczniom zostały zaproponowane zadania przypisane do trzech grup, a *de facto* do trzech celów. Należy przyjąć, że rozwiązanie i omówienie minimum jednego zadania/problemu badawczego z każdej z tych grup (zapewne tyle prezentacji uda się przeprowadzić podczas jednej godziny lekcyjnej) pozwala na realizację wymagań podstawy programowej. Czwarty cel: „uczeń opisuje ruchy Browna, posługując się pojęciami: izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, oddziaływanie międzycząsteczkowe” realizowany jest częściowo w trakcie pierwszych zajęć (wprowadzenie słownictwa) i w ramach zadań projektowych (prezentacja multimedialna).

Jeżeli uczniowie rozwiązali przynajmniej jedno zadanie z grupy *Czynniki wpływające na przebieg dyfuzji*, oznacza to, że zrealizowany został cel „uczeń wyjaśnia mechanizm dyfuzji”.

Jeżeli uczniowie rozwiązali przynajmniej jedno zadanie z grupy *Przykłady dyfuzji w życiu codziennym*, oznacza to, że zrealizowany został cel „uczeń wymienia przykłady dyfuzji w życiu codziennym”.

Jeżeli uczniowie rozwiązali przynajmniej jedno zadanie z grupy *Opis ruchów Browna z wykorzystaniem pojęcia fluktuacji*, oznacza to, że zrealizowany został cel „uczeń wykorzystuje pojęcie fluktuacji w opisie ruchu cząstek”.

Jeśli w prezentacji multimedialnej uczniowie wykorzystywali do opisu zjawisk pojęcia tj. izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, oddziaływanie międzycząsteczkowe, oznacza to, że zrealizowany został cel „uczeń opisuje ruchy Browna, posługując się pojęciami: izotropowy rozkład kierunków prędkości cząsteczek, średnia droga swobodna, średnia energia kinetyczna, termiczny ruch cząsteczek, oddziaływanie międzycząsteczkowe”.

O ile rozwiązywanie problemów badawczych służy kształtowaniu umiejętności przedmiotowych, o tyle przygotowanie i przeprowadzenie prezentacji rozwija kompetencje kluczowe, społeczne oraz umiejętności uniwersalne (znajdują one odzwierciedlenie głównie w zapisach wymagań przekrojowych poszczególnych przedmiotowych podstaw programowych), m.in.:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji (praca z materiałem źródłowym, tworzenie prezentacji),
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych (analiza zjawisk fizycznych, analiza wymiany gazowej w organizmach żywych, przeprowadzanie symulacji),
- kompetencje cyfrowe (zadania z wykorzystaniem modeli i symulacji, posługiwanie się edytorami tekstu i grafik oraz oprogramowaniem do przygotowania prezentacji),
- umiejętność pracy w zespole (opracowanie prezentacji),
- umiejętność rozwiązywania problemów,
- kreatywność (projektowanie doświadczeń, modeli i symulacji),
- innowacyjność,
- poszanowanie odmiennych opinii i umiejętność argumentowania swojego stanowiska.

Punktacja zawarta w regulaminie projektu dostarcza dodatkowych informacji o przebiegu projektu. O ile wykonanie zadania z jednej z trzech grup opisanych wyżej świadczy o realizacji przypisanego celu operacyjnego, o tyle liczba zdobytych przez uczniów punktów pozwala zorientować się, na jakim poziomie ten cel został zrealizowany – wiedzy, rozumienia (2 pkt) czy też analizy (5–6 pkt).

Za pomocą ankiety można uzupełnić obraz wyłaniający się z wyników zadań. Ankieta taka może zawierać następujące pytania:

- Czy realizacja projektu pomogła uczniom zrozumieć zjawisko dyfuzji? Jeśli nie, to dlaczego?
- Czy realizacja projektu pomogła uczniom opisać zjawisko ruchów Browna? Jeśli nie, to dlaczego?
- Czy korzystanie z materiałów ZPE wspomagały uczenie się? Jeśli nie, to dlaczego?
- Co pomagało, a co przeszkadzało w pracy w grupie projektowej?
- Czy zadania były dla uczniów odpowiednie pod względem trudności?

Wyniki zadań i odpowiedzi na powyższe pytania mogą prowadzić do kolejnych wniosków. Nauczyciel przeprowadza ewaluację w arkuszu obserwacji. Na każde pytanie zaznacza odpowiedzi w skali od 1 do 5.

Czy i w jakim stopniu:

- projekt i metody są adekwatne do możliwości uczniów?
- projekt wymaga modyfikacji?
- projekt zapewnia realizację celów określonych w wymaganiach ogólnych i treści opisanych w wymaganiach szczegółowych podstawy programowej?
- projekt zapewnia kształcenie kompetencji kluczowych?

13. Komentarz metodyczny

Treści kształcenia, formy i metody realizacji projektu edukacyjnego nawiązują do programów nauczania fizyki dla szkoły ponadpodstawowej (liceum ogólnokształcącego, technikum) na poziomie podstawowym i rozszerzonym, opracowanych przez Joannę Borgensztajn. W programach tych, w ślad za podstawą programową z fizyki, zaproponowano zajęcia poświęcone opisywaniu zjawiska dyfuzji, posługiwaniu się pojęciem fluktuacji, opisywaniu ruchów Browna, a także rekomenduje się wykorzystanie zasobów platform edukacyjnych w procesie uczenia.

Zadania projektowe w tym scenariuszu podzielone zostały na trzy grupy weryfikujące różne cele operacyjne:

- czynniki wpływające na przebieg dyfuzji,
- opis ruchów Browna z wykorzystaniem pojęcia fluktuacji,
- przykłady dyfuzji w życiu codziennym.

Przykładowo, zadania dotyczące czynników wpływających na przebieg dyfuzji weryfikują osiągnięcie celu: uczeń wyjaśnia mechanizm dyfuzji. Należy przypomnieć, że podczas pierwszych zajęć uczniowie rozwiązują zadania wspierające osiągnięcie tego celu na poziomie wiedzy i rozumienia, a zadania projektowe służą rozwinięciu umiejętności wykorzystania zdobytej wiedzy w praktyce, do analizy i syntezy. Z powyższego wynika i to, że listę zadań można dostosować do zainteresowań i możliwości uczniów.

W projekcie sięgamy po metody aktywizujące oparte na idei nauczania kooperatywnego.

Konstrukcja projektu i propozycja kryteriów oceniania pozwalają na realizację zajęć z uczniami o zróżnicowanych potrzebach edukacyjnych, zarówno w klasie, jak i zdalnie. Rozwiązywanie poszczególnych problemów wymaga różnych kompetencji, np. matematycznych, informatycznych lub biologicznych. Można to wykorzystać przy doborze zadań albo tworzeniu grup, kierując uwagę uczniów na problemy dostosowane do ich uzdolnień i potencjału. Przykładowo, pierwsze doświadczenia i obserwacje nie wykorzystują zaawansowanego aparatu matematycznego, nie wymagają umiejętności programowania. Opierają się na intuicyjnym działaniu, ale równocześnie skłaniają do stawiania hipotez (np. wpływu temperatury na szybkość przemieszczania cząstek itp.). Z kolei projektowanie algorytmów dla symulacji i modeli informatyczno-matematycznych ruchów Browna wymaga łączenia wiedzy na temat zjawiska z myśleniem komputacyjnym.

Jeśli uczniowie podczas dyskusji mylili lub zamiennie stosowali pojęcia tj. problem badawczy, hipoteza, doświadczenie, eksperyment, nauczyciel powinien zainicjować rozmowę moderowaną zmierzającą do zdefiniowania tych terminów, np.:

- Uczniowie odpowiadają na pytania: Czym różni się problem badawczy od hipotezy? Doświadczenie od eksperymentu? Czy działanie z początku lekcji było doświadczeniem, czy eksperymentem?
- Uczniowie w toku dyskusji ustalają najważniejsze elementy poprawnie sformułowanej hipotezy, rozumianej jako próby wyjaśnienia/rozwiązania danego problemu badawczego lub jego części. Jeśli to potrzebne, nauczyciel powinien skierować uwagę uczniów na jednoznaczność i wewnętrzną niesprzeczność hipotezy oraz sposób jej weryfikacji przez doświadczenie lub eksperyment.

14. Instrukcje i wskazówki dotyczące wykorzystania zasobów i narzędzi Zintegrowanej Platformy Edukacyjnej

Nauczycielom, którzy do tej pory nie korzystali z platformy ZPE, polecamy serię filmów instruktażowych, które wyjaśniają obsługę jej najważniejszych narzędzi. Kreator e-materiałów to narzędzie, dzięki któremu można samodzielnie tworzyć własny materiał edukacyjny, a także testy i sprawdziany, a następnie udostępnić je uczniom. Jeszcze prościej można tworzyć materiały za pomocą funkcji „teczki”. Niczym w sklepie internetowym dodajemy do koszyka (teczki) elementy z materiałów zamieszczonych na platformie i tworzymy własny, który udostępniamy uczniom. Materiały instruktażowe dostępne są na ZPE:

- *Udostępnianie e-materiałów i sprawdzanie wyników* (dostęp: 20.03.2023),
- *Kreator e-materiałów* (dostęp: 20.03.2023),
- *Tworzenie ścieżek nauki* (dostęp: 20.03.2023).

14.1. Prawa autorskie

Wraz z rozwojem Internetu nasiliło się zjawisko łamania praw autorskich. Część uczniów nie wie lub nie rozumie, że kopiowanie tekstów i zdjęć może być kradzieżą. Doświadczenia, projekty oraz wzajemne nauczanie stwarzają okazję do zaznajamiania uczniów z prawem autorskim, które broni ich samych tak, jak innych autorów.

Uczniowie, wykorzystując w swojej pracy fragmenty cudzych utworów, powinni zamieścić informację o autorze oraz o źródle, z którego skorzystali. Jeśli skorzystali z fragmentu materiału zawartego na stronie WWW, powinni podać autora oraz adres strony WWW, datę kopiowania (strony WWW czasami ulegają zmianom, więc sam adres nie jest wystarczającą informacją). Jeśli skorzystali z fragmentu książki (w tym podręcznika), powinni podać autora, tytuł, wydawcę, rok i miejsce wydania oraz stronę. Jeśli skorzystali z encyklopedii lub innego źródła, które ma bardzo wielu autorów, powinni podać jego tytuł, redaktora publikacji, wydawcę, rok i miejsce wydania oraz stronę. Jeśli skorzystali z artykułu (np. w „Młodym Techniku”) powinni podać autora, tytuł czasopisma, rocznik, numer zeszytu i numer strony.

15. Bibliografia

Programy nauczania:

Borgensztajn J., 2019, *Rozumiem fizykę*, Warszawa: ORE (PDF, 1 080 kB; dostęp 10.02.2023).

Borgensztajn J., 2019, *Z fizyką przez życie*, Warszawa: ORE (PDF, 1 171 kB; dostęp 10.02.2023).

Materiały edukacyjne na ZPE:

Cybulska J., *Prawdopodobieństwo klasyczne*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Cybulska J., *Zastosowanie klasycznego modelu prawdopodobieństwa*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Fronczak A., *Wynik serii pomiarów powtarzalnych i jego niepewność standardowa*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Kacperska-Lewak A., Szymańska M., *Pobieranie wody i soli mineralnych z gleby przez rośliny*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Kowalczyk T., *Choroba kesonowa*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Natorf W., Wróblewski A. K., *Kim był Marian Smoluchowski?*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Pluta J., *Jak modelować wybrane zjawiska za pomocą modeli matematycznych?*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Symulacja ruchów Browna metodą Monte Carlo, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Wosińska K., *Jakie czynniki wpływają na szybkość dyfuzji?*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Wosińska K., *Na czym polegają ruchy Browna?*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Wymiana gazowa w płucach i tkankach, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Zaleska-Szczygieł M., *Cisnienie parcjalne*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Zaleska-Szczygieł M., *Mechanizm wymiany gazowej w skrzelach ryb*, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Materiały instruktażowe dla nauczycieli:

Kreator e-materiałów, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Tworzenie ścieżek nauki, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Udostępnianie e-materiałów i sprawdzanie wyników, zpe.gov.pl (dostęp 10.02.2023).

Tomasz Greczyło – profesor w Zakładzie Nauczania Fizyki Wydziału Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego. Członek Zarządu Oddziału Wrocławskiego Towarzystwa Fizycznego. Autor prac związanych z nauczaniem fizyki. Współautor obecnie obowiązującej podstawy programowej fizyki dla szkoły podstawowej, liceum oraz technikum. Współorganizator i aktywny uczestnik licznych konferencji naukowych oraz szkoleń poświęconych zagadnieniom edukacyjnym. Jego główne zainteresowania naukowe obejmują dydaktykę fizyki oraz metodykę nauczania, a szczególnie problematykę wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnej w procesach nauczania i uczenia się.