

SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

1. Metryczka materiału

Tytuł materiału	Laboratorium VR chemii organicznej
Numer materiału	II.9
Autorzy scenariusza	Ewelina Gajko-Jurkowska, Paweł Cieśla
Weryfikacja WCAG	Zespół ekspertów ds. WCAG (Dominika Gaponiuk, Agnieszka Brodowska, Urszula Grygier, Łukasz Mroziński)
Weryfikacja założeń techniczno-informatycznych	Zespół informatyków ds. integrowania e-materiałów pod względem technologicznym (Paweł, Tomaszek, Katarzyna Gagan, Anna Magdziarz-Tomaszek, Grzegorz Kuszczak)
Weryfikacja językowa	Iwona Tkacz
Rodzaj multimediu	wirtualne laboratorium
Wykorzystanie AR lub VR AR - rozszerzona rzeczywistość VR - wirtualna rzeczywistość	<input type="checkbox"/> standardowa 2D lub 3D <input type="checkbox"/> AR VR
Etap(y) edukacyjny(e), dla których przeznaczony jest materiał	III etap: Liceum / technikum zakres rozszerzony
Przedmiot(y), do nauki których przeznaczony jest materiał	chemia język obcy nowożytny

2. Opis materiału

Skrócony opis materiału (abstrakt)
Zaawansowane laboratorium zrealizowane w technologii VR do nauki chemii organicznej. Użytkownik na podstawie znajomości właściwości chemicznych substancji organicznych jest w stanie metodą reakcji następczych otrzymać ze związków nieorganicznych związki będące wielofunkcyjnymi pochodnymi węglowodorów. Laboratorium przygotowane w dwóch wersjach językowych (polskim - domyślnym, oraz angielskim, z możliwością rozbudowy o inne języki) umożliwia naukę fachowej terminologii w języku obcym.
Cel ogólny materiału
Celem ogólnym materiału jest przyswojenie chemii organicznej na drodze eksperymentu chemicznego, nauka planowania eksperymentów chemicznych w laboratorium chemicznym. Dzięki samodzielnemu wykonywaniu eksperymentów uczniowie poznają metody badawcze oraz sposoby opisu i prezentacji wyników.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Cele z podstawy programowej kształcenia ogólnego możliwe do realizacji za pomocą materiału

Chemia

Uczeń:

- omawia metody otrzymywania węglowodorów, zarówno alifatycznych jak i arenów, a także jednofunkcyjnych i wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów;
- omawia i bada właściwości fizykochemiczne węglowodorów, zarówno alifatycznych, jak i arenów, a także jednofunkcyjnych i wielofunkcyjnych pochodnych węglowodorów.
- omawia pod względem teoretycznym i przeprowadza następujące reakcje: synteza Wurtza, substytucja rodnikowa, addycja, eliminacja, kondensacja, polimeryzacja, synteza Kuczerowa, reakcja haloformowa, reakcje redoks;
- planuje ciąg przemian pozwalających otrzymać np. alken z alkanu (z udziałem fluorowcopochodnych węglowodorów);
- ustala wzór monomeru, z którego został otrzymany polimer o podanej strukturze;
- planuje ciąg przemian pozwalających otrzymać benzen z węgla i dowolnych odczynników nieorganicznych; pisze odpowiednie równania reakcji;
- projektuje doświadczenia pozwalające na wskazanie różnic we właściwościach chemicznych węglowodorów nasyconych, nienasyconych i aromatycznych;
- na podstawie wyników przeprowadzonych doświadczeń wnioskuje o rodzaju węglowodoru;
- planuje ciąg przemian pozwalających otrzymać alkohol lub fenol z odpowiedniego węglowodoru; pisze odpowiednie równania reakcji;
- projektuje i przeprowadza doświadczenie, którego przebieg pozwoli odróżnić aldehyd od ketonu; na podstawie wyników doświadczenia klasyfikuje substancje do aldehydów lub ketonów;
- pisze odpowiednie równania reakcji aldehydu z odczynnikami Tollensa i odczynnikami Trommera;
- projektuje i przeprowadza reakcje: estryfikacji; utwardzania tłuszczów ciekłych, zmydlania tłuszczów,
- planuje ciąg przemian pozwalających przekształcić cukry w inne związki organiczne (np. glukozę w alkohol etylowy, a następnie w octan etylu).
- poprawnie posługuje się terminologią chemiczną dotyczącą omawianych zagadnień, zarówno w języku polskim, jak i dostępnym języku obcym.

Język obcy nowożytny - język angielski

Uczeń:

- poprawnie posługuje się terminologią chemiczną dotyczącą omawianych zagadnień w języku obcym;
- posługuje się dość bogatym zasobem środków językowych (leksykalnych, gramatycznych, ortograficznych oraz fonetycznych), umożliwiającym realizację pozostałych wymagań ogólnych w zakresie następujących tematów: nauka i technika.

3. Charakterystyka materiału

Opis zawartości merytorycznej materiału

Zaawansowane laboratorium zrealizowane w technologii VR do nauki chemii organicznej, a w szczególności planowania i prowadzenia syntez organicznych. Niezbędne jest zachowanie procedur BHP - konieczny strój laboratoryjny, w tym okulary ochronne i spięte włosy, dla eksperymentów niebezpiecznych także rękawice ochronne.

W laboratorium należy umożliwić przeprowadzenie zarówno syntez prostych, jednoetapowych, jak i minimum 10 zaawansowanych syntez, złożonych z kilku kompletnych etapów pośrednich, otrzymując niezbędne reagenty do dalszych etapów w etapach wcześniejszych.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Przykładowe syntezy:

- benzoesu sodu z węglanu wapnia ,
- octanu etylu z glukozy,
- mocznika z octanu,
- nitrogliceryny z propanu,
- nitrobenzenu z odczynników nieorganicznych,
- glicyny z glukozy na drodze fermentacji alkoholowej,
- ester o zapachu truskawek - benzoesu etylu, z węglanu wapnia
- fenol z węgla,
- 1-nitro-3-metylobenzen z etynu,
- kwas 1-bromosulfonowy z etynu.

Należy zapewnić udział w syntezach etapów uwzględniających następujące reakcje:

- otrzymywanie węglowodorów ze związków nieorganicznych,
- reakcja polimeryzacji,
- reakcja kondensacji,
- reakcja haloformowa,
- reakcja utleniania aldehydów, ketonów, toluenu, alkoholi,
- reakcja syntezy Wurtza,
- reakcja spalania węglowodorów,
- reakcja substytucji rodnikowej,
- reakcja eliminacji wody z alkoholi,
- reakcja eliminacji wodoru z alkanów,
- reakcja addycji związków typu HX,
- reakcja syntezy Friedla Craftsa,
- reakcja nitrowania benzenu,
- reakcja sulfonowania benzenu,
- reakcja utwardzania tłuszczów ciekłych,
- reakcja bromowania tłuszczów ciekłych,
- reakcja zmydlania,
- reakcja estyfikacji,
- reakcja otrzymywania fenolu,
- reakcje fenolu z metalami aktywnymi,
- reakcje redukcji wodorem kwasów, aldehydów i ketonów,

Każdy eksperyment (synteza) składa się z etapu planowania oraz etapu laboratoryjnego. Każdy z etapów jest weryfikowany i wspomagany przez wirtualnego asystenta.

Laboratorium powinno być w pełni konfigurowalne przez nauczyciela, który będzie miał możliwość włączania i wyłączania niektórych funkcjonalności/eksperymentów/zawartości szafy laboratoryjnej itp. Umożliwi to uniwersalne wykorzystanie laboratorium w ramach różnych tematów lekcji.

Laboratorium przygotowane w dwóch wersjach językowych (polskim - domyślnym, oraz angielskim, z możliwością rozbudowy o inne języki) umożliwia naukę fachowej terminologii w języku obcym.

Kluczowe wymagania merytoryczne i dydaktyczne dla Wykonawcy materiału, które muszą zostać uwzględnione

Eksperymentator musi nauczyć się bezpiecznej pracy w laboratorium zgodnie z obowiązującymi zasadami BHP. Istotnym jest, aby uczeń miał swobodny wybór eksperymentów, które chce przeprowadzić (wyboru dokonuje z eksperymentów udostępnionych przez nauczyciela). Kolejność wykonywania poszczególnych etapów eksperymentów musi być odzwierciedleniem wcześniejszego procesu planowania tego eksperymentu.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Każda synteza pozwala na pewien wybór dróg prowadzenia reakcji, doboru sprzętu i odczynników. Ta dowolność działań (możliwość wyboru z zamkniętego zbioru działań) musi zostać zapewniona. Każdy eksperyment składa się z etapu planowania oraz etapu eksperymentalnego. Dowolność działań powinna zostać zapewniona na etapie planowania, natomiast przebieg etapu laboratoryjnego musi odzwierciedlać zaplanowane czynności na etapie planowania.

W laboratorium należy zapewnić eksperymenty o zróżnicowanym stopniu trudności, aby uczniowie o różnych potrzebach i możliwościach mogli z laboratorium korzystać. Każdy z eksperymentów musi stanowić zamkniętą całość.

Jeżeli dana procedura (metoda) pozwala na otrzymanie różnych produktów, program powinien zapewnić taką możliwość.

Do każdego możliwego do zrealizowania w wirtualnym laboratorium typu syntezy dostępne są samouczki wprowadzające w podstawy teoretyczne danej syntezy, ułatwiające uczniowi samodzielne planowanie procedury syntezy.

Wygląd reagentów, przebieg i wyniki doświadczeń muszą wiernie odwzorowywać rzeczywistość. W przypadku długotrwałych czynności, upływ czasu może być regulowany, z wyraźnym zaznaczeniem, że taka zmiana ma miejsce.

Opis struktury materiału

1. Po uruchomieniu aplikacji użytkownik wybiera prowadzony eksperyment (typ substancji którą chce otrzymać, np. ester).
2. Po wybraniu eksperymentu użytkownik dokonuje wyboru substancji, którą będzie syntezować lub może ją wylosować z dostępnej dla danego eksperymentu puli.
3. Po wyborze syntezowanej substancji użytkownik przechodzi do etapu planowania eksperymentu.
4. Na etapie planowania użytkownik opracowuje przebieg całego eksperymentu. Ma możliwość wyboru metod, reagentów itp. Projektuje samodzielnie lub z pomocą wirtualnego asystenta poszczególne etapy syntezy, dobierając potrzebne reagenty i wyposażenie. Uwzględnia także warunki prowadzenia reakcji. Przykładowo kwas organiczny można otrzymać zarówno z alkoholu, jak i aldehydu. Program powinien pozostawić przestrzeń użytkownikowi na wybór drogi.
5. Eksperymentator na etapie planowania zapisuje przebieg poszczególnych etapów za pomocą równań reakcji nazywa produkty za pomocą nazw systematycznych lub zalecanych nazw IUPAC.
6. Na koniec etapu planowania powinna powstać gotowa instrukcja wykonania eksperymentu, która będzie dostępna dla użytkownika cały czas podczas części laboratoryjnej (może być ukrywana). Wirtualny asystent śledzi i rejestruje wszystkie kroki ucznia i weryfikuje poprawność stworzonej instrukcji, udzielając informacji zwrotnej, w szczególności wskazując błędy i ich konsekwencje.
7. Po zatwierdzeniu instrukcji przez wirtualnego asystenta uczeń przechodzi do części laboratoryjnej.
8. W laboratorium ma dostępne wszystkie niezbędne elementy wyposażenia i reagenty, zawarte w instrukcji.
9. Dla każdego z eksperymentów powinna zostać przygotowana domyślna procedura, z której użytkownik może skorzystać, pomijając etap planowania i wykonać część doświadczalną.
10. Pracę laboratoryjną zaczyna od założenia stroju ochronnego. Jeżeli prowadzenie eksperymentu wymaga użycia dygestorium, należy je włączyć i korzystać z niego zgodnie z zasadami.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



11. W dalszych krokach wykonuje poszczególne etapy syntezy. Wykonanie etapu zaczyna się od skompletowania niezbędnego sprzętu i odczynników. Jeżeli nie wszystkie odczynniki z jakichś względów mogą być skompletowane, od razu należy je wziąć we właściwym momencie (jeżeli potrzeba wykorzystać odczynniki umieszczone w dygestorium, to nie należy ich wyciągać poza dygestorium). Próba wyciągnięcia odczynnika z dygestorium powinna skutkować odpowiednim komunikatem alarmowym.
12. Na etapie prac laboratoryjnych wirtualny asystent również czuwa nad poprawnością przebiegu eksperymentu i udziela wskazówek. Wszelkie nieprawidłowości powinny być użytkownikowi sygnalizowane.
13. Wskazówki mogą zostać wyłączone, natomiast wirtualny asystent cały czas rejestruje poszczególne działania ucznia i na koniec eksperymentu udziela informacji zwrotnych.
14. Uczeń ma możliwość powtórzenia określonej części eksperymentu w przypadku jego błędnego wykonania. Jeżeli konsekwencją błędu jest błędne wykonanie dalszych etapów, etapy te powinny zostać wykonane ponownie.
15. Po przeprowadzeniu doświadczenia/eksperymentu należy po sobie posprzątać, zwracając uwagę na środki ostrożności i co gdzie wylewamy.

Laboratorium przygotowane w dwóch wersjach językowych (polskim - domyślnym, oraz angielskim, z możliwością rozbudowy o inne języki) umożliwia naukę fachowej terminologii w języku obcym.

Mechanika materiału

Konfiguracja laboratorium przez nauczyciela:

1. **Panel konfiguracyjny:**
 - Nauczyciel może dostosować laboratorium do potrzeb edukacyjnych, wybierając dostępne odczynniki, sprzęt oraz aktywne eksperymenty.
 - Automatyczne dostosowanie widoczności sprzętu i odczynników do wybranych eksperymentów, z możliwością ich ukrywania, jeśli nie są potrzebne.
 - Możliwość włączania i wyłączania eksperymentów oraz dodatkowych opcji programu.
 - Modularność: aplikacja umożliwia łatwą rozbudowę bazy eksperymentów, odczynników i sprzętu w przyszłości.
2. **Obsługa wielojęzyczna:**
 - Domyślnym językiem jest polski, ale laboratorium występuje też w języku angielskim.
 - Intuicyjny system przełączania języków umożliwia szybkie zmiany między wersjami językowymi.

Poruszanie się po laboratorium:

1. **Perspektywa pierwszej osoby:**
 - Użytkownik eksploruje przestrzeń laboratoryjną, wykonując wszystkie czynności w pełni immersyjny sposób.
 - Możliwość swobodnego przemieszczania się i interakcji z elementami otoczenia.
2. **Obsługa dygestorium:**
 - Jeżeli eksperyment wymaga użycia dygestorium, użytkownik musi je aktywować i obsługiwać zgodnie z procedurami (np. opuszczanie szyby, włączanie wentylacji).
3. **Tryb VR i standardowy:**
 - **VR:**
 - użytkownik korzysta z kontrolerów ruchu do manipulowania obiektami i wykonywania eksperymentów.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- możliwość obserwacji widoku VR na monitorze, co pozwala nauczycielowi i innym uczniom śledzić przebieg eksperymentu.
- **Tryb standardowy (PC):**
 - nawigacja odbywa się za pomocą myszy i klawiatury, z odwzorowaniem działań zgodnych z rzeczywistością (np. ruchy kursora symulują gesty VR).

Interakcje z wyposażeniem laboratorium:

1. **Realistyczna symulacja:**
 - Procedury laboratoryjne odwzorowane z uwzględnieniem efektów wizualnych i dźwiękowych.
 - Możliwość obserwowania reakcji chemicznych w czasie rzeczywistym (np. zmiany koloru, emisja gazów, wrzenie).
2. **Manipulacja sprzętem i odczynnikami:**
 - Obsługa wag, pipet, probówek, zlewek.
 - Możliwość mieszania odczynników, odmierzania proporcji oraz wykonywania precyzyjnych operacji laboratoryjnych.

System wsparcia i analizy:

1. **Wirtualny asystent:**
 - Pomaga użytkownikowi na każdym etapie, udzielając wskazówek w czasie rzeczywistym.
 - Monitoruje kroki użytkownika, wskazując błędy i ich konsekwencje.
2. **System notatek:**
 - Użytkownik może sporządzać notatki laboratoryjne i zapisywać je w systemie.
3. **Rejestracja pracy:**
 - Przebieg eksperymentu można nagrywać w formie wideo, które jest dostępne przez określony czas.
 - Użytkownik i nauczyciel mogą analizować wykonane kroki w celu poprawy błędów.
 - System zapisuje wszystkie błędne działania ucznia, a raporty mogą być eksportowane do pliku CSV/PDF.

Symulacja upływu czasu:

1. **Symboliczny upływ czasu:**
 - W eksperymentach wymagających dłuższego czasu oczekiwania (np. reakcje chemiczne, procesy inkubacji) użytkownik może przyspieszyć upływ czasu za pomocą dedykowanego przycisku.
 - Przykładowo, minuta rzeczywistego czasu może odpowiadać 10 minutom w symulacji.
 - Podczas przyspieszonego czasu użytkownik widzi wizualne zmiany w środowisku, takie jak stopniowe mieszanie odczynników czy reakcje chemiczne.

Bezpieczeństwo i procedury BHP:

1. **Procedury bezpieczeństwa:**
 - Aplikacja przypomina o zasadach BHP, takich jak używanie rękawiczek, masek czy pracy pod dygestorium.
 - System ostrzeżeń informuje o naruszeniu zasad (np. użycie toksycznych odczynników bez odpowiedniego zabezpieczenia).
2. **Symulacja błędów:**
 - Użytkownik widzi skutki popełnionych błędów (np. mieszanie niewłaściwych



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



odczynników, brak zachowania proporcji).

System oceny i feedbacku:

1. Informacja zwrotna:

- Po zakończeniu eksperymentu użytkownik otrzymuje szczegółowy raport na temat swojej pracy, z podkreśleniem poprawności działań i sugestiami na przyszłość.
- System ocenia eksperymenty, uwzględniając poprawność procedur, wyniki i zgodność z założeniami.

2. Personalizacja raportów:

- Możliwość generowania szczegółowych raportów w formie równań chemicznych oraz notatek.

Współpraca i obserwacja:

1. Transmisja widoku VR:

- Obraz z gogli VR jest transmitowany na monitor lub projektor, umożliwiając nauczycielowi i grupie uczniów obserwację działań użytkownika w czasie rzeczywistym.

Grafika

Laboratorium:

- Realistyczne, w pełni wyposażone pomieszczenie 3D z możliwością swobodnego poruszania się.
- Wyposażenie zawiera:
 - **Dygestorium:** duże, z pełnym oddaniem funkcjonalności (np. szyba z możliwością opuszczania, wyciąg, światło).
 - **Stół laboratoryjny:** centralny element przestrzeni, odpowiednio duży, z miejscem na odczynniki i szkło laboratoryjne.
 - **Zlew:** przeznaczony do pracy z wodą i mycia szkła laboratoryjnego.
 - **Pojemniki na odpady:** oddzielne dla odpadów biologicznych, chemicznych i zwykłych.

Odczynniki i sprzęt:

- **Odczynniki:**
 - Wszystkie substancje potrzebne do eksperymentów, odpowiednio oznakowane i rozmieszczone zgodnie z zasadami BHP.
 - Odczynniki nieorganiczne, takie jak węgiel wapnia, sól, magnez, H_2SO_4 , woda, żelazo, glin, wodorotlenek sodu, $HgSO_4$.
 - Substancje łatwopalne rozmieszczone w bezpiecznej odległości od źródeł ognia.
 - Stężenia i ilości odczynników dostosowane do typowych procesów chemicznych.
- **Sprzęt:**
 - Wagi, pipety, probówki, kolby, zlewki, mieszkadła, termometry itp.
 - Możliwość regulacji temperatury i ciśnienia w sprzęcie wymagającym takich parametrów.

Realistyczne efekty wizualne:

- **Oświetlenie:** możliwość regulacji światła laboratoryjnego oraz naświetlania naczynia laboratoryjnego światłem o odpowiednich parametrach (np. długości fali dla określonych reakcji chemicznych).



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Reakcje chemiczne:** wizualizacja procesów, takich jak zmiany koloru, emisja gazów, tworzenie się osadów.
- **Otoczenie:** blat laboratoryjny i tło nie zaburzają podglądu zawartości naczyń; jasne i przejrzyste elementy wspierają immersję i czytelność.

Interaktywność:

- Każdy element laboratorium jest w pełni interaktywny:
 - odczynniki można podnosić, odmierzać, wlewać i mieszać.
 - sprzęt działa zgodnie z jego przeznaczeniem, np. pipety umożliwiają precyzyjne dozowanie płynów, a mikroskopy pozwalają na obserwację próbek.
- **Wybór trybu pracy:**
 - użytkownicy mogą samodzielnie zaprojektować eksperyment (dobór odczynników, sprzętu i parametrów).
 - dla użytkowników preferujących gotowe scenariusze dostępna jest lista odczynników i sprzętu do skompletowania.

BHP i bezpieczeństwo:

- Substancje i sprzęt rozmieszczone zgodnie z zasadami bezpieczeństwa, z wizualnymi ostrzeżeniami o ryzyku (np. oznaczenia substancji toksycznych, łatwopalnych).
- Procesy wymagające szczególnych warunków (np. praca z toksycznymi substancjami) odbywają się pod dyktando.

Styl graficzny:

- **Stylizowany realizm:** połączenie realistycznych detali z lekko stylizowanymi elementami dla zwiększenia czytelności i atrakcyjności wizualnej.
- **Kolory i kontrasty:** jasna kolorystyka, odpowiednio wyważone kontrasty dla łatwiejszej identyfikacji odczynników i sprzętu.

Przykładowe inspiracje

ChemCollective Virtual Lab – przykład mechaniki pracy z odczynnikami oraz sposobem wprowadzania użytkownika w procedury chemiczne.

- **Inspiracja:** Intuicyjny interfejs pracy w laboratorium pozwala na szybkie opanowanie podstawowych mechanik, co wspiera naukę chemii organicznej.

VR Chemistry Lab – przykłady realistycznych wizualizacji reakcji chemicznych w VR.

- **Inspiracja:** Wysoka immersyjność i realistyczne przedstawienie procesów chemicznych mogą zostać wykorzystane do przedstawienia np. reakcji syntezy Wurtza czy polimeryzacji.

Labster – kompleksowy system nauczania w wirtualnym laboratorium.

- **Inspiracja:** Umożliwia tworzenie różnorodnych scenariuszy i adaptowanie ich do różnych poziomów trudności, co może inspirować funkcjonalność modułów.

Inne projekty VR edukacyjne (np. Molecule VR) – wizualizacja związków organicznych i interakcje w czasie rzeczywistym.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Inspiracja:** Możliwość szczegółowego eksplorowania molekuł organicznych w 3D jest zgodna z celami edukacyjnymi opisanymi w scenariuszu.

Styl graficzny i immersja:

- **Filmy edukacyjne:** np. *Breakthrough Science* na platformie VR, który pokazuje różne procesy naukowe w atrakcyjny wizualnie sposób. (<https://10k.science/>)
- **Inspiracja graficzna:** połączenie realistycznych elementów z wyrazistymi oznaczeniami i intuicyjnym interfejsem.

Podsumowanie:

Wizualizacja reakcji chemicznych powinna być dynamiczna i przedstawiać zmiany w odczytnikach w sposób zrozumiały, np. poprzez emisję gazów, zmianę barw czy osady.

Interakcje powinny być płynne i dostępne zarówno w trybie VR, jak i standardowym, nawiązując do mechanik w *ChemCollective Virtual Lab*.

Możliwość wizualnego i dźwiękowego przedstawienia efektów błędów w trakcie przeprowadzania eksperymentu (np. przegrzanie substancji czy reakcje egzotermiczne) zainspirowana realistycznym odwzorowaniem z *Labster*.

Wirtualny asystent, wzorowany na interaktywnych postaciach z innych aplikacji edukacyjnych, powinien wspierać użytkownika na każdym etapie, od planowania po realizację eksperymentów.

4. Wymagania WCAG

Opis dostosowania materiału celem spełnienia standardu WCAG

Zaawansowany e-materiał musi uwzględniać założenia uniwersalnego projektowania w edukacji (UDL) oraz być zgodne ze standardami dostępności cyfrowej WCAG 2.2. na poziomie AA, standardem ATAG 2.0 i zapisami Ustawy o dostępności cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych z dnia 4 kwietnia 2019 roku. Powinno też uwzględniać dobre praktyki, stosowane w celu zapewnienia wysokiej jakości dostępnych cyfrowo materiałów edukacyjnych.

Użytkownik ze szczególnymi potrzebami, korzystający z przygotowanego zaawansowanego e-materiału multimedialnego, powinien korzystać z mechaniki materiału (menu nawigacyjnego) w taki sam sposób, jak wszyscy użytkownicy. Należy przygotować menu, w którym wybiera on dostosowania materiału do swoich potrzeb. W ramach wybranych dostosowań multimedialnego materiału użytkownik powinien korzystać ze wszystkich zaprojektowanych funkcjonalności. Zaawansowany e-materiał powinien spełniać kryteria dostępu dla technologii dotykowych (np. ekranów dotykowych), dostępności z poziomu klawiatury czy za pomocą zewnętrznych urządzeń wejściowych (np. mysz powiększona), technologii asystujących (np. czytniki ekranu).

Zaawansowany e-materiał powinien spełniać następujące kryteria:

1. umożliwiać użytkownikowi z różnymi potrzebami korzystającemu z ułatwień dostępu na wszystkich poziomach i etapach materiału;
2. posiadać instrukcję dla użytkowników z różnymi potrzebami, zawierającą informacje o sposobie korzystania z ułatwień dostępu i mechanizmach poruszania się po menu;
3. posiadać rozwiązania z zakresu dostępności, które pozwalają uniknąć QTE lub działań związanych z łączeniem przycisków (uwzględnia ustawienie pozwalające



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- je uprościć lub pominąć/wyłączyć);
4. umożliwiać korzystanie z wirtualnej klawiatury ekranowej, którą można sterować za pomocą myszy lub technologii wspomagających, takich jak wzrok lub przełącznik;
 5. wszystkie treści w materiale powinny być przedstawione za pomocą tzw. prostego języka;
 6. użytkownik przed skorzystaniem z zaawansowanego e-materiału powinien zapoznać się tutorialiem objaśniającym, jak korzystać z ułatwień dostępu;
 7. mieć możliwość korzystania z pomocy w sytuacjach potencjalnie trudnych, związanych z poruszaniem się po materiale;
 8. mechanika zaawansowanego e-materiału powinna pozwalać na dostęp do wszystkich obszarów interfejsu użytkownika;
 9. zaawansowany e-materiał powinien być dostępny za pomocą technologii asystujących, m.in. czytników ekranu, oprogramowania asystującego w technologiach mobilnych.

Jeżeli w materiale będą występowały treści nieinterpretowalne, wykonawca zobowiązany jest zapewnić alternatywę wchodzącą w e-materiał i stanowiącą integralną całość zaawansowanego e-materiału. Bez konsultacji z ekspertami ORE nie dopuszcza się tworzenia alternatywnego (równoległego rozwiązania) dedykowanego osobom z różnymi potrzebami.

W przypadku specyficznego typu aplikacji jaką jest VR dopuszcza się możliwość zaproponowania alternatywnego rozwiązania, które nie wymaga zakładania okularów i uwzględnia wszystkie typy niepełnosprawności. Możliwe jest np. przygotowanie rozwiązania opartego o aplikację dźwiękową dla niewidomych, aplikację graficzną i dźwiękową dostosowaną dla słabowidzących lub inną uwzględniającą zaburzenia neurologiczne.

Zaawansowany e-materiał musi uwzględniać między innymi potrzeby osób:

- z ograniczeniami wzroku,
- z ograniczeniami słuchu,
- z ograniczeniami ruchu rąk i mobilności,
- z ograniczeniami możliwości poznawczych (związanymi z np. pamięcią, przetwarzaniem informacji, dysleksją),
- z zaburzeniami neurorozwojowymi i psychicznymi (np. spektrum autyzmu, ADHD, stanami lękowymi, epilepsją),
- z zaburzeniami mowy,
- korzystających z czytników ekranu.

Podczas projektowania e-materiału należy uwzględniać różne potrzeby i możliwości użytkowników ze względu na:

Ograniczenia wzroku:

- stosowanie dobrze kontrastujących kolorów, czytelnych rozmiarów i typów fontów, możliwość zmiany i indywidualnego dopasowania przez użytkownika tych elementów;
- stosowanie zawsze widocznego fokusa (przynajmniej częściowo);
- używanie kombinacji koloru, kształtów i tekstu, niestosowanie znaczenia tylko kolorem;
- umieszczanie przycisków i powiadomień w kontekście;
- stosowanie odpowiedniej wielkości, kolorów i rozmieszczenia elementów interfejsu;
- umożliwienie zmiany kolorów dla osób będących daltonistami;
- umożliwienie zmiany wielkości elementów interfejsu;
- używanie dźwięku przestrzennego i rozróżnialnych dźwięków, różnych w zależności od zdarzeń;
- umożliwienie wyboru wyglądu kursora/celownika, zmiany kształtu, wielkości, koloru, jeśli projektowana mapa interaktywna zakłada bardzo dużo obiektów;
- wyświetlanie istotnych informacji w centrum, na linii wzroku lub możliwość powiększania całości, poszczególnych elementów mapy interaktywnej;



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- nawigacja i sterowanie za pomocą klawiatury;
- stosowanie tekstów alternatywnych lub audiodeskrypcji do grafik;
- elementy materiału powinny być duże i łatwe do odróżnienia oraz oddalone od siebie;
- dodanie opisów alternatywnych do obrazów i innych elementów wizualnych, które opisują treści lub funkcje;
- stosowanie dużego kontrastu między istotnymi elementami w materiale;
- użytkownicy niewidomi powinni móc skorzystać z każdej funkcjonalności materiału z poziomu klawiatury.

Ograniczenia słuchu:

- stosowanie prostego języka, niestosowanie figur stylistycznych i idiomów;
- zapewnienie alternatywy tekstowej każdej kluczowej informacji dźwiękowej;
- dodanie napisów i transkrypcji do treści audio i wideo;
- możliwość modyfikacji napisów, zmiana rozmiaru/koloru oraz ich włączania i wyłączania zanim pojawi się dźwięk;
- stosowanie napisów rozszerzonych informujących o dodatkowych dźwiękach i nastroju oraz postaci mówiących;
- stosowanie prostych logicznych i spójnych układów treści;
- zapewnienie możliwości osobnej regulacji dźwięku dla różnych elementów multimedialnych w mapie interaktywnej;
- zastosowanie przełącznika dźwięku mono/stereo w materiałach filmowych i audio (jeśli takie się pojawiają w zaawansowanym materiale).

Ograniczenia ruchu rąk i mobilności:

- umożliwienie w menu materiału ustawienia dużych obszarów klikalnych;
- projektowanie obsługi za pomocą klawiatury i mowy;
- unikanie tworzenia dynamicznych treści, wymagających dużego ruchu myszy;
- nieograniczanie czasu otwarcia okien, wykonania zadań;
- zapewnienie alternatywy dla akcji, wymagających równoczesnych czynności (np. klik zamiast przeciągnij i upuść);
- zapewnienie sterowania przy użyciu prostych kontrolerów.
- unikanie stosowania bardzo precyzyjnych ruchów.

Ograniczenia poznawcze oraz zaburzenia neurorozwojowe i psychiczne:

- używanie prostych, stonowanych barw;
- używanie prostego języka, bez stosowania figur stylistycznych i idiomów;
- używanie krótkich zdań i punktowania;
- używanie wyjaśnienia skrótów;
- tworzenie opisowych przycisków;
- budowanie prostych i spójnych układów treści;
- wyrównanie tekstów do lewej i zachowanie spójnego układu;
- niestosowanie dużych bloków ciężkiego tekstu;
- niestosowanie podkreślania słów, niepochylania tekstu i pisanie wielkimi literami;
- umożliwienie zmiany kontrastu pomiędzy tłem a tekstem;
- niestosowanie ograniczenia czasowego na wykonanie zadania;
- niestosowanie presji czasowej lub związanej z możliwością wykonania tylko jednej próby wykonania zadania.

Ograniczenia związane z korzystaniem z czytników ekranów:

- opisywanie obrazów, stosownie transkrypcji, audiodeskrypcji;
- nieumieszczanie informacji tylko na obrazie lub wideo;
- nadawanie struktury treści i nieoznaczanie jej tylko rozmiarem i rozmieszczeniem tekstu;
- stosowanie liniowego logicznego układu;
- umożliwienie sterowania za pomocą klawiatury;
- tworzenie opisowych łączy.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Powyższe wytyczne są jedynie przykładami potrzeb, jakie powinny zostać spełnione przy projektowaniu zaawansowanego e-materiału. Beneficjent konkursowy powinien zapewnić możliwie największą dostępność dla osób z różnymi potrzebami. Rozwiązania związane z zapewnieniem dostępności osobom z różnymi potrzebami Beneficjent konkursowy powinien konsultować z ekspertami ORE na poszczególnych etapach realizacji projektu konkursowego.

5. Wymagania funkcjonalne i techniczne

Kluczowe warunki funkcjonalne dla Wykonawców

Aplikacja musi spełniać wymagania określone w dokumencie „Ogólne wymagania funkcjonalne i techniczne dla e-materiałów”.

Realistyczna symulacja procesów chemicznych

- **Interaktywne modele substancji organicznych:** laboratorium VR wiernie odwzorowuje właściwości i zachowanie węglowodorów oraz ich pochodnych.
- **Symulacja reakcji chemicznych:** użytkownik przeprowadza reakcje takie jak synteza Wurtza, substytucja rodnikowa, addycja, eliminacja, polimeryzacja oraz inne kluczowe reakcje organiczne, z realistycznymi efektami wizualnymi i chemicznymi.

Nawigacja i interakcje w środowisku laboratoryjnym

- **Laboratorium 3D:** w pełni wyposażone pomieszczenie zawiera dygestorium, szafki z odczynnikami, szkło laboratoryjne, stół laboratoryjny, zlew oraz pojemniki na odpady.
- **Swoboda poruszania się:** użytkownik porusza się w VR lub za pomocą myszy i klawiatury w trybie standardowym, kompletując wyposażenie i przygotowując stanowisko do eksperymentu.
- **Intuicyjny interfejs:** wszystkie funkcje dostępne są za pomocą przejrzystego menu, które umożliwia wybór sprzętu, odczynników oraz scenariuszy.

Planowanie i przeprowadzanie syntez

- **Swobodny wybór ścieżki syntezy:** użytkownik planuje syntezę związków organicznych, dobierając odpowiednie odczynniki, sprzęt i warunki reakcji.
- **Losowanie związku docelowego:** aplikacja może losować związek chemiczny do syntezy, co uczy użytkownika planowania ciągów przemian chemicznych.
- **Dynamiczny upływ czasu:** eksperymenty wymagające dłuższego czasu reakcji uwzględniają opcję przyspieszenia czasu.

Wybór i przygotowanie wyposażenia

- **Kompletowanie sprzętu:** przed przystąpieniem do syntezy użytkownik wybiera niezbędny sprzęt laboratoryjny i środki ochrony osobistej zgodnie z zasadami BHP.
- **Instrukcje pomocnicze:** dostępna lista odczynników i sprzętu dla użytkowników, którzy chcą odtworzyć eksperymenty według gotowych instrukcji.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Realistyczne odczynniki:** dostępne substancje chemiczne są zgodne z rzeczywistymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi, z zachowaniem zasad bezpieczeństwa (np. nie przechowywanie łatwopalnych substancji w pobliżu źródła ognia).

Rejestrowanie wyników i analiza działań

- **Aplikacja do zapisywania reakcji:** Użytkownik zapisuje przebieg reakcji w formie równań chemicznych, które są automatycznie weryfikowane przez aplikację.
- **Informacja zwrotna:** Aplikacja udziela szczegółowej informacji o powodzeniu syntezy oraz o ewentualnych błędach i ich przyczynach.
- **Raportowanie i analiza:** Możliwość wygenerowania raportu zawierającego przebieg eksperymentu, wyniki oraz wnioski.

Bezpieczeństwo i procedury laboratoryjne

- **Zasady BHP:** użytkownik przestrzega zasad bezpieczeństwa, takich jak użycie środków ochrony osobistej oraz poprawna obsługa odczynników i sprzętu.
- **System ostrzeżeń:** aplikacja informuje o niebezpiecznych działaniach, takich jak niewłaściwa obsługa substancji toksycznych lub zapominanie o włączeniu dygestorium.

Personalizacja przez nauczyciela

- **Dostosowanie laboratorium:** nauczyciele mogą konfigurować dostępne odczynniki, sprzęt, poziomy trudności oraz zakres eksperymentów.
- **Tworzenie scenariuszy:** możliwość przygotowania własnych scenariuszy eksperymentów oraz dostosowania gotowych materiałów dydaktycznych.
- **Poziom trudności:** nauczyciel może dostosować poziom trudności poprzez ukrywanie odpowiedzi, ograniczenie liczby dostępnych odczynników i zmniejszenie liczby odpowiedzi asystenta.

System wsparcia i wirtualny asystent

- **Wirtualny asystent:** udziela wskazówek w czasie rzeczywistym, monitoruje etapy eksperymentu oraz dostarcza podsumowania z informacjami zrotnymi.
- **Rejestracja działań:** możliwość nagrywania przebiegu eksperymentu w formie wideo do późniejszej analizy.

Kluczowe warunki techniczne dla Wykonawców

Aplikacja musi spełniać wymagania określone w dokumencie „Ogólne wymagania funkcjonalne i techniczne dla e-materiałów”.

Realizm grafiki i optymalizacja wydajności



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- **Wysokiej jakości modele 3D:** modele sprzętu laboratoryjnego, odczynników i otoczenia muszą być realistyczne i szczegółowe, z możliwością dynamicznej adaptacji jakości renderowania w zależności od urządzenia.
- **Płynność działania:** aplikacja w trybie VR musi działać z minimalnym opóźnieniem (co najmniej 90 FPS), aby zapewnić komfort użytkownika i wysoką immersję.
- **Realistyczne efekty wizualne i dźwiękowe:** symulacja reakcji chemicznych, takich jak zmiana koloru, emisja gazów, czy wrzenie, musi być odzwierciedlona w szczegółowych animacjach i dźwiękach.

Mechanika VR i komfort użytkownika

- **Teleportacja i ograniczenia przestrzeni:** użytkownik w VR porusza się za pomocą mechanizmu teleportacji, a system wizualnie informuje o granicach strefy VR, aby zapobiec kolizjom z otoczeniem.
- **Opcje komfortu VR:** użytkownik musi mieć możliwość dostosowania ustawień VR, takich jak jasność, czułość kontrolerów, szybkość poruszania się oraz mechanizmy redukcji zawrotów głowy.
- **Obraz VR na monitorze:** widok z gogli VR musi być transmitowany na monitor lub projektor w czasie rzeczywistym, aby umożliwić obserwację działań ucznia przez nauczyciela i kolegów z klasy.

Dostosowanie do potrzeb edukacyjnych

- **Wybór trybu:** aplikacja musi umożliwiać przełączanie pomiędzy trybem VR a standardowym w zależności od decyzji nauczyciela i dostępnego sprzętu.
- **Konfigurowalne limity czasowe:** nauczyciel może ustawić maksymalny czas korzystania z trybu VR, z automatycznym powiadomieniem użytkownika o konieczności przerwy.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

