

SCENARIUSZ ZAAWANSOWANEGO E-MATERIAŁU

1. Metryczka materiału

Tytuł materiału	Laboratorium VR chemii analitycznej - nauka procedur laboratoryjnych
Numer materiału	II.12
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 Kusztełak)
Weryfikacja językowa	Iwona Tkacz
Rodzaj multimedium	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 podstawowy Liceum / technikum zakres rozszerzony
Przedmiot(y) do nauki których przeznaczony jest materiał	chemia język obcy nowożytny - angielski

2. Opis materiału

Skrócony opis materiału (abstrakt)
<p>Aplikacja realizowana w technologii VR, ucząca procedur w laboratorium chemicznym. Jej celem jest nauka zasad postępowania z odczynnikami, prawidłowego pomiaru masy i objętości, kalibrowania urządzeń, dobierania właściwego sprzętu, a także świadomość, jak warunki środowiskowe wpływają na procedury laboratoryjne. Ponadto powinna być możliwość przeprowadzenia prostych doświadczeń: destylacji prostej, krystalizacji, sączenia grawitacyjnego i pod zmniejszonym ciśnieniem, rozdzielania substancji za pomocą rozdzielacza, ekstrakcji. Dzięki aplikacji uczeń nabydzie także umiejętności właściwego ogrzewania próbek, spalania</p>



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



substancji, odparowania roztworów, prażenia w tyglu, suszenia, a także zbierania gazów o różnej gęstości i właściwościach, otrzymanych na drodze eksperymentów chemicznych.

Cel ogólny materiału

Celem e-materiału jest nauka podstawowych procedur stosowanych w laboratorium chemicznym, świadomy wybór sprzętu uwzględniający dokładność używanych sprzętów oraz wpływ środowiska na planowane procedury. Jego zadaniem jest także nauka prostych metod rozdziału mieszanin jednorodnych. Wszystkie zastosowane w laboratorium procedury mają na celu bezpieczne i poprawne posługiwanie się sprzętem laboratoryjnym oraz odczynnikami chemicznymi.

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

Chemia

Uczeń pracując w laboratorium:

- bezpiecznie posługuje się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi.
- właściwie klasyfikuje substancje chemiczne i stosuje właściwe oznaczenia
- właściwie dokonuje pomiarów masy i objętości substancji
- montuje zestawy laboratoryjne niezbędne do przeprowadzenia określonych procesów, wykorzystywanych w chemii, takich jak destylacja, ekstrakcja, sączenie itp.
- dobiera właściwy sprzęt i naczynia laboratoryjne do wykonywanych procedur
- dokonuje rozdziału wybranych mieszanin
- stosuje odpowiednie procedury laboratoryjne z zakresu podstaw chemii analitycznej
- posługuje się fachowym słownictwem w języku polskim i obcym, dostępnym w laboratorium.

Język obcy nowożytny - język angielski

Uczeń:

- posługuje się dość bogatym zasobem środków językowych (leksykalnych, gramatycznych, ortograficznych oraz fonetycznych), umożliwiającym realizację pozostałych wymagań ogólnych w zakresie następujących tematów: nauka i technik;
- posługuje się terminologią fachową z zakresu chemii w języku obcym

3. Charakterystyka materiału

Opis zawartości merytorycznej materiału

E-materiał ma za zadanie nauczyć bezpiecznej i higienicznej pracy w laboratorium, a także prawidłowego postępowania laboratoryjnego.

Należy umożliwić w laboratorium kształtowanie następujących umiejętności:

- oznakowania substancji zgodnie z zasadami przechowywania
- przechowywanie substancji (porządkowanie substancji w laboratorium, właściwe uporządkowanie szaf laboratoryjnych, zgodnie z zasadami przechowywania substancji.
- postępowanie z odczynnikami chemicznymi (właściwe pobieranie odczynników, tak by nie zanieczyścić odczynnika, zarówno w formie stałej, jak i cieczy)
- prawidłowy pomiar masy i objętości - w tym cieczy i substancji stałych o niejednorodnych



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- kształtach, wyznaczanie gęstości substancji
- pomiar pH
- kalibrowanie urządzeń pomiarowych
- montaż zestawów:
 - do sączenia grawitacyjnego (w tym sposoby składania sączka),
 - do sączenia pod zmniejszonym ciśnieniem (w tym dobór sączka do lejka i sączonego osadu),
 - do ogrzewania pod chłodnicą zwrotną,
 - do ekstrakcji z wykorzystaniem aparatu soxhleta,
 - do destylacji prostej,
 - do destylacji z parą wodną,
 - do otrzymywania gazów w aparacie Kippa,
 - do odparowywania,
 - do prażenia osadów,
 - do krystalizacji,
- procedury: destylacji, krystalizacji, sączenia grawitacyjnego, sączenia pod zmniejszonym ciśnieniem, ekstrakcji (w tym z użyciem aparatu Soxhleta),
- procedura ogrzewania, spalania, zbierania gazów,
- różne sposoby rozdziálu mieszanin.

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. Procedury należy umieścić w kontekście ich rzeczywistych zastosowań.

Do każdego możliwego do zrealizowania w wirtualnym laboratorium zadania/eksperymentu należy zapewnić samouczki wprowadzające w podstawy teoretyczne danego zagadnienia (procedury) ułatwiające uczniowi samodzielne wykonanie eksperymentu. Samouczki są dostępne na życzenie użytkownika (ucznia).

Domyślna wersja językowa programu to język polski. Należy zapewnić możliwość realizacji laboratorium w różnych wersjach językowych, w tym koniecznie w języku angielskim i możliwość uzupełnienia go o dodatkowe języki. Należy tak zaprogramować laboratorium, aby możliwe było przełączanie się pomiędzy dostępnymi językami.

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

Pracując w wirtualnym laboratorium, uczniowie mają za zadanie naukę zasad bezpieczeństwa i procedur laboratoryjnych oraz ich praktyczne zastosowanie, co jest kluczowe w edukacji chemicznej. Wirtualne laboratorium ma na celu odzwierciedlenie rzeczywistego środowiska pracy w laboratorium, dzięki czemu uczniowie mogą bezpiecznie eksplorować różne aspekty chemii.

Należy zapewnić:

- możliwość nauki jak poprawnie oznaczyć odczynniki chemiczne, aby uniknąć pomyłek i niebezpieczeństw,
- wykonanie czynności praktycznych umożliwiających zrozumienie symboli zagrożeń oraz informacji zawartych na etykietach,
- zrozumienie, jak prawidłowo przechowywać odczynniki, aby zminimalizować ryzyko reakcji niebezpiecznych i zanieczyszczenia przechowywanych odczynników. Uczniowie muszą



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- mieć okazję zapoznać się z różnymi typami przechowywania, takimi jak lodówki chemiczne, szafy przeciwpożarowe i miejsca przechowywania substancji toksycznych,
- możliwość zdobycia umiejętności segregowania substancji chemicznych według ich właściwości (np. kwasy, zasady, substancje łatwopalne), co jest niezbędne do uniknięcia niebezpiecznych reakcji,
 - zapoznanie się ze środkami ochrony osobistej, takimi jak gogle, rękawice, fartuchy, oraz procedurami awaryjnymi, co pomoże im w rozwijaniu kultury bezpieczeństwa,
 - możliwość zdobycia umiejętności prawidłowego pomiaru masy i objętości, w taki sposób, aby uczniowie mieli możliwość wykonywania pomiarów oraz zrozumienia jak wpływają właściwości substancji, a także warunki otoczenia na dobór metod pomiarowych i dokładność oraz precyzję wyników. Jest to szczególnie przy pomiarach o wysokiej dokładności,
 - umiejętność interpretacji wyników pomiarów w kontekście gęstości i objętości,
 - naukę praktyczną montażu wymienionych wyżej zestawów laboratoryjnych oraz procedur
 - naukę metod rozdziału substancji:
 - destylacji prostej, dzięki której uczniowie nauczą się, jak oddzielać składniki mieszanin na podstawie różnicy w temperaturach wrzenia - warto użyć mieszaniny barwnej, np. wody, acetonu oraz CuSO_4 ;
 - destylacji z parą wodną - na przykładzie otrzymywania olejków eterycznych z materiału roślinnego;
 - sączenia grawitacyjnego i pod zmniejszonym ciśnieniem, dzięki której uczniowie dowiedzą się, jak oddzielać ciała stałe od cieczy, wykorzystując różne metody filtracji, oraz jak zmniejszone ciśnienie wpływa na procesy odparowywania czy sączenia;
 - procesu krystalizacji, dzięki której poznają techniki uzyskiwania czystych substancji poprzez proces krystalizacji, co będzie wymagało ich zrozumienia procesów chłodzenia i odparowania; Warto połączyć procedurę ogrzewania pod chłodnicą zwrotną z sączeniem grawitacyjnym na gorąco, krystalizacją i sączeniem pod zmniejszonym ciśnieniem wykrystalizowanego produktu. Można do tego celu wykorzystać np. mieszaninę substancji stałych: kwasu szczawiowego i węgla wapnia;
 - ekstrakcji, która pozwala zrozumieć jak rozdzielać składniki mieszanin przy stosowaniu różnych rozpuszczalników; ekstrakcję za pomocą aparatu soxhleta warto zrealizować wykorzystując jako rozpuszczalnik etanol i materiał roślinny - np liście szpinaku;
 - naukę otrzymywania gazów w aparacie Kippa - wodoru, siarkowodoru oraz tlenku węgla(IV) oraz zbierania gazów w sposób odpowiedni do ich właściwości;
 - naukę ogrzewania i spalania substancji w bezpieczny sposób.

Aplikacja powinna zapewnić możliwość nauki podstawowych procedur laboratoryjnych, ale także pokazać, jak warunki środowiskowe wpływają na procedury laboratoryjne. Wirtualne laboratorium powinno być zaprojektowane jako dynamiczne i konfigurowalne środowisko. Laboratorium powinno być w pełni konfigurowalne przez nauczyciela, który będzie miał możliwość włączania i wyłączania niektórych funkcjonalności/eksperymentów/zawartości szafy laboratoryjnej. Umożliwi to uniwersalne wykorzystanie laboratorium w ramach różnych tematów lekcji, na różnych poziomach edukacji.

Opis struktury materiału

Po uruchomieniu programu dostępny ekran, na którym użytkownik (uczeń) dokonuje wyboru, czego chce się nauczyć - zgodnie z dostępnymi opcjami skonfigurowanymi przez nauczyciela. Może też dokonać wyboru warstwy językowej laboratorium (może się przełączać pomiędzy



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



językami w trakcie pracy).

Laboratorium może być zaprojektowane na bazie jednego większego lub kilku mniejszych połączonych pomieszczeń (np. odrębne pomieszczenie z odczynnikami, odrębne z potrzebnym sprzętem i osobne pomieszczenie do montażu aparatury i wykonywania eksperymentów (nauki procedur). Istotne jest by zostały zachowane odpowiednie standardy bezpieczeństwa i takie rozmieszczenie wyposażenia, aby zapewniony był komfort pracy. Pomieszczenia laboratoryjne i ich wyposażenie muszą umożliwiać przeprowadzenie zaplanowanych konkretnych eksperymentów. Uczeń może poruszać się po laboratorium, wchodzić do poszczególnych pomieszczeń i wykonywać w tych pomieszczeniach niezbędne działania - np. pobierać i odstawiać na półkę odczynniki, szkło laboratoryjne, aparaturę potrzebną do wykonania eksperymentu, czytać kartę charakterystyki, instrukcje itp.

Po wykonanych eksperymentach użytkownik musi posprzątać stanowisko pracy. Jeżeli generowane będą odpady, powinny zostać właściwie zagospodarowane.

Uczeń ma cały czas do pomocy wirtualnego asystenta, który może na życzenie ucznia prowadzić go przez wykonanie procedury, albo jedynie sprawdzać co uczeń robi samodzielnie. Asystent zapisuje kroki ucznia, udziela wskazówek, udziela informacji zwrotnej co było dobrze, co niepoprawnie wykonane,

Wybrane, przykładowe działania:

1. Nauka porządkowania i przechowywania odczynników chemicznych - może zostać zrealizowana na zasadzie losowego rozmieszczenia różnych substancji na blacie laboratoryjnym i zadaniem ucznia jest zapoznanie się z informacją na etykiecie, ewentualnie kartą charakterystyki produktu i umieszczenie go we właściwym miejscu w szafach laboratoryjnych. Rozmieszczenie odczynników w szafach powinno być jedno, ale za każdym razem powinien być udostępniany różny zestaw odczynników. Tu należy zapewnić różny poziom trudności (podstawowy, zaawansowany, ekspert) regulując ilością odczynników oraz stopniem trudności przyporządkowania substancji na podstawie właściwości.
2. W podobny sposób może zostać zrealizowana nauka wyposażenia laboratoryjnego i dostępnego szkła - uczeń musi je pochować do odpowiednio opisanych miejsc w szafach. Także należy zapewnić różny poziom trudności (podstawowy, zaawansowany i ekspert), regulując ilość dostępnego szkła, a także jego rodzaj od najbardziej podstawowego dla poziomu podstawowego, po elementy specjalistycznych zestawów typu aparat soxhleta w poziomie ekspert.
3. Pomiary masy i objętości:
 - a. **pomiar masy:** należy zapewnić naukę pomiaru masy na wadze technicznej, w pomiarach o mniejszej dokładności, jak i analitycznej, z dokładnością do 0,0001g;. naczynia, w których będą dokonywane naważki muszą być właściwie dobrane; pomiarów dokładnych należy dokonywać w naczynkach wagowych; należy zadbać o właściwe prowadzenie procedury ważenia. Na bieżąco należy zapisywać wyniki pomiarów w dzienniku laboratoryjnym.
 - b. **pomiar objętości:** należy zapewnić naukę odmierzania odpowiedniej objętości substancji ciekłej oraz pomiar objętości substancji stałej o regularnych i nieregularnych kształtach; w zależności od oczekiwanej dokładności należy wykorzystać:
 - cylinder miarowy: do mniej dokładnych pomiarów (np. $\pm 1 \text{ cm}^3$)
 - pipeta: do dokładnych pomiarów objętości (np. $\pm 0,01 \text{ cm}^3$), uwzględnić pipety jednomiarowe i wielomiarowe o różnych pojemnościach oraz pipety automatyczne o stałej i zmiennej pojemności.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- biureta: do precyzyjnych pomiarów w titracji.
 - kolba miarowa
- c. **zasady pomiaru** - napełnianie, odmierzanie i opróżnianie naczyń pomiarowych należy prowadzić zgodnie z ogólnie przyjętymi procedurami w chemii analitycznej; należy zwrócić uwagę na błędy jakie mogą zostać popełniane przy odmierzaniu objętości czy przygotowaniu naczyń miarowych - np. błąd paralaksy, błąd spływu, błąd kropli, powietrze w biurecie, niewłaściwe dopełnienie naczynia, błędny menisk, niepoprawny dobór wielkości naczynia miarowego do odmierzonej objętości - itp.; na bieżąco należy zapisywać wyniki pomiarów w dzienniku laboratoryjnym.

Tam, gdzie to możliwe należy zapewnić różne poziomy trudności wykonywanych działań - podstawowy, zaawansowany i ekspert. Treści podstawowe przeznaczone są dla wszystkich użytkowników, treści zaawansowane dla osób o zwiększonych zainteresowaniach w kierunku przedmiotów przyrodniczych, szczególnie chemii, a poziom ekspert jest przeznaczony dla użytkowników o szczególnych zainteresowaniach w kierunku chemii i uczestników olimpiad chemicznych.

Mechanika materiału

Panel konfiguracyjny:

- **Konfiguracja przez nauczyciela:** nauczyciel może dostosować funkcjonalność laboratorium, w tym:
 - wybór dostępnych odczynników i sprzętu laboratoryjnego
 - automatyczne włączanie niezbędnych zasobów w zależności od wybranych eksperymentów
 - możliwość wyłączenia opcji, które nie są istotne dla danego scenariusza lekcyjnego
 - rozbudowa bazy odczynników, sprzętu oraz eksperymentów w przyszłości.
- **Personalizacja funkcjonalności:** laboratorium umożliwia aktywowanie dodatkowych opcji, takich jak system wsparcia, stopień trudności czy automatyczne instrukcje.

Obsługa wielojęzyczna:

- **Domyślny język:** język polski, z możliwością przełączenia na język angielski
- **Dynamiczna zmiana języka:** W każdym momencie użytkownik może zmienić język w ustawieniach.

Laboratorium VR i standardowe (3D):

- **Technologia VR:**
 - pełne środowisko VR, pozwalające użytkownikowi poruszać się po laboratorium z perspektywy pierwszej osoby
 - możliwość montowania wyposażenia i przenoszenia elementów w przestrzeni
 - dostęp do interaktywnych baz danych, takich jak karty charakterystyki substancji
 - teleportacja w VR: możliwość włączenia intuicyjnego przemieszczania się po laboratorium za pomocą punktów interakcji.
- **Tryb standardowy (3D):**
 - te same możliwości co w trybie VR, realizowane za pomocą myszy i klawiatury.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- intuicyjne nawigowanie po przestrzeni oraz korzystanie z narzędzi i odczynników.

Realistyczne odwzorowanie przebiegu eksperymentów:

- **Upływ czasu:**
 - realistyczne tempo dla krótkotrwałych eksperymentów
 - przyspieszenie długotrwałych procedur, takich jak suszenie czy krystalizacja, z wyraźnym komunikatem informującym o tym.
- **Interakcja z wyposażeniem:**
 - montowanie aparatury zgodnie z instrukcją lub własnym planem
 - używanie sprzętu zgodnie z zasadami BHP, np. włączanie dygestorium.

System pomocy i wirtualny asystent:

- **Wirtualny asystent:**
 - wsparcie na każdym etapie eksperymentu – od planowania po realizację
 - monitorowanie działań użytkownika, dostarczanie informacji zwrotnej na temat popełnionych błędów oraz ich konsekwencji
 - funkcja „krok po kroku” dla mniej zaawansowanych użytkowników.
- **Rejestracja pracy użytkownika:**
 - nagrywanie przebiegu eksperymentu w formie wideo z możliwością pobrania przez użytkownika
 - automatyczne usuwanie plików wideo po określonym czasie.

Autozapis

- **Zapis postępów:** program automatycznie zapisuje postępy użytkownika, umożliwiając powrót do pracy w przypadku problemów technicznych.

Grafika

Stylizowane, ale realistyczne laboratorium:

- Laboratorium zachowuje kluczowe cechy rzeczywistości, ale jest przedstawione w stylizowanym graficznie środowisku. Styl ten minimalizuje zbędne detale, aby nie przytłaczać użytkownika, jednocześnie zapewniając estetyczne i profesjonalne wrażenie.
- Kolorystyka: użycie stonowanych, pastelowych kolorów, które są przyjazne dla oka i sprzyjają skupieniu; pomieszczenia i sprzęt laboratoryjny są przedstawione w jasnych, harmonijnych barwach.

Wyposażenie laboratorium:

- Sprzęt laboratoryjny, odczynniki i szkło laboratoryjne są stylizowane, ale wiernie odzwierciedlają ich funkcjonalność.
- Szczegóły, takie jak oznaczenia na szkle laboratoryjnym czy tekstury powierzchni sprzętu, są uproszczone, ale zachowują czytelność i funkcjonalność.

Efekty wizualne i animacje:

- Stylizowane, dynamiczne animacje reakcji chemicznych, takie jak zmiany kolorów, emisja gazów czy wrzenie cieczy, które zachowują kluczowe cechy edukacyjne.
- Efekty pękających probówek, unoszącej się pary czy wylewającego się roztworu są



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



dostosowane do stylizowanego środowiska, unikając drastyczności i nadmiernego realizmu.

Oznaczenia i etykiety:

- Wszystkie substancje chemiczne są oznaczone zgodnie z przepisami, z czytelnymi etykietami i piktogramami, które pasują do stylizowanego środowiska.
- Oznaczenia bezpieczeństwa oraz instrukcje są prezentowane w wyraźny, estetyczny sposób, co wspiera edukacyjny charakter aplikacji.

Sceneria laboratoryjna:

- Połączone pomieszczenia laboratoryjne (3D) z realistycznie rozmieszczonym wyposażeniem, jak stoły, dygestorium czy pojemniki na odpady.
- Kolorystyka i styl scenerii są zaprojektowane tak, aby nie odwracały uwagi od eksperymentów, jednocześnie wprowadzając użytkownika w immersyjne środowisko naukowe.

Kontrastujące elementy edukacyjne:

- Kluczowe elementy, takie jak substancje chemiczne, narzędzia czy wyniki reakcji, są podkreślone wizualnie za pomocą wyrazistych kolorów i subtelnych animacji, które kierują uwagę użytkownika na najważniejsze aspekty eksperymentu.

Spójność wizualna:

- Całość zachowuje jednolitą estetykę, w której otoczenie, sprzęt, odczynniki i efekty wizualne są harmonijnie dopasowane.

Przykładowe inspiracje

Przestrzeń i funkcjonalność w VR:

- **Labster:** świetnie odwzorowane przestrzenie laboratoryjne z naciskiem na funkcjonalność i edukacyjne podejście, użytkownik ma możliwość interakcji z różnymi urządzeniami i materiałami w realistycznych warunkach. Link: [Labster](#)

Minimalistyczna estetyka edukacyjnych symulacji:

- **PhET Interactive Simulations:** prosta i przejrzysta grafika, idealnie nadaje się jako inspiracja do stworzenia intuicyjnych interfejsów bez zbędnych elementów rozprasających. Link: [PhET Simulations](#)

Zaawansowane wizualizacje w edukacyjnych grach VR:

- **ChemCollective Virtual Lab:** laboratorium z realistycznym rozmieszczeniem odczynników i sprzętu, które może być inspiracją w tworzeniu czytelnych, dobrze zorganizowanych przestrzeni. Link: [ChemCollective](#)

Edukacyjne doświadczenia VR:

- **VictoryXR:** platforma edukacyjna, która łączy realistyczne otoczenie z prostymi,



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



stylizowanymi wizualizacjami, aby ułatwić odbiór treści. Link: [VictoryXR](#)

Efekty wizualne i interaktywność:

- **Tinkercad (AutoDesk):** wirtualne narzędzie do projektowania 3D, które może być inspiracją do przedstawiania szczegółowych elementów, takich jak szkło laboratoryjne, w sposób prosty i zrozumiały. Link: [Tinkercad](#)

Nowoczesne interfejsy i przestrzenie laboratoryjne:

- **ZSpace:** nowoczesne rozwiązania VR/AR z intuicyjnymi interfejsami i przejrzystymi elementami wizualnymi. Link: [zSpace](#)

Inspiracje z branży gier:

- **Portal (Valve):** chociaż to gra przygodowa, sposób przedstawiania interaktywnych obiektów w przestrzeni laboratoryjnej może być inspiracją do ułatwienia użytkownikowi manipulacji przedmiotami.

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 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



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- 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;
- nawigacja i sterowanie za pomocą klawiatury;



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- 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 pisania 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;



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- tworzenie opisowych łączy.

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”.

Laboratorium i jego konfiguracja:

- Możliwość konfiguracji zawartości laboratorium przez nauczyciela:
 - wybór dostępnych odczynników, sprzętu i eksperymentów
 - automatyczne dostosowanie zasobów do wybranych eksperymentów.
- Funkcja rozbudowy laboratorium o nowe zasoby i eksperymenty.

Realistyczna symulacja procesów:

- Odtworzenie eksperymentów zgodnie z rzeczywistymi procedurami chemicznymi:
 - przebieg reakcji chemicznych w czasie rzeczywistym z możliwością przyspieszenia długotrwałych procesów
 - efekty wizualne, takie jak zmiana koloru, emisja gazów czy rozpryski cieczy.
- Symulacja błędów: ostrzeżenia i realistyczne konsekwencje nieprawidłowego postępowania.

System pomocy i wirtualny asystent:

- Wirtualny asystent:
 - dostępny w każdym momencie eksperymentu, zapewniający wskazówki i wsparcie
 - funkcja analizy popełnionych błędów z informacją zwrotną.
- Rejestracja działań użytkownika:
 - nagrywanie przebiegu eksperymentów w formie wideo
 - dostępność nagrań dla uczniów i nauczycieli przez określony czas.

Mechanizmy grywalizacji:

- System osiągnięć i odznak za poprawne wykonanie eksperymentów.
- Prowadzenie rankingów postępów uczniów (opcjonalne w zależności od konfiguracji przez nauczyciela).

Dostosowanie poziomu trudności:

- Możliwość wyboru poziomu trudności dostosowanego do zaawansowania uczniów.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Automatyczne podpowiedzi w przypadku błędów na niższych poziomach trudności.

Bezpieczeństwo i procedury laboratoryjne:

- Wyświetlanie zasad BHP przed każdym eksperymentem.
- Ostrzeżenia w przypadku naruszenia zasad bezpieczeństwa (np. brak użycia rękawiczek lub nieprawidłowa obsługa odczynników).

Interfejs użytkownika:

- Menu kontekstowe z łatwym dostępem do instrukcji, kart charakterystyki substancji oraz regulaminów.
- Intuicyjne ikony i narzędzia wspierające interakcję z obiektami w laboratorium.

Rejestrowanie wyników i analiza:

- Możliwość zapisywania wyników eksperymentów i generowania raportów.
- Historia pracy ucznia umożliwiająca powrót do poprzednich eksperymentów.

Personalizacja przez nauczyciela:

- Tworzenie własnych scenariuszy edukacyjnych dostosowanych do tematyki zajęć.
- Możliwość ograniczenia funkcjonalności VR lub trybu standardowego.

Kluczowe warunki techniczne dla Wykonawców

Realizm grafiki i optymalizacja wydajności:

- Wysokiej jakości modele 3D odczynników, sprzętu i otoczenia, z optymalizacją pod kątem płynności działania.
- Dynamiczne efekty wizualne i dźwiękowe odwzorowujące reakcje chemiczne oraz ich rezultaty.
- Płynne działanie aplikacji, szczególnie w trybie VR, z minimalnym opóźnieniem (90 FPS w trybie VR).

Upływ czasu w eksperymentach:

- Symboliczny upływ czasu przy długotrwałych procesach (np. ogrzewanie, krystalizacja) z odpowiednim zaznaczeniem przyspieszenia.
- Możliwość ustawienia czasu rzeczywistego lub skróconego w zależności od charakteru eksperymentu.

Interaktywne środowisko pracy:

- Symulacja realistycznych reakcji chemicznych, uwzględniająca efekty wizualne, dźwiękowe i dynamiczne (np. rozpryski cieczy, pęknięcia szkła).
- Możliwość swobodnego przenoszenia i układania sprzętu oraz odczynników.
- Wbudowane mechanizmy pozwalające na błędne wykonanie eksperymentu z jednoczesnym dostarczeniem informacji zwrotnej.

Dostosowanie do różnych grup wiekowych i poziomów zaawansowania:



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



- Możliwość włączenia trybu ułatwień dla młodszych użytkowników lub mniej zaawansowanych grup.
- Konfigurowalne poziomy trudności dostosowane do specyfikacji edukacyjnych.

Zarządzanie konfiguracją i dostępem:

- Opcja dostosowania funkcji laboratorium przez nauczyciela:
 - wybór dostępnych odczynników, sprzętu i eksperymentów
 - blokowanie lub odblokowanie trybu VR w zależności od specyfiki zajęć.
- Domyślne ustawienia dostępności umożliwiające szybkie przełączanie między trybami.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską

